

# 2<sup>a</sup> Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

República de Colombia



Libertad y Orden  
Ministerio de Ambiente,  
Vivienda y Desarrollo Territorial  
República de Colombia



Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales



Bogotá, D.C., Junio de 2010

## Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

### **Dr. Carlos Costa Posada**

Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT–

### **Director del Proyecto**

Ricardo José Lozano Picón

### **Secretaria General**

Carolina Chinchilla Torres

### **Subdirector de Estudios Ambientales**

Mauricio Cabrera Leal

### **Subdirector de Meteorología**

Ernesto Ragel Mantilla

### **Subdirector de Hidrología**

Omar Franco Torres

### **Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental**

Luz Maina Arévalo Sánchez

### **Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD–**

Bruno Moro

Piedad Martín Martín

Luisz Olmedo Martínez

### **Edición y revisión**

Mauricio Cabrera Leal

Martha Duarte Ortega

María Margarita Gutiérrez Arias

Pedro Simón Lamprea Quiroga

### **Coordinación**

Martha Duarte Ortega

### **Fotografía de la portada**

PNN Los Nevados. 2010. Mario González Guarín

PNN Los Nevados. 2006. Jorge Luis Ceballos

San Andrés. 2010. Marcela Siera

Comunidades Cuenca Río Blanco, Municipio La Calera. 2009. Klaus Schutz

Inap. 2009. María Mercedes Medina

### **Edición cartográfica y SIG**

Helio Carrillo P. - Omar Jaramillo R.

### **Diseño y diagramación**

Víctor Manuel Riveros Lemus – Editorial Scripto Ltda.

### **Impresión y acabados**

Editorial Scripto Ltda.

### **© Junio de 2010, Colombia**

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –Ideam–

**ISBN: 978-958-8067-31-5**

Impreso y hecho en Bogotá, Colombia

#### **ADVERTENCIA:**

Esta edición tiene en su origen un carácter colectivo y contó con el aporte de numerosos investigadores y de entidades públicas y privadas.

El Ideam actúa en su condición de editor general, pero los juicios e ideas no son de su entera responsabilidad. Se puede citar parcialmente invocando la fuente y previa autorización del Ideam.



**Segunda Comunicación Nacional ante la  
Convención Marco de las Naciones Unidas  
sobre Cambio Climático**

**Dr. Álvaro Uribe Vélez**  
Presidente de la República

**Comité Directivo de Segunda Comunicación  
Nacional**

**Dr. Jaime Bermúdez Merizalde**  
Ministro de Relaciones Exteriores

**Dr. Andrés Fernández Acosta**  
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR–

**Dr. Diego Palacio Betancourt**  
Ministro de la Protección Social

**Dr. Hernán Martínez Torres**  
Ministro de Minas y Energía

**Dr. Carlos Costa Posada**  
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial  
–MAVDT–

**Dr. Andrés Uriel Gallego Henao**  
Ministro de Transporte

**Dra. Claudia Patricia Mora Pineda**  
Viceministra de Ambiente

**Dr. Héctor Maldonado Gómez**  
Director Departamento Administrativo Nacional  
de Estadística –DANE–

**Dr. Esteban Piedrahíta Uribe**  
Director Departamento Nacional de Planeación –DNP–

**Dr. Ricardo José Lozano Picón**  
Director Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios  
Ambientales –IDEAM–

**Dr. Bruno Moro**  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD–

**Consejo Directivo del Ideam**

**Carlos Costa Posada**  
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

**Gullermo León Hoyos**  
Delegado del Ministro de Transporte

**Giampiero Renzoni Rojas**  
Delegado del Director del Departamento Nacional de  
Planeación – DNP

**Ivan Dario Gómez Guzmán**  
Delegado del Director del Departamento Administrativo  
Nacional de Estadísticas – DANE

**Adriana Soto Carreño**  
Designada de la Presidencia de la República

**Luis Alfonso Escobar Trujillo**  
Representante de la Asociación de Corporaciones Autónomas  
Regionales y de Desarrollo Sostenible

**Oscar José Mesa Sánchez**  
Representante del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

**Carolina Chinchilla Torres**  
Secretaría Técnica del Consejo

## **Los autores**

**Diana Barba; Mauricio Bedoya S., Henry O. Benavides, Dalia Mercedes Buitrago Benavides,  
Mauricio Cabrera Leal, María Cecilia Cardona R., Helio Carrillo Peñuela,  
Shirley Castillo Díaz, Jorge Luis Ceballos, Claudia Contreras, Patricia Cuervo C., Jennifer Dorado Delgado, Martha  
Duarte O., Sandra Garavito, Carlos Gómez, Juanita González L., María Margarita Gutiérrez Arias, Omar Jaramillo,  
Pedro Simón Lamprea Quiroga, Gloria Esperanza León, Sandra Lucía López, Ricardo José Lozano P., Ruth Mayorga,  
Cesar Augusto Martínez Ch., Gladys Moreno, Helmuth E. Nieves O., Claudia Patricia Olarte V.,  
Sergio Camilo Ortega P., Salua Osorio, Luis Gabriel Padilla Tenjo, Javier Pava Sánchez, Adriana Pedraza Galeano,  
Andrea Piñeros, Ana Derly Pulido Guío, Giampiero Renzoni, Carmen B. Rodríguez M., Juliana Edith Rodríguez,  
Franklin Ruíz, Gabriel de Jesús Saldarriaga Orozco, Sandra Lorena Santamaria, Lucio Santos,  
Magda Mallén Sierra Urrego, Eduardo Andrés Tobón Q., Adriana Valenzuela, Luz Dary Yepes.**

## **Colaboradores**

Guillermo A. Acevedo M., Andrea Albán, Henry Antonio Alterio, Carlos Álvarez, Diana Álvarez, Ángela Andrade P., Iván Fernando Ángel, Roberto C. Angulo S., Héctor Anzola, María Victoria Arciniegas, Luz Marina Arévalo, Alejandro Ayala, Miguel Ayarza, Brigitte Luis Guillermo Baptiste, Joaquín Barrero, Marcela Bonilla, David Builes, Julian Chará, Edersson Cabrera, Silvia Calderón, Claudia Capera L., Fernando Castrillón, Martha Liliana Cediell, Juan Antonio Clavijo D., Claudia Yaneth Contreras, Elsy Corrales, Julián Javier Corrales C., Diana Cristina Díaz, Angélica Echavarría, Francisco A. Espinosa, Christian Euscátegui, Zoraida Fajardo, Carolina Figueroa, Juan Fernando Flórez Hernández, Daniel Fonseca, Ángela Forero, Diana Carolina Forero, Lorena Franco V., Omar Franco T., Andrea García, Hernando García, Jaison García, María Claudia García, Martha García H., Nelson García P., Andrés González, Olga Cecilia González, Olga Victoria González, Teresa Hernández, Beatriz Herrera J., Héctor H. Herrera F., Carlos A. Lasso, Edilberto León P., David Lissa, Ana María Loboguerrero, José Londoño, Ángela Cecilia López R., Luis Alfonso López, Yolanda López, Pilar Lozano R., Laura Mantilla, Tangmar Marmon, Piedad Martín M., Néstor Javier Martínez A., Óscar Martínez, Javier E. Mendoza S., Gerardo Montoya G., Andrés Ricardo Morales, Leonardo Moreno, María Fernanda Murcia, Enrique Murgueitio, Helmuth Nieves, Laura Noriega, Luis Obando, Eduardo Ojeda, Claudia Olarte V., Daniel Alejandro Ordóñez, María Fernanda Ordoñez, José Daniel Pabón, Diana Palacios, Gisela Paredes Leguizamón, Juan Fernando Plazas, Carlos Pedroza, Carol Ramírez, Ernesto Rangel M., David A. Riaño, Néstor M. Riaño, Camilo Rodríguez, Juliana Edith Rodríguez, Ricardo Rodríguez Y., Camila Romero, Juan Pablo Ruiz, Santiago Saavedra, Javier Sabogal, Luisa Paola Salazar, Lina Sánchez M., Fabio Vladimir Sánchez C., Lorena Santamaría, Oscar Mauricio Santos, Klaus Schutze P., Carlos Sierra, Paula Sierra, Adriana Soto, César Suárez, Carlos Mario Tamayo, José Ignacio Torres, Diana Carolina Useche, Diana Vargas, María Zulema Vélez, Gustavo Wilches Ch., Eduardo Zea

## **Coordinación y supervisión**

**Mauricio Cabrera Leal  
Martha Duarte Ortega  
María Margarita Gutiérrez Arias  
Ricardo José Lozano Picón**



**Directivos**  
**Proyecto Nacional Piloto de Adaptación – INAP**

Carlos Costa Posada  
**Ministro de Ambiente, Vivienda  
y Desarrollo Territorial**

Ricardo José Lozano Picón  
**Director Instituto de Hidrología, Meteorología  
y Estudios Ambientales**

Fabio Arjona Hincapié  
**Director Conservación Internacional – Colombia**

Ángela Andrade Pérez  
**Coordinadora Proyecto INAP**

Alejandro Ayala Rodríguez  
**Apoyo a la Coordinación Proyecto INAP**

Francisco Arias Isaza  
**Director Instituto de Investigaciones Marinas  
y Costeras José Benito Vives de Andrés - Invemar**

Juan Gonzalo López Casas  
**Director Instituto Nacional de Salud**

Elizabeth Taylor Jay  
**Directora Corporación para el Desarrollo Sostenible  
del Archipiélago de San Andrés, Providencia  
y Santa Catalina - Coralina**

Luz Marina Arévalo Sánchez  
**Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental – Ideam**

Ernesto Rangel Mantilla  
**Subdirector de Meteorología – Ideam**

Mauricio Cabrera Leal  
**Subdirector de Estudios Ambientales – Ideam**

Margarita Gutiérrez Arias  
**Asesora Dirección –Ideam**

**Componente A**

**Coordinador**

Jorge Zea

**Colaboradores**

Franklyn Ruiz, Henry Benavides, Araminta Vega, Claudia Johana Caro, Jorge Semma, Lázaro Supelano, Luis Alfonso López, José Daniel Pabón, Gerardo Montoya

**Componente B**

**Coordinador**

Klaus Schütze Páez

**Colaboradores**

María M. Medina, José Ville Triana, Héctor Fabio Mafla, Luz H. Hernández, Alexander Guerrero, Rosario Martínez, Carolina Vera, Nelly Parra, Rolando Zamora, Karol Martínez, Jairo Cifuentes

Alcaldías de los municipios de La Calera y Choachí

**Grupo de monitoreo del ciclo del agua y el carbono del Ideam**

Claudia Olarte, Jorge Luis Ceballos, Oscar Martínez, Jeimy Avendaño, Félix Ignacio Meneses y Fabián Caicedo

**Componente C – Insular costero**

**Coordinadora**

Paula Cristina Sierra Correa

**Colaboradores**

Daniel Roza, Pilar Lozano, Julián Pizarro, Carlos Andrade, Kelly Gómez, Tomás López, David A. Alonso Carvajal, Álvaro Cabrera, Julio Bohórquez, Ana Marlene Arriaga

**Componente C – Insular oceánico**

**Coordinadora**

Margarita Rojas

**Colaboradores**

Opal Bent Z. y Sonia Jay

**Componente D**

**Coordinadora**

Salua Osorio Mrad

**Colaboradores**

Harish Padmanabha, comunidades barrios Ciudadela 20 de Julio y Chiquinquirá (Barranquilla), Campohermoso y La Cumbre (Bucaramanga y Floridablanca), Colinas y la Cumbre (Armenia), Viviana Cerón, Patricia Gutiérrez, José Moreno, Olga Ospina, Universidad Nacional-Facultad de Medicina, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad de Columbia-International Research Institute, Secretaría de Salud del Valle, Secretaría de Salud del Guaviare, Secretaría de Salud de Córdoba, Secretaría de Salud del Cauca, Comunidades de San José del Guaviare, Buenaventura, Montelíbano, Puerto Libertador y Guapi.

**Equipo de trabajo**  
**Programa conjunto integración de ecosistemas  
y adaptación al cambio climático en el Macizo Colombiano**

**Comité de Gestión del Programa**  
Cancillería – MAVDT – DNP – IDEAM  
– Sistema de Naciones Unidas (PNUD, FAO, Unicef y OPS) – CRC  
– Asociación de Cabildos – Asocampo

**Equipo del Sistema de Naciones Unidas**  
Piedad Martín, Raquel Pérez, Luis A. Ortega,  
Carlos Ayala P., Carlos Godfrey, Luis A. Sánchez, Francisco Burbano,  
Adriana Puech, Teófilo Monteiro, María Mahecha, Luis A. Londoño

**Equipo Ideam**  
Ricardo José Lozano Picón, Mauricio Cabrera Leal,  
Margarita Gutiérrez Arias, Patricia Cuervo Cuéllar

**Coordinación del programa**  
Andrés González P., Claudia Capera L.,  
Freddy Hernández

**Entidades regionales**  
Gobernación del Cauca, municipios de Popayán y Puracé,  
Corporación Autónoma Regional del Cauca

**Agencia donante**  
Fondo PNUD – España para el logro de los ODM

**Asesores externos en políticas públicas**

Gustavo Wilches Chau y Jorge Iván González

**Equipo de Sabedores Indígenas**

Doris Alejo Moleno, Marta Montaña, Nancy Rojas y José Domingo Caldón

**Equipo de promotores comunitarios de sistemas productivos  
y seguridad alimentaria**

Benjamín Quilindo y Leoncio Peña - Asociación Campesina Asocampo  
Ronald Muñoz Clalapú - Resguardo de Paletará  
Eduar Guañarita - Resguardo de Coconuco  
Floresmiro Pisso - Resguardo de Puracé  
Aurelio Maca - Resguardo de Poblazón  
Alberto Sánchez y Mauricio Sánchez - Resguardo de Quintana  
Karina Bolaños - Resguardo de Paletará  
Alfonso Benavides - Resguardo de Kokonuco  
Gentil Ortega - Asociación Campesina Asoproquintana

**Equipo de recurso hídrico, ecosistemas y entornos saludables**

Manuel Mompotes - Resguardo de Puracé  
Oswaldo Quilindo - Resguardo de Puracé  
Karina Bolaños - Resguardo de Paletará  
Christian Jaramillo - Resguardo de Paletará  
Estela Quilindo - Resguardo de Quintana  
Harol Melenje - Resguardo de Kokonuco  
Zoraida Golondrino - Asociación Campesina Asocampo

**Equipo eje transversalización de género**

Marta Licenia Escobar - Asociación campesina Asocampo  
Adriana Mariaca - Resguardo de Quintana  
Adriana Caldón - Resguardo de Puracé  
Lorena Bolaños - Resguardo de Paletará  
Liber Arboleda - Resguardo de Kokonuco

## AGRADECIMIENTOS

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –Ideam–, agradece de manera especial al Fondo para el Medio Ambiente Mundial –FMAM– (Sigla en Inglés: GEF), al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– a las siguientes entidades que contribuyeron al logro de esta publicación, por el apoyo e información:

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Accefyn)
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá
- Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (Asocaña)
- Banco Mundial
- Bayer
- Canal RCN
- Centro de Estudios para la Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña)
- Concesión Distritos de Riego
- Conservación Internacional (CI)
- Corporación Autónoma Regional (CAR)
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda (Carder)
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC)
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)
- Corporación grupo Tayrona
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (Coralina)
- Cruz Roja Colombiana
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane)
- Departamento Nacional de Planeación (DNP)
- Dirección de Prevención y Atención de Desastres
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - ESP (EAAB-ESP)
- Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz)
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce)
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma)
- Federación Nacional de Ganaderos (Fedegan)
- Fondo Mundial para la Naturaleza (sigla en inglés: WWF)
- Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM)
- Fundación Río Urbano
- Fundación Siembra Colombia
- Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi)
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
- Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder)
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas)
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar)
- Instituto de Planificación de Soluciones Energéticas (IPSE)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
- Instituto Nacional de Salud (INS)
- Maloka
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)
- Ministerio de Educación Nacional (MEN)
- Ministerio de Minas y Energía (MME)
- Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE)
- Subdirección de Hidrología –Ideam
- Subdirección de Meteorología – Ideam
- Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental –Ideam
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD)
- Organización juvenil ambiental
- Organización para la Educación y Protección Ambiental (OPEPA)
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)
- Policía Nacional
- Pontificia Universidad Javeriana
- Procuraduría General de la Nación (PGN)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)
- Red Colombiana de Formación Ambiental (RCFA)
- Red de Desarrollo Sostenible (RDS)
- Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)
- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN)
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)
- Unidad Técnica de Ozono (UTO)
- Universidad de los Andes
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas
- Universidad Nacional de Colombia (Bogotá - Medellín)
- Universidad Politécnico Gran Colombiano

## CONTENIDO GENERAL

	Página
<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>17</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>45</b>
<b>SIGLAS, ACRÓNIMOS Y CONVENCIONES</b> .....	<b>71</b>
Capítulo Uno	
<b>CIRCUNSTANCIAS NACIONALES</b> .....	<b>75</b>
Capítulo Dos	
<b>INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b> .....	<b>119</b>
Capítulo Tres	
<b>MITIGACIÓN</b> .....	<b>153</b>
Capítulo Cuatro	
<b>VULNERABILIDAD</b> .....	<b>193</b>
Capítulo Cinco	
<b>ADAPTACIÓN</b> .....	<b>321</b>
Capítulo Seis	
<b>EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A PÚBLICOS</b> .....	<b>365</b>
Capítulo Siete	
<b>OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES</b> .....	<b>397</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>409</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>437</b>



## PRÓLOGO

Con la presentación de la Segunda Comunicación Nacional (SCN) de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) el país atiende uno de sus compromisos adquiridos ante las Partes de la Convención.

El documento presenta el inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero para los años 2000 y 2004 cuyo cálculo se determinó con base en la información disponible, utilizando las metodologías aprobadas por la Conferencia de las Partes de la CMNUCC. Los resultados obtenidos permiten identificar las fortalezas y oportunidades de mejoramiento en el flujo de información y en la articulación interinstitucional y a su vez, éstos se constituyen en un aporte para la identificación y consolidación de la información sectorial necesaria para futuros inventarios.

El inventario de fuentes y sumideros de GEI permitió identificar las principales oportunidades de reducción de gases y de captura de éstos para articularlos con las acciones desarrolladas en materia de mitigación a través de las políticas, planes, programas y proyectos de los diferentes sectores productivos del país. Adicionalmente, se efectuó un análisis riguroso de las características fisicobióticas y socioeconómicas para determinar la alta vulnerabilidad de Colombia ante los efectos adversos del cambio climático con base en los principales cambios hidrometeorológicos relacionados con cambio climático. Por último se exponen las acciones que se han adelantado en materia de adaptación y se trazan los objetivos y líneas estratégicas para disminuir el impacto y determinar las prioridades de acción.

Es procedente mencionar que el proceso coordinado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) se pudo realizar por el aporte de diferentes entidades públicas y privadas del ámbito nacional, regional y local, que con el compromiso de sus profesionales aportaron en el proceso de construcción del documento, lo que además le dio un significativo valor agregado a la voluntad interinstitucional de enfrentar este nuevo reto.

En efecto, Colombia, por ser un país que alberga un alto porcentaje de la biodiversidad del mundo y por sus condiciones pluriculturales y socioeconómicas, debe prepararse para una realidad cada vez más exigente por los riesgos que requieren ser gestionados. Por consiguiente es necesario avanzar en políticas que le permitan construir y mantener modelos de desarrollo sostenibles, que sean lo suficientemente prácticos para planear y actuar con medidas efectivas dirigidas a los sectores y comunidades más vulnerables. Con el trabajo interinstitucional y el compromiso público privado se podrán tener un país mejor preparado y una sociedad más consciente de sus relaciones de producción y sus efectos sobre el medio ambiente y los recursos naturales, adaptada al cambio climático.

Colombia se ha comprometido a abordar de manera integral las implicaciones del cambio climático. En materia de adaptación debemos identificar tempranamente nuestras principales vulnerabilidades e identificarlas eficazmente para enfrentarlas a tiempo; en mitigación Colombia está comprometida a mantener su desarrollo con una estrategia que mantenga bajas emisiones de carbono.

El sector empresarial y de comercio debe identificar las oportunidades existentes y futuras que se presenten con la adopción de los acuerdos globales que están en negociación. Por último, el País deberá consolidar su estructura de control a la deforestación y protección de la Amazonia como su principal aporte al planeta.

En este contexto es que la Segunda Comunicación Nacional (SCN) de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) llega en el momento oportuno como insumo para la definición de las políticas Nacionales en materia de Cambio Climático.

**Carlos Costa Posada**

Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

**13**

## INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta las “responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales del desarrollo, sus objetivos y sus prioridades y circunstancias!” según lo estipulado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), Colombia como país perteneciente a las Partes no incluidas en el Anexo I, presenta su Segunda Comunicación Nacional (SCN).

La Primera Comunicación Nacional (PCN), efectuada en diciembre de 2001, y esta nueva comunicación, son documentos que reflejan el esfuerzo del país, además de presentar la evolución de las políticas y acciones colombianas, las cuales deberán ser valoradas en los espacios organizados por la cooperación internacional, con el propósito de establecer acciones concretas y efectivas para los países que reciben los efectos adversos del cambio climático.

Se ha encontrado que el aumento global de la concentración de dióxido de carbono se debe fundamentalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios del uso del suelo, mientras que el metano y el óxido nitroso se deben principalmente a la agricultura y la ganadería (IPCC, 2007). Vale decir, además, que los progresos científicos obtenidos desde el Tercer Informe de Evaluación (TIE), están sustentados por una cantidad considerable de datos nuevos, análisis más perfeccionados, adelantos en el conocimiento de los procesos con la simulación a través de modelos y por la exploración intensiva de los niveles de incertidumbre.

Colombia, a pesar de tener un territorio con actividades agropecuarias relativamente modestas al compararlas con los demás países que aportan más emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), igualmente conserva grandes extensiones de bosques y regiones naturales con significativa importancia mundial. Tales condiciones dan pie para identificar gestiones enfocadas a conocer con más detalle el valor de sus esfuerzos ante las diferentes afectaciones sobre sus ecosistemas y comunidades por el cambio climático derivado de los aportes externos.

El análisis de la información adelantado por el país para obtener un resultado total del 0,37% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en el año 2004, si bien expone una participación muy reducida en las emisiones globales, no la excluye de los efectos derivados del cambio climático.

Así las cosas, es necesario tener en cuenta la importancia de los efectos del cambio climático en los diferentes ecosistemas, procesos productivos y sociales en el país para gestionar acciones de adaptación que debe desarrollar el país progresivamente con el apoyo internacional.

La Segunda Comunicación Nacional, según la estructura del IPCC<sup>2</sup>, se expone en siete capítulos a saber:

**Capítulo 1 Circunstancias Nacionales:** Se describen las características principales del país, con sus aspectos geográficos y políticos, la oferta ambiental y las características sociales, económicas e institucionales.

**Capítulo 2 Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000 y 2004:** En este apartado se muestran los resultados obtenidos de cada uno de los módulos, además de contrastar las cifras obtenidas con los datos de otros países, con el fin de presentar un panorama o visión rápida de las emisiones

1 Art. 4.1 a. de la UNFCCC.

2 Art. 12 de la UNFCCC: Hace referencia a la transmisión de información relacionada con la aplicación de la Convención, la cual establece según el párrafo 1° del artículo 4, que cada una de las partes deberá transmitir a la Conferencia de las Partes, a través de la Secretaría: a) Un inventario nacional, en la medida que lo permitan sus posibilidades, de las emisiones antropógenas por fuentes y la absorción por sumideros de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, que haya sido elaborado utilizando las metodologías comparables que promoverá y aprobará la Conferencia de las Partes. b) Una descripción general de las medidas que ha adoptado o prevé adoptar para aplicar la Convención. c) Cualquier otra información que la Parte considere pertinente para el logro del objetivo de la Convención y apta para su inclusión en la comunicación.

colombianas en el contexto regional y mundial. Adicionalmente, se presentan las limitaciones, recomendaciones y necesidades para los futuros inventarios de gases de efecto invernadero.

**Capítulo 3 Mitigación:** Se presentan las políticas, planes, programas y proyectos sectoriales y nacionales asociados con la mitigación. Asimismo, se exponen las prioridades de mitigación según el inventario de GEI, junto con la participación de Colombia en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

**Capítulo 4 Vulnerabilidad:** Tomando como insumo los fenómenos climáticos y, en particular, los escenarios de cambio climático para temperatura y precipitación para Colombia se determinó la sensibilidad, exposición, impacto, vulnerabilidad, riesgo y capacidad adaptativa de los sectores productivos, ecosistemas, población y del recurso hídrico. Adicionalmente se efectuó un análisis de los ecosistemas marinos y costeros y glaciares.

**Capítulo 5 Adaptación:** Con base en los resultados de la vulnerabilidad del país se establecieron las líneas estratégicas de adaptación al cambio climático y las principales acciones a desarrollar. Adicionalmente se presentan los principales actores que vienen participando en la formulación y gestión de proyectos de adaptación así como los resultados de los tres proyectos nacionales de adaptación que se han venido desarrollando.

**Capítulo 6 Estrategia de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos:** En este capítulo se presenta los lineamientos generales de la estrategia nacional orientado a formar y sensibilizar a la población para enfrentar los efectos adversos del cambio climático. Asimismo, se presentan las principales acciones que han desarrollado diferentes instituciones en el tema.

**Capítulo 7 Obstáculos, Carencias y Necesidades:** En este último capítulo se exponen las limitaciones, dificultades y necesidades identificadas durante la elaboración de la SCN y se plantean las principales recomendaciones y oportunidades de mejoramiento para futuras comunicaciones nacionales y para el direccionamiento y gestión de recursos.



# RESUMEN EJECUTIVO<sup>1</sup>

## 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

El país se ha caracterizado por contar con políticas ambientales e iniciativas de conservación, que incluyen desde la sociedad civil hasta la alta gestión pública, y que están fortalecidas por la Constitución Política, donde se establece la obligación del Estado de proteger las riquezas naturales de la Nación.

Con la creación del Ministerio del Medio Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental (SINA) mediante la Ley 99 de 1993 se establecieron el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales. En este marco legal se establecieron los institutos de investigación necesarios para apoyar la formulación de políticas, normas y directrices en la materia.

Referente a cambio climático Colombia aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), mediante la Ley 164 de 1994 y aprobó el protocolo de Kyoto mediante Ley 629 de 2000. Posteriormente se designó al Ideam como la entidad coordinadora de la elaboración de las Comunicaciones Nacionales, y se expidió el documento Conpes 3242 de 2003 sobre la “Estrategia Nacional para la venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático”. Finalmente se ajustaron los mecanismos para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan por MDL; y se creó el Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental.

Colombia tiene una extensión territorial de 2.070.408 km<sup>2</sup>, incluidas las áreas terrestres (1.141.748 km<sup>2</sup>) y marinas (928.660 km<sup>2</sup>). Su área continental se divide en cinco las regiones naturales del Caribe, Pacífico, Amazonia, Orinoquia y Andes y en el área marina del Caribe se encuentra una región insular. El territorio está dividido político administrativamente en 32 departamentos, subdivididos en municipios.

La características fisiográficas del país son diversas y complejas, destacándose la cordillera de Los Andes con sus tres grandes divisiones -Cordillera Occidental, Central y Oriental- con génesis, edades y litologías propias, separadas entre ellas por los valles de los ríos Cauca y Magdalena y alturas máximas entre los 4.700 y los 5.400 msnm.

El país se localiza en la franja ecuatorial por lo que está bajo la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). Éste es un factor determinante en la distribución espacio-temporal de la precipitación, de la nubosidad y de otras variables climatológicas en Colombia. La localización al noroccidente de Suramérica propicia, igualmente, la influencia de los procesos que ocurren en los océanos Atlántico Tropical, el mar Caribe y el Pacífico Tropical.

La precipitación media anual en Colombia es de 3.000 mm con una evapotranspiración real de 1.180 mm y una escorrentía media anual de 1.830 mm (Ideam *et al.*, 2004). De ésta aproximadamente el 61% se convierte en escorrentía superficial, generando un caudal medio de 67.000 m<sup>3</sup>/seg, equivalente a un volumen anual de 2.084 km<sup>3</sup> que escurren por las cinco grandes regiones hidrológicas que caracterizan el territorio continental, de la siguiente forma: 11% en la región Magdalena – Cauca, 5%; en la región del Caribe; 18% para la región del Pacífico; 34% por la región de la Amazonia y 32% por la región de la Orinoquia.

<sup>1</sup> Las fuentes o referencias citadas en este resumen técnico pueden ser consultadas en el documento principal, en la bibliografía de cada uno de los capítulos.

Con base en el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam *et al.*, 2007), el territorio está constituido por tres grandes biomas: Gran Bioma del Desierto Tropical, en el departamento de la Guajira; Gran Bioma del Bosque Seco Tropical, en la región Caribe, alto Magdalena y Valle del Cauca; y el Gran Bioma del Bosque Húmedo Tropical, que abarca el resto del territorio nacional continental. Cada uno de éstos posee sus respectivos tipos de biomas, ya sea zonobioma, orobioma o pedobioma. Dentro de los tres grandes biomas y los 32 tipos de biomas identificados, se presentan 311 ecosistemas continentales y costeros.

Del total nacional, el ecosistema continental con mayor área es el Bosque natural del zonobioma húmedo tropical de la Amazonia-Orinoquia (29´388.782 ha), seguido por los Herbazales del peinobioma de la Amazonia-Orinoquia (6´972.311 ha), Bosques naturales del litobioma de la Amazonia-Orinoquia (6´545.016 ha), Bosques naturales del heliobioma de la Amazonia-Orinoquia (6´167.279 ha) y Bosques naturales del orobioma bajo de los Andes (5´188.863 ha).

Los cuatro ecosistemas marinos identificados están distribuidos a lo largo del litoral en los dos océanos, incluyendo los sistemas insulares, los cuales son: las lagunas costeras y los manglares, como ecosistemas costeros; y las praderas de pastos marinos y las áreas coralinas, como ecosistemas bénticos marinos (Ideam *et al.*, 2007).

Según proyecciones del DANE, la población en Colombia para el año 2008 era de 44.450.260 habitantes, siendo el segundo país más poblado de Suramérica y el cuarto de América. En la región Andina se asienta 75% de la población, mientras la región Caribe alberga 21%. Las siete ciudades más grandes del país poseen el 34% de la población, con una tasa de crecimiento demográfico más alta que la del resto del país.

La esperanza de vida al nacer se ha incrementado gradualmente entre 1985 y 2005, tanto en hombres como en mujeres, y la tasa de mortalidad infantil ha mostrado una tendencia a disminuir en este mismo periodo (DANE, 2007a). La fecundidad ha venido registrando una reducción de 27,5% en los últimos 20 años (DANE, 2007b).

La estructura poblacional se compone de: mestizos 51%, blancos 35%, negros 10,6% e indígenas 3,4% (DANE, 2005). Alrededor de 31 millones de hectáreas son de resguardos indígenas y 5,5 millones de territorios de comunidades negras.

En términos estructurales, el PIB está representado en gran parte por el sector servicios en el que se ha observado un crecimiento constante desde la década de los cincuenta, primordialmente por los servicios financieros y la ampliación en la cobertura de los servicios públicos. La representación de este sector en el PIB pasó de 27% en 1970 a 42% en 2003 (Cárdenas, 2007). En tal sentido, la participación de la producción primaria y manufacturera se han disminuido y estabilizado dentro de la estructura de generación de valor en Colombia (Ortiz *et al.*, 2009).

La producción de bienes primarios provenientes de la agricultura, silvicultura, caza y pesca han perdido su peso relativo dentro de la estructura del PIB de manera sostenida, mientras que la minería ha crecido sostenidamente durante las dos últimas décadas.

Después de presentarse en 1999 una variación anual negativa en 4,2%, el PIB inició una lenta recuperación desde el año 2000, presentando en el año 2001 el mismo valor del PIB registrado en 1998. En el año 2006 se presentó un crecimiento de 6,84% que evidencia una fase expansiva impulsada principalmente por las exportaciones (DNP, 2006).

De acuerdo con el DANE y el Banco de la República, la economía ha mostrado una recuperación de su PIB a partir del año 2000, pasando de \$89.968 millones de pesos (constantes de 1994) a \$121.924 de pesos en el año 2007; que corresponde a un incremento del PIB per cápita (en dólares a precios de 1994) de \$2.126 (2000) a USD \$2.566 (2007<sup>2</sup>). No obstante, el año 2009 se caracterizó por la disminución del crecimiento, luego de un importante periodo de expansión económica, haciendo de éste posiblemente el primer año de un ciclo de desaceleración ocasionado por la crisis económica mundial.

## 2. INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

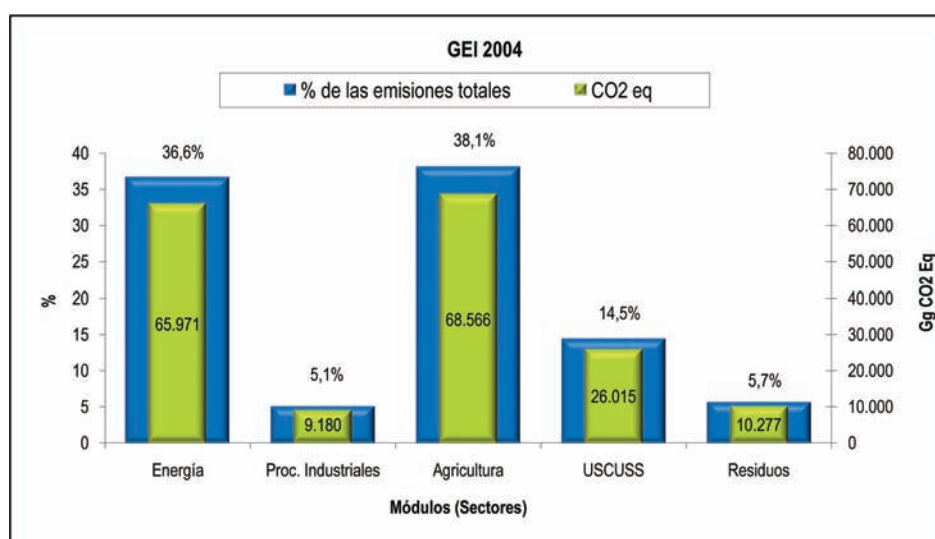
Colombia realizó el inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para los años 2000 y 2004 siguiendo las directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio climático (IPCC) sobre las buenas prácticas y el manejo de la incertidumbre.

Los resultados de dicho inventario, determinan que el aporte de los GEI se compone de: dióxido de carbono (50%), metano (30%) y óxido nitroso (19%); quedando el 1% para el resto de gases que causan efecto de invernadero y no

están dentro del Protocolo de Montreal, como los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (CFC) y halocarbonos y hexafluoruro de azufre (Ideam, 2008c).

En valores enteros, los sectores que más emisiones de GEI aportaron en el año 2004 fueron: Agricultura (38%); Energía (37%); y Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura –Uscuss– (14%). Seguidos por: Residuos sólidos (6%) y Procesos Industriales (5%). Al sumar las emisiones totales de los módulos de Agricultura con los de Uscuss, es evidente el aporte significativo que tiene el sector en general con alrededor del 50% de las emisiones totales en los años 2000 y 2004 (ver la figura 2.1).

Figura 2.1. Participación de cada módulo (sector) y emisión total de GEI año 2004



Fuente: Ideam, 2009.

En la Tabla 2.1 se puede observar con detalle, las actividades o categorías que más aportaron emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq, en el año 2004 y que corresponde al 80% de los GEI emitidos.

Tabla 2.1. Principales módulos y categorías / actividades aportantes de GEI, año 2004

Módulos y categorías principales		% de CO <sub>2</sub> eq.
Energía	Transporte	12,1
	Industrias de la energía	8,5
	Industrias manufactureras y de la construcción	7,3
Agricultura	Fermentación entérica	18,5
	Suelos Agrícolas	18,1
USCUS	Emisión de CO <sub>2</sub> del Suelo	4,1
	Conversión de bosques y praderas	9,2
Residuos	Disposición de residuos sólidos en la tierra	5,0
<b>Varios</b>	<b>Acumulado de los más representativos:</b>	<b>79,8%</b>

Fuente: Ideam, 2009.

De acuerdo con el inventario de GEI para el año 2004, Colombia aporta el 0,37% (180.010 Gg) del total emitido en el mundo (49 gigatoneladas), y las emisiones individuales (per cápita) están por debajo del valor medio mundial y muy distante de los valores registrados para Europa, Asia Occidental y Norteamérica.

### 3. MITIGACIÓN

La mitigación está definida por el IPCC, como la intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático, a través de estrategias encaminadas a reducir las fuentes y emisiones de GEI y a potenciar los sumideros. Aunque Colombia no tiene compromisos de reducción de emisiones y participa marginalmente en las emisiones de GEI (0,37% de las emisiones globales), ha desarrollado e implementado diferentes políticas que promueven el desarrollo sostenible asociado a bajas emisiones de dichos gases, reflejando así una evolución en materia de mitigación a nivel nacional.



### 3.1 POLÍTICAS Y PLANES DE CARÁCTER NACIONAL ASOCIADOS CON LA MITIGACIÓN

Las acciones de mitigación en el país las coordina el Grupo de Mitigación de Cambio Climático del MAVDT, como instancia institucional específica que concentra y articula las acciones emprendidas por diferentes sectores productivos. De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos de Política de Cambio Climático y en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2002-2006 (DNP, 2002) que definió metas en términos de reducción de emisiones GEI, se estableció la Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales derivados de la mitigación de cambio climático (Conpes 3242), para impulsar una mayor participación del país en materia de MDL y estableció la generación del marco institucional necesario para que se desarrollen eficientemente las actividades de reducción de emisiones.

#### 3.1.1 Planes Nacionales de Desarrollo (PND) 2002-2006 y 2006-2010

El PND 2002-2006 estableció diferentes acciones a implementar en relación a la mitigación del cambio climático; se destacan: a) desarrollo de un proyecto nacional de captura de GEI, cuya meta fue reducir 250.000 t de CO<sub>2</sub>; b) apoyo a iniciativas sectoriales bajo el MDL y otros mecanismos, con el objeto de promover la participación en el mercado de carbono.

Con respecto al proyecto nacional de captura de GEI, actualmente está aprobado el primer proyecto forestal en Colombia que consiste en la reforestación de 15.000 ha, en el que se estima una reducción de cinco millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq por un periodo de 20 años (MAVDT, 2009).

Sectorialmente, la última meta mencionada estableció la reducción de 1.000.000 t de emisiones (CO<sub>2</sub> eq) para el sector energía; dos proyectos de transporte masivo menos contaminante, con reducciones de 800.000 t de CO<sub>2</sub> eq y un proyecto de aprovechamiento de metano por rellenos sanitarios, con 10.000 t de reducciones (CO<sub>2</sub> eq). En total, se definió que el país podría generar alrededor de 2.000.000 t en certificados de reducción de emisiones (CER), valoradas con un potencial mercado de carbono en USD \$8.000.000 de ingresos para el país (DNP, 2002).

En el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones, durante el periodo 2002–2006, fueron aprobados cuatro proyectos de energía con una reducción estimada de 233.000 t de CO<sub>2</sub> eq. En transporte fue aprobado un proyecto con un potencial de mitigación de 246.563 t al año de CO<sub>2</sub> eq. Los anteriores proyectos podrían generar alrededor de 872.655 certificados de emisiones e ingresos aproximados de US\$3 millones. Si se adiciona el proyecto forestal, se podrían generar alrededor de 1.123.000 t CO<sub>2</sub> eq en CER, con ingresos aproximados de US\$4,5 millones (MAVDT, 2009).

El plan 2006-2010 determinó la necesidad de apoyar al actual portafolio de proyectos MDL existentes para fortalecer la oferta de bienes y servicios ambientales y promover opciones de reducción de emisiones de GEI (DNP, 2008). Actualmente existen cinco proyectos que han emitido CER de 2007 a 2009, totalizando ingresos por USD\$55.800.000 (MAVDT, 2009). Esta estrategia contempla el diseño de herramientas que permitan superar barreras técnicas, comerciales, institucionales y financieras que limiten el desarrollo y formulación de estos proyectos.

Bajo el componente de conservación de la biodiversidad, el último PND propuso el desarrollo de un Conpes que defina y reglamente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), los instrumentos de sostenibilidad financiera, junto con la ampliación de 200.000 ha adicionales. Además, se establece la necesidad de desarrollar planes de ordenación y manejo de 2.000.000 ha de bosque natural (DNP, 2007).

Desde el 2006 se crearon las siguientes nuevas áreas protegidas: Parque Nacional Natural (PNN) Serranía de los Churumbelos Auka-Wasi; PNN Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel; PNN Yaigoje-Apaporis y, Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi-Ande. Con tales áreas, la meta fue superada.

#### 3.1.2 Acuerdos de cooperación multilateral

Colombia ha ratificado alianzas estratégicas multilaterales como repuesta a la necesidad de reducir la concentración de GEI, priorizando el MDL como instrumento para la mitigación eficaz y el desarrollo sostenible de Colombia.

Dentro de los principales acuerdos de entendimiento se destacan: Fondo Prototipo del Carbono del Banco Mundial; Programa Latinoamericano del Carbono y Energías Limpias Alternativas de la Corporación Andina de Fomento (CAF); Memorando de Entendimiento entre el Gobierno de los Países Bajos y la República de Colombia (2002-2012); y Memorando de Entendimiento entre el Gobierno de Francia y la República de Colombia (2003-2012).

## 3.2 ESTRATEGIAS Y PLANES SECTORIALES

### 3.2.1 Sector energético

El sector energético cuenta con diferentes planes y programas que contribuyen con la reducción de emisiones GEI, tales como: el Plan Energético Nacional 2006-2025 (MME & UPME, 2006); programa Uso Racional de Energía – URE- y Fuentes No Convencionales de Energía (MME, 2001); programa Uso Racional y Eficiente de Energía y otras formas de Energía no Convencionales -PROURE- (MME, 2001 y 2003); subprogramas de Zonas No Interconectadas (IPSE, 2005); y Programa Metano al Mercado con *Environmental Protection Agency-USA-* y el MAVDT.

En el sector petrolero, Ecopetrol S.A. estructuró una estrategia para reducir emisiones de GEI, mediante la suscripción de un acuerdo de colaboración con el BID en 2008. Con tal gestión, se identificaron 38 iniciativas de mitigación en los procesos de producción, transporte y refinación con un potencial cercano a 2.000.000 t de CO<sub>2</sub> eq/año, enfocados hacia el aprovechamiento y uso de gas, la sustitución de combustibles, la generación de energía con tecnologías y/o combustibles menos intensivos en emisiones de GEI y la eficiencia energética.

En la investigación realizada sobre potenciales de reducción de emisiones en el sector energético, la Universidad de los Andes (Cadena *et al.*, 2008), se identificó que el cambio de combustibles de carbón por gas en el sector industrial en un horizonte de 20 años, es la medida que posee mayor potencial de reducción de emisiones de GEI, aunque su costo sea alto, US\$ 35 t/CO<sub>2</sub>. Con la introducción de calderas más eficientes se tiene un potencial de reducción importante (37,6 Mt CO<sub>2</sub>) a un costo de US\$ 3,6 t/CO<sub>2</sub> y los ahorros generados por la reducción de la sobre oferta de buses urbanos tiene un potencial de reducción estimado en 32,4 Mt de CO<sub>2</sub>.

### 3.2.2 Sector transporte

Actualmente están en operación o construcción ocho Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) en Bogotá D.C., Soacha, Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cartagena, Medellín (Valle de Aburrá) y Pereira (Dos Quebradas) con un potencial promedio de reducción de emisiones de GEI anual cercano a 810.726 t de CO<sub>2</sub> eq<sup>3</sup>.

De acuerdo con el informe de monitoreo de las fases II y IV del sistema Transmilenio de Bogotá, se generaron reducciones de GEI de 128.905 t CO<sub>2</sub> eq, durante el periodo 2006 y 2007. Lo anterior redundó en mayor eficiencia de consumo de combustible, con 6,1 km/galón en promedio para estos años.

En términos del uso del gas natural como alternativa para una movilidad limpia, el Ministerio de Minas y Energía (MME), junto con la UPME (2002), evidenciaron la pertinencia de utilizar dicho combustible en el sector transporte, dadas las reservas probadas de gas natural.

El uso de combustibles limpios determinado por la Resolución 180158 de 2007 del MME, de conformidad con lo cosagrado en la Ley 1083 de 2006, estableció que a partir del primero de enero de 2010, las empresas prestadoras del servicio de transporte público de pasajeros que operen en áreas urbanas, utilicen vehículos que funcionen con combustibles limpios como hidrógeno, alcohol carburante, gas natural, gas licuado de petróleo, biodiesel, diesel menor de 50 ppm de azufre, gasolina reformulada y energía eléctrica.

Por otra parte el gobierno colombiano a través del MAVDT, promocionó el uso del carro eléctrico en el país y estableció la exención de arancel de importación actual del (35%). En 2010 el comité de Asuntos Aduaneros y Arancelarios (AAA) aprobó por iniciativa del MAVDT la iniciativa de que este arancel pase de 35% a 0% y se espera que la medida entre a regir en este año, una vez se expida el Decreto respectivo.

### 3.2.3 Sector industrial

Según la encuesta de opinión industrial conjunta<sup>4</sup> realizada por la ANDI<sup>5</sup> (2009), la percepción empresarial frente al cambio climático muestra un alto nivel de preocupación sobre el tema, reflejado en que 69,7% de los empresarios colombianos consideran que su negocio se verá afectado por este fenómeno.

Dentro de las medidas que tomarán los empresarios en los próximos cinco años para mitigar el cambio climático, se destacan: la eficiencia energética (80,3%), con la educación y sensibilización del personal de sus empresas (78,4%). Por otra parte, un 47,4% efectuarán cambios en sus procesos productivos y un 29,1% en sus productos;

3 MAVDT, Portafolio colombiano de proyectos MDL, octubre de 2009.

4 Esta encuesta incluyó por primera vez un módulo especial sobre el tema del cambio climático y su impacto sobre la industria colombiana.

5 Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

mientras tanto, un 38% proyecta extender las exigencias a su cadena de suministro, 24,9% aportará para la protección de los ecosistemas y 24,4% planea tomar acciones concretas para neutralizar las emisiones de carbono.

### 3.2.4 Sector uso del suelo, cambio de uso y silvicultura (Uscuss)

El gobierno nacional ha diseñado en materia forestal unos instrumentos de política que involucran indirectamente medidas de mitigación como la Política de Bosques (DNP, 1996), el Plan Verde (DNP & MMA, 1998) y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (DNP *et al.*, 2000).

Se estableció un plan de trabajo en mitigación del sector forestal, fundamentado en el propósito de fortalecer la generación y reconocimiento del servicio ambiental que prestan los bosques en la remoción de CO<sub>2</sub>, cuyas acciones plantean: 1) determinar áreas con potencial para la ejecución de proyectos forestales de mitigación, con base en la definición de bosque en el marco del MDL (MAVDT & Ideam, 2005); 2) establecer principios, requisitos y criterios para la aprobación de proyectos forestales MDL; 3) formulación preliminar del proyecto forestal nacional MDL, con un potencial aproximado de reducción de emisiones de 26.000.000<sup>6</sup> t de CO<sub>2</sub> eq en 25 años.

Durante el periodo 2002-2008, el MAVDT ha fomentado el establecimiento de alrededor de 151.821 ha de reforestación protectora, con el objeto de apoyar la gestión integral del recurso hídrico. Se estima que éstas poseen un potencial de reducción de emisiones que asciende a 13.175.937 t/C en 20 años. Por su parte el MADR promovió la reforestación comercial con la siembra de 260.287 ha. Se destaca una tendencia positiva en el crecimiento de plantaciones forestales en el país.

En un horizonte de 20 años, se estima un potencial de reducción de emisiones equivalente a 42.640.216 t/C, para el total de las plantaciones comerciales y 1.607.773 t/C para las plantaciones de caucho<sup>7</sup>.

Adicionalmente el Programa Familias Guardabosques de la Presidencia de la República que cuenta con 88.488 familias vinculadas, en el tema de mitigación protegen 282.588 ha de bosques, rastrojos y páramos y se ha posibilitado la recuperación de 53.477 ha según la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (ONUCDD & Acción Social, 2007a). Igualmente, están vinculadas a proyectos productivos 49.874 familias con 87.748 ha de cultivos legales.

Por su parte, el MAVDT y el Ideam formularon el Proyecto "Capacidad Institucional Técnica Científica para apoyar Proyectos REDD: Reducción de Emisiones por Deforestación en Colombia" que inició en el año 2009 y será desarrollado durante dos años por el Ideam con el apoyo de la Fundación Natura, gracias a una donación de la Fundación *Gordon and Betty Moore*. El proyecto desarrollará los protocolos subnacionales y nacionales de procesamiento de imágenes para monitorear deforestación, estimación de carbono en bosques y otras coberturas vegetales y el monitoreo de biomasa. Este proyecto permitió contar con una cuantificación preliminar de la tasa de deforestación para el periodo 2000-2007.

### 3.2.5 Sector agricultura

La gestión ambiental agrícola se establece con dos instrumentos de planificación que integran algunas medidas relacionadas con la mitigación del cambio climático. El primero, la Agenda Ambiental Interministerial entre el MAVDT y MADR, y el segundo, el Plan Estratégico Ambiental del Sector Agropecuario (Peasa).

La Agenda Interministerial determinó líneas de acción que integran medidas de mitigación como: 1) conservación y uso sostenible de bienes y servicios ambientales como regulación del clima y oferta hídrica, la cual propende por una gestión integral en materia de recursos forestales, ecosistemas estratégicos y agrobiodiversidad, gestión en servicios de mitigación de cambio climático y apoyo a proyectos MDL y, 2) sostenibilidad ambiental de la producción nacional, que busca un desarrollo en materia de gestión en sistemas alternativos de producción agropecuaria sostenible y fomento a la producción ecológica, gestión ambiental para la producción agropecuaria e incentivar el uso eficiente del suelo y el riego.

El Peasa propende por un manejo integral de los recursos naturales que permita la sostenibilidad de los bienes y servicios ambientales que sustentan la producción, además de fortalecer la capacidad sectorial para afrontar retos que suponen una amenaza para la base productiva, como la desertificación y el cambio climático. El Peasa cuenta con actividades de reducción de emisiones, como el fomento y desarrollo de sistemas productivos con esquemas de: 1) agroforestería y sistemas silvopastoriles, 2) gestión integral del suelo, 3) buenas prácticas agrícolas (BPA), 4)

<sup>6</sup> Datos adaptados según la información suministrada por MAVDT, en la cual los proyectos forestales MDL representan un potencial anual de reducción de emisiones de 1.247.919 t de CO<sub>2</sub> eq.

<sup>7</sup> Incrementos de carbono para plantaciones de *Hevea Brasiliensis* en Colombia, reportados por: Buitrago *et al.*, 2005.

agricultura ecológica, 5) agricultura de precisión (evaluación de insumos requeridos por unidad de suelo en producción) y, 6) Bancos de germoplasma vegetal, bovino y microorganismos.

Por otra parte se cuenta con el Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana (Fedegan, 2006), el cual aborda diferentes metas que se articulan con la mitigación.

El MADR diseñó una estrategia de investigación ligada a las cadenas productivas, denominada Agricultura y Cambio Climático financiando programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, para el sector agropecuario por cadenas productivas. Los programas de investigación propuestos desarrollan y evalúan diferentes tecnologías de mitigación e incluso adaptación, bajo cuatro grandes ejes: 1) evaluación de los niveles de remoción o captura de CO<sub>2</sub>, bajo diferentes sistemas productivos, 2) opciones de manejo de suelos, 3) medidas y tecnologías de producción bovina, 4) evaluación de los impactos del cambio climático en la producción agropecuaria, pesquera y forestal.

Con la alianza entre el Ideam, Corpoica y otras instituciones<sup>8</sup>, se están adelantando las siguientes investigaciones en áreas temáticas del manejo sanitario y fitosanitario relacionadas con cambio climático y que finalizarán en 2011: 1) cambio climático y fluctuaciones de patógenos asociados con el suelo (*clostridios*); 2) desarrollo de un sistema de alerta temprana para el chinche de los pastos y su relación con el cambio climático; 3) modelación del efecto del cambio climático sobre la distribución de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el trópico alto colombiano; 4) efectos del cambio climático en la distribución altitudinal de insectos plaga y sus enemigos naturales, con el caso del cultivo del café en Colombia.

Dos proyectos ganaderos que cuentan con el apoyo del GEF y el Banco Mundial, buscan la implementación de Sistemas Silvopastoriles (SSP) en el sector con una serie de buenas prácticas de manejo, para lograr en forma rentable reducir las emisiones de GEI y disminuir la vulnerabilidad al cambio climático. El primero de ellos es el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, finalizado en 2008. El segundo: "Proyecto de Ganadería Sostenible en Colombia"<sup>9</sup> (Colombia Mainstreaming Sustainable Cattle Ranching Project) iniciará en 2010.

### 3.2.6 Sector residuos

Con base en los reportes anuales de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), se destaca que de los 1.085 municipios de Colombia que reportaron información al Sistema Único de Información de Servicios Públicos en el año 2002, el 68% disponían sus residuos en 604 sitios inadecuados (botadero a cielo abierto, quemas, enterramiento y cuerpos de agua) y 32% lo realizaban de forma adecuada, en 32 plantas integrales y 143 rellenos sanitarios. Después de entrar en vigencia la Resolución 1390/05 del MAVDT, estas cifras se invirtieron para el año 2008: 31% de municipios disponían sus residuos de forma inapropiada y 69% de forma adecuada, en 59 plantas integrales y 255 rellenos sanitarios.

Dentro de las estrategias tecnológicas planteadas para mejorar la salud y la seguridad pública de las comunidades urbanas y rurales a través de la gestión integral de los residuos sólidos, algunas contribuyen indirectamente a la mitigación del cambio climático. Según el reporte de la SSPD para el año 2008, en Colombia se generan 25.079 t/día de residuos sólidos, de los cuales 92,8% (23.283,5 t/día) se disponen en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento, contribuyendo notoriamente con el mejoramiento de los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos, a través de la transformación de los botaderos en rellenos sanitarios.

Este cambio reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que la fracción orgánica se descompone aeróbicamente, y se presenta un aumento en las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) por lo cual, al implementarse tecnologías de recuperación y utilización del metano generado, la conversión a rellenos sanitarios contribuye a la reducción de emisiones.

Con el apoyo financiero del BID (Eteisa, 2006), se llevó a cabo un estudio a nivel nacional sobre el potencial de recuperación de metano en 20 rellenos sanitarios del país ubicados en los grandes centros urbanos, con el fin de conocer a fondo el potencial de reducción de emisiones de GEI derivado del manejo y disposición de los residuos en el país. Los resultados del análisis muestran que de los 20 rellenos sanitarios analizados, existe un potencial de generación de metano de alrededor de 48,8 millones de m<sup>3</sup> para el año base 2006; lo cual obedece a un promedio anual de 2,5 millones y 788,8 millones de m<sup>3</sup> para el año 2021.

El estudio concluye que la magnitud en las reducciones de emisiones que puedan evitarse, dependerá de la facilidad con que los sitios de disposición final puedan mejorar su capacidad de recolección y quema de biogás, lo que a su

<sup>8</sup> De las instituciones participantes se destacan: Cenicafé, Corpoica, el Instituto Alexander von Humboldt, Analac, la Universidad de Cundinamarca, la Asociación de productores de leche de Ubaté, la Federación de ganaderos de Boyacá (Fabegan), el Comité de ganaderos de Zipaquirá, entre otros.

<sup>9</sup> Este proyecto está liderado por Fedegan con la participación de CIPAV, el Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez y *The Nature Conservancy*, con el apoyo del GEF y el Banco Mundial.



vez depende de los incentivos existentes en el sector para esta actividad, algunos de los cuales se podrían obtener con los mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

De acuerdo con los estudios contratados por la administración distrital de Bogotá, el potencial de reducción de emisiones de GEI asciende a 5 Mt de CO<sub>2</sub> eq, para un periodo de 12 años.

### 3.3 PARTICIPACIÓN COLOMBIANA EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)

El Grupo de Mitigación de Cambio Climático (GMCC) del MAVDT tiene entre sus objetivos promover el desarrollo de proyectos MDL de alta calidad en el país. Hasta diciembre de 2009, las actividades desarrolladas por el GMCC han permitido la consolidación de un portafolio nacional de 144 proyectos, de los cuales 49 tienen aprobación nacional por solicitud directa de los proponentes, 20 proyectos están registrados ante la CMNUCC y 6 cuentan con Certificado de Reducción de Emisiones (CER).

La distribución de estos proyectos por sectores se resume así: energético (31,25%), transporte (8,3%), forestal (11,8%), industrial (31,25%) y residuos (17,36%). El potencial anual de reducción de emisiones de GEI del total de los proyectos MDL que hacen parte del portafolio nacional es de aproximadamente 16.402.496 ton CO<sub>2</sub> equivalente, reducciones que podrían generar potenciales ingresos al país de unos USD\$ 152.000.000.

En el 2009, Colombia se convirtió en el quinto país de Latinoamérica y décimo segundo del mundo en proyectos elegibles al MDL del Protocolo de Kioto, luego de que el Relleno Sanitario Doña Juana de Bogotá (Ingresos estimados USD\$ 9.000.000) y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cañaveralejo de Cali, obtuvieran el respectivo registro de las Naciones Unidas, los cuales contribuyen con la reducción de más de 827.384 toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. De esta manera, Colombia completa 20 proyectos registrados.

En el ámbito de instrumentos financieros que incentiven la adquisición de tecnologías y equipos que contribuyan a las reducciones de emisiones de GEI, el país, bajo la Ley 788 de 2002, modificó el Estatuto Tributario con el objeto de incentivar la compra e implementación de equipos y tecnologías que demuestren un impacto directo en materia de mitigación.

Dentro de los incentivos diseñados se estableció la exención de renta, por 15 años, a la venta de energía producida a partir de fuentes renovables como la eólica, biomasa o residuos agrícolas. De tal gestión se pueden beneficiar las empresas generadoras, siempre y cuando se obtengan y se vendan certificados de reducción de GEI y se destine 50% de los recursos obtenidos por este concepto a obras de beneficio social. Adicionalmente se establece que la importación de maquinaria y equipos destinados a proyectos que generen certificados de reducción de GEI, estará exenta del impuesto al valor agregado del producto y la prestación de servicios (IVA).

### 3.4 PRIORIDADES DE MITIGACIÓN DE ACUERDO AL INVENTARIO DE GEI

Con base en los resultados del inventario nacional de GEI se analizaron las medidas de mitigación desde una perspectiva sectorial, las cuales se presentan a continuación.

#### 3.4.1 Sector Pecuario

Esencialmente las prácticas de este sector se concentran en la ganadería bovina, para lo cual, las alternativas del manejo de la dieta, son una las principales medidas de mitigación del sector para reducir las emisiones de metano debido a la fermentación entérica de los animales. Dentro de estas prácticas, se busca el mejoramiento de la calidad de las pasturas y la incorporación de componente arbóreo a estos sistemas de producción.

Aunque no existen metodologías aprobadas por la junta ejecutiva del MDL para el desarrollo de proyectos de mitigación asociados con mejoramiento de la dieta de una población bovina que respondan a la disminución de emisiones de metano por fermentación entérica, ésta corresponde a una de las líneas de investigación a desarrollar.

#### 3.4.2 Sector agrícola y forestal

Las medidas de mitigación a nivel agrícola abarcan principalmente el uso y manejo eficiente de fertilizantes nitrogenados. En el sector forestal, esencialmente se requiere priorizar el manejo de bosques y reducción de emisiones por deforestación y degradación evitada, así como el aumento de biomasa bajo diferentes sistemas productivos.



Se propone en el sector agrícola la reducción del consumo de fertilizantes nitrogenados por hectárea y el incremento en el uso de biofertilizantes; por ejemplo, con bacterias del género *Rhizobium*, que poseen la habilidad de formar simbiosis con especies leguminosas, vía nódulos que se forman en la raíz de las plantas.

### 3.4.3 Sector energía

En el sector energía es importante priorizar en la industria manufacturera en cuanto a eficiencia energética y cambio de combustibles utilizados. En relación a la industria de generación eléctrica, las medidas de mitigación deben abordarse para las zonas que hacen parte tanto del Sistema Interconectado Nacional (SIN) como de las Zonas No Interconectadas (ZNI).

Una de las alternativas es asegurar el suministro eléctrico a través del aumento en la capacidad de generación de las plantas hidráulicas, teniendo en cuenta factores limitantes de tipo técnico e impactos socioeconómicos y ambientales. Sin embargo, es importante anotar que la significativa participación hidráulica en el sector energético colombiano tiene una consecuente baja emisión de GEI, pero presenta un riesgo alto para el país ante los efectos adversos de disminución de precipitación derivada del cambio climático.

En zonas no interconectadas la generación de energía a partir de fuentes renovables es una alternativa, ya que puede generar empleo y puede ser herramienta de desarrollo rural.

## 4. VULNERABILIDAD

### 4.1 EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Con base en el comportamiento de la lluvia y la temperatura, el Ideam generó indicadores sobre algunas evidencias del cambio climático en Colombia, basados en el análisis de las series históricas de la precipitación acumulada diaria y de los extremos diarios de temperatura (mínima y máxima), utilizando el *Rclimdex*, que es un programa estadístico desarrollado por el Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA de los Estados Unidos que calcula índices de extremos climáticos para monitorear y detectar el cambio climático.

En los páramos se encontró una tendencia a la disminución de eventos extremos de lluvia (asociados con aguaceros), contrario con lo evidenciado en los otros pisos térmicos, en donde, sin importar si la precipitación total anual disminuye o aumenta, en la mayoría de las estaciones de los pisos térmicos cálido (0 a 1.000 msnm), templado (1.001 a 2.000 msnm) y frío (2.001 a 3.000 msnm), se encontró una tendencia al aumento de las precipitaciones de alta intensidad (Ideam-Benavides et al., 2007). Esto es concordante con lo publicado en el Cuarto Informe de IPCC (2007), que concluye que los eventos extremos de lluvias están aumentando.

En las estaciones de páramo alto se han presentado fuertes incrementos en la temperatura máxima (asociada con el día), cercanos a 1 °C por década, mientras que, en las zonas de subpáramo y bosque Alto Andino, los incrementos están entre 0,3 °C y 0,6 °C por década. Estos incrementos tan altos pueden estar asociados con el aire más limpio y con la delgada capa atmosférica que deben recorrer los rayos solares (especialmente la radiación UV que tiene un alto contenido energético).

En la temperatura mínima (asociada con las horas de la noche y la madrugada), los incrementos en las estaciones de páramo son muy bajos. Incluso, cabe resaltar el hecho que en las estaciones El Cocuy, El Cardón, El Paraíso y El Túnel se presentan leves tendencias negativas (disminuciones).

Con respecto al comportamiento de los nevados o glaciares colombianos, se encontró una acelerada pérdida de área desde finales de la Pequeña Edad de Glaciar (1850). Los datos de cambio de área glaciar en Colombia indican una rápida deglaciación, especialmente en las tres últimas décadas, con pérdidas de 3 a 5% de cobertura glaciar por año y retroceso del frente glaciar de 20 a 25 m por año. De esta forma, para el periodo 2002 a 2003, el área total de los glaciares era de 55,4 km<sup>2</sup>, mientras que para el lapso 2006 a 2007 la superficie se redujo a 47,1 km<sup>2</sup>.

De otra parte, con base en los registros de la estación mareográfica de Cartagena (Bolívar) se evidencia un ascenso del nivel del mar en el Caribe de aproximadamente 3,5 mm/año, atribuibles posiblemente al cambio climático global, entre otros factores. Las mediciones realizadas en el puerto de Cristóbal (Colón) en Panamá, arrojan resultados similares de ascenso del nivel, aunque de menor magnitud. La tendencia calculada sobre la serie de datos tomado en el puerto de Cristóbal arroja un valor de 2,3 mm/año.

Para la costa Pacífica, la evaluación de los datos históricos de las mediciones del nivel en la estación mareográfica de Buenaventura (Valle del Cauca) y de otras estaciones comparables, muestran valores similares de ascenso del

nivel del mar (aunque mayores en Buenaventura). La tendencia calculada sobre las series de datos en puntos costeros de Panamá y Ecuador, muestran incrementos entre 0,9 mm y 1,4 mm por año, mientras en Buenaventura el aumento es de 2,2 mm por año.

Para los análisis de las condiciones futuras, el Ideam analizó los principales cambios y tendencias de la precipitación y temperatura para diferentes periodos (entre el 2011 y 2100), tomando como referencia el periodo 1971 a 2000, denominado "normal climatológica"<sup>10</sup>, con base en las observaciones de más de 3.840 estaciones de precipitación, 680 temperatura y 610 de humedad relativa, con la aplicación de las metodologías sugeridas por Jones *et al.*, (2004).

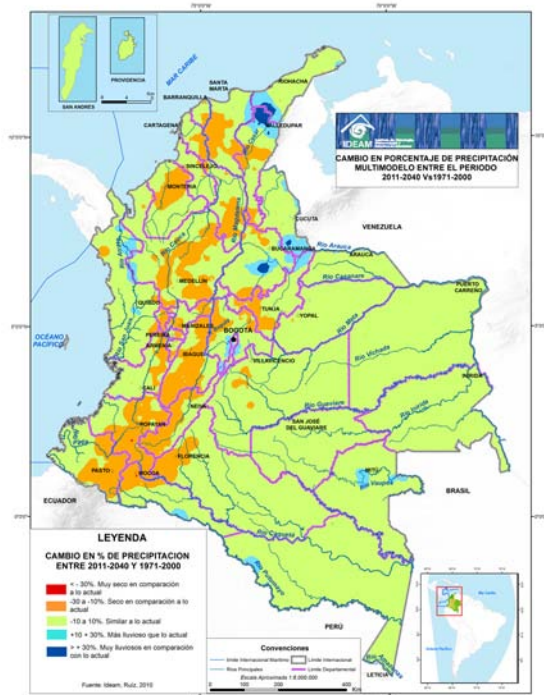
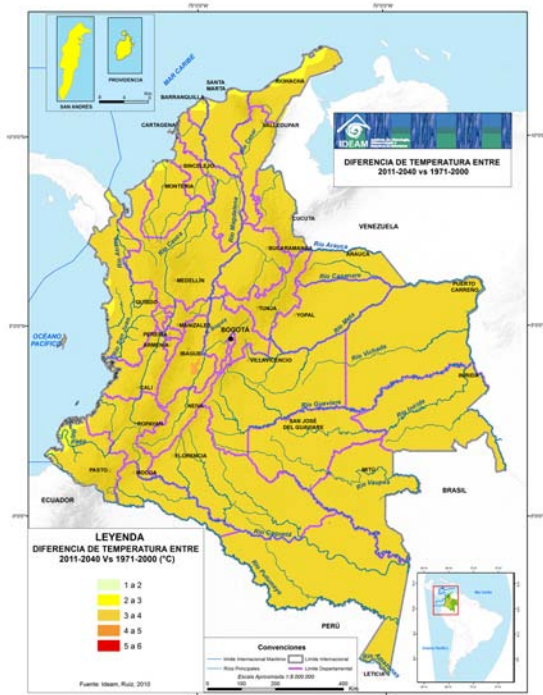
Para generar los escenarios de cambio climático se utilizaron tres modelos regionales (el modelo global de alta resolución del Japón GSM-MRI con resolución horizontal de 20 km \* 20 km; *Precis* de Reino Unido con resolución horizontal de 25 km \* 25 km y el modelo WRF con el cual se generaron resultados a 4 km \* 4 km para la región Andina). El clima presente en alta resolución fue obtenido con las condiciones iniciales que suministró el Reanálisis<sup>11</sup> ERA40; mientras que para el periodo de referencia 1979-1998, se adelantó el análisis entre las observaciones del Ideam y el modelo global de alta resolución desarrollado en el Japón. En el caso de las temperaturas máximas, la media observada para el territorio nacional alcanzó una tasa de cambio de 0,11 °C/década, mientras que el modelo ERA40 arrojó 0,16°C/década. Para la temperatura media mínima tanto las observaciones como el modelo ERA40 presentaron una tasa promedio de aumento para el país de 0,10°C/década. Con el modelo japonés no se encontraron mayores cambios para estos valores extremos.

En resumen, a través de diferentes estudios realizados por el Ideam, se encontró en los análisis una tendencia lineal en la temperatura media del aire, la cual está aumentando a una tasa de cambio promedio para el país de 0,13 °C/década; valores que son consistentes con los obtenidos con el modelo ERA40 (*Precis*), con el cual se obtuvo un valor similar de 0,12 °C/década; mientras que el modelo MRI arrojó un resultado de 0,32°C/década para la serie 1978-1998. Esto explica, además, que los resultados finales son sensibles al periodo de referencia que se tome.

Con base en los resultados de la corrida de los modelos de alta resolución elaborado por el Ideam-Ruiz (2010), en términos generales se tiene que, en promedio, la temperatura media aumentaría 1,4°C para el periodo 2011-2040; 2,4°C para el lapso de 2041-2070 y 3,2°C para el periodo comprendido entre los años 2071 a 2100. Véase las figuras 4.1 a 4.4.

Figura 4.1 Mapa con la diferencia de temperatura media del multimodelo para el periodo 2011 a 2040 vs 1971 a 2000

Figura 4.2 (Der.) Mapa con el cambio en el porcentaje de precipitación del multimodelo del periodo 2011 a 2040 vs 1971 a 2000



Fuente: Ideam – Ruiz, 2010.

10 La normal climatológica o línea base climatológica es la información (promedios multianuales, amplitud, valores máximo y mínimo, varianza) de las variables climatológicas para el periodo que se tomará como referencia.

11 ERA-40 (del ECMWF: Centro Europeo de Predicción a Mediano Plazo, por sus siglas en inglés. Utilizado para el Reanálisis).

Figura 4.3 (Izq.) Mapa con la diferencia de temperatura media del multimodelo para periodo 2071 a 2100 vs 1971 a 2000

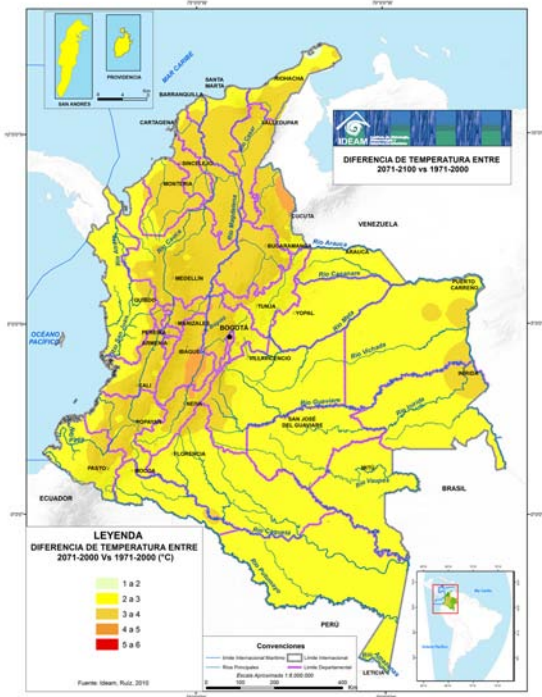
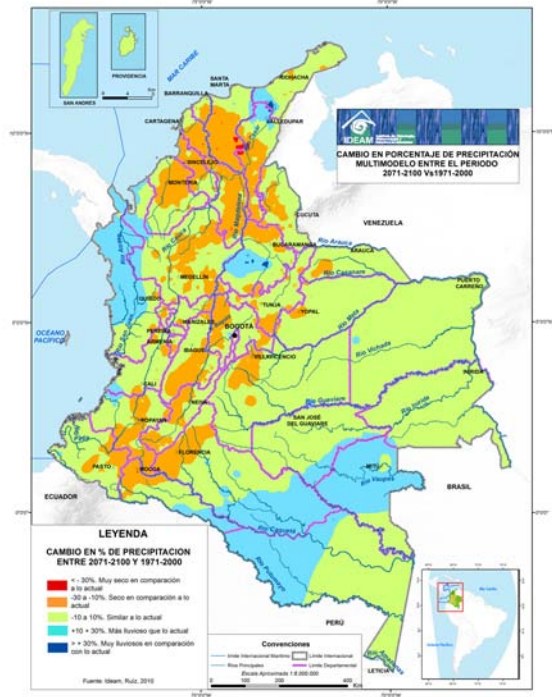


Figura 4.4 (Der.) Mapa con el cambio en el porcentaje de precipitación del multimodelo del periodo 2071 a 2100 vs 1971 a 2000



Fuente: Ideam – Ruiz, 2010.

## 4.2 COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS ENTRE PERIODOS

Los escenarios para los análisis de vulnerabilidad son referidos para el principio y finales de siglo. El comportamiento posible de la precipitación y la temperatura entre los diferentes periodos se muestra a continuación.

### 4.2.1 Precipitación

Los cambios de la precipitación que se podrían presentar para los distintos periodos analizados se presentan en las siguientes figuras (4.5 y 4.6).

Figura 4.5 Variación porcentual de la precipitación media anual

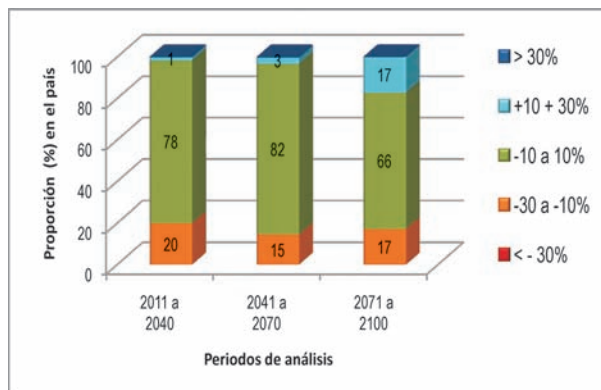
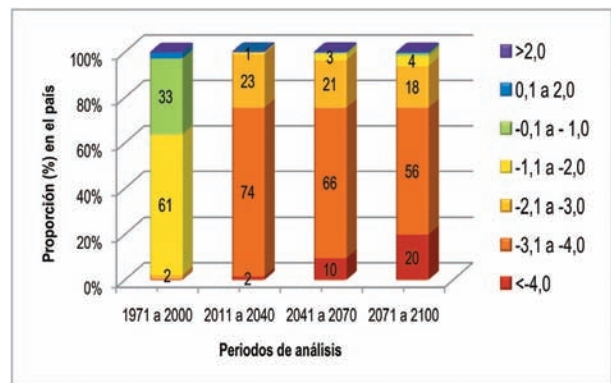


Figura 4.6 Tasa de variación de la precipitación media anual (mm/año)



Fuente: Ideam-autores

De la figura 4.5 se destaca que el 78% del territorio nacional para el primer periodo (2011-2040), tendría una variación entre más o menos 10%, lo cual se puede considerar dentro del rango normal de variabilidad. Adicionalmente, se puede destacar que la mayor reducción de la precipitación (-30 a -10%) se presentaría en un 20% del país para el periodo 2011-2040.

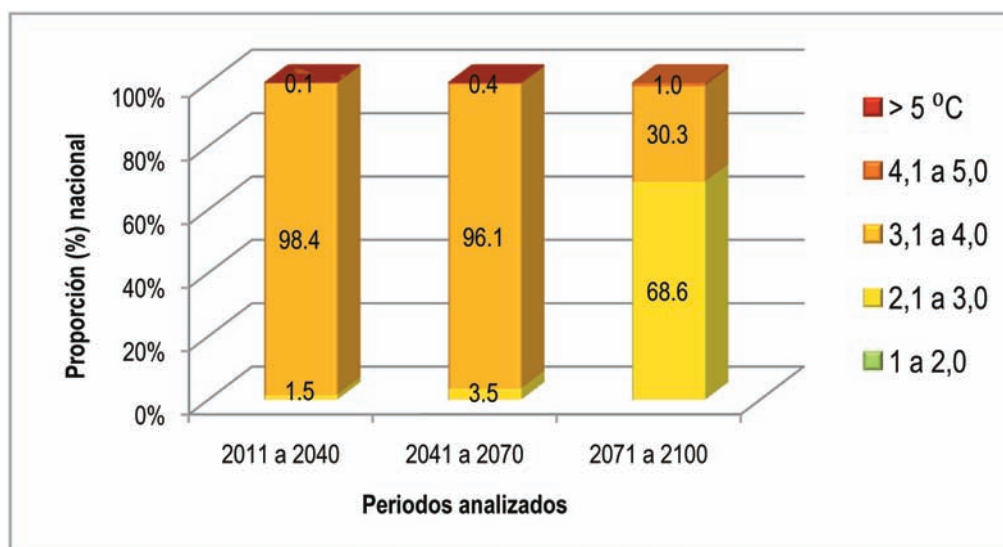


En la figura 4.6 se observa cómo la tasa de la precipitación media anual que se presentaría para los diferentes periodos, disminuirá en mayor proporción del territorio (74% a 56%) dentro del rango de -3,1 a 4,0 mm/año. Tal comportamiento deficitario se vería agravado, si se tiene en cuenta que para finales de siglo se podrían presentar disminuciones mayores a -4,0 mm/año, en aproximadamente un 20% del país.

## 4.2.2 Temperatura

El comportamiento de la temperatura media anual del aire con base en el ensamble multimodelo para los diferentes periodos se presenta en la figura 4.7.

Figura 4.7 Variación de la temperatura media anual (multimodelo) para diferentes periodos, con respecto a 1971 a 2000



Fuente: Ideam-autores.

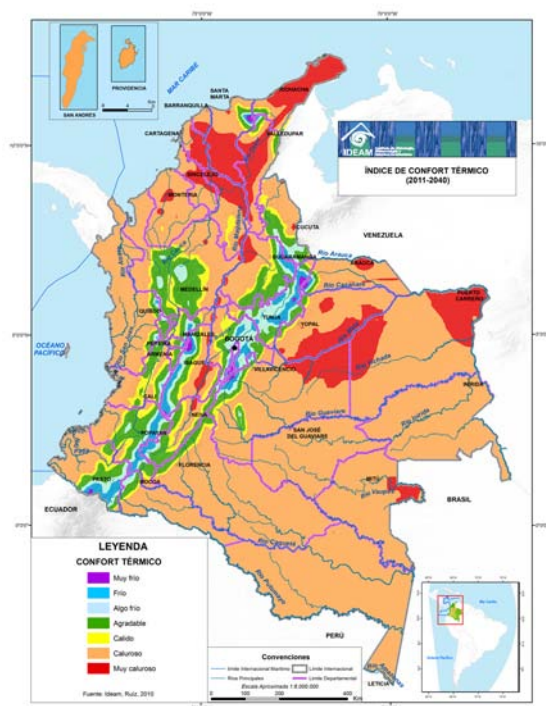
De la figura anterior es evidente que prácticamente todo el territorio colombiano (99,9%) estaría presentando un aumento de la temperatura por encima de los 2 °C, principalmente para finales de siglo. La cartografía de tal comportamiento se observa en la figura 4.1 y 4.3.

En los dos periodos de inicio de siglo (2011 a 2040 y 2041 a 2070) se podrían estar afectando la mayor proporción (>96%) del país con incrementos superiores a 3,0 °C. En la figura 4.7 se muestra el cubrimiento de cada rango de temperatura para el periodo 2011 a 2100.

Respecto a la sensación térmica se analizaron las variables de temperatura y humedad relativa promedio para las tres medias climatológicas de clima futuro (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100) y se calculó el índice de confort térmico utilizando la ecuación ajustada del poder de refrigeración de Leonardo Hill y Morikofer-Davos (Ideam, 2005), que considera el parámetro de humedad junto con la variación de la temperatura con la altura para catalogar la sensación térmica en siete clases. De los resultados obtenidos se destaca la variación que se percibiría de caluroso a muy caluroso en gran parte de las regiones Caribe, Orinoquia y Amazonia, así como a lo largo de los valles del Magdalena y Cauca en la región Andina, especialmente desde el periodo 2041 a 2070 (ver figura 4.8).

En las zonas de alta montaña de las cordillera Oriental y Central existiría un cambio paulatino de muy frío a frío y a algo frío. No predominan climas clasificados como agradables al ser humano.

Figura 4.8 Mapa con el índice de confort térmico 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

### 4.3 METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Ideam con la participación de diferentes entidades y actores relacionados con la adaptación, desarrolló una metodología para estimación de una evaluación integral y unificada de la vulnerabilidad, que permite comparar y valorar los resultados de los diferentes sectores, ecosistemas e instituciones ante el cambio climático, La metodología si bien se basó en la estructura y definiciones del IPCC, se integra dentro de la estructura y gestión del riesgo, basado en la siguiente relación:

$$\text{Riesgo} = [\text{Amenaza (Probabilidad de ocurrencia del evento climático Adverso)}] * [\text{Vulnerabilidad}]$$

Es decir, la probabilidad de ocurrencia (amenaza) del evento adverso, operada en forma multiplicativa por las pérdidas (impacto) o vulnerabilidad, determina el riesgo de pérdida de bienes, servicios o funcionalidad.

La vulnerabilidad se considera a partir de los impactos residuales del cambio climático, después de considerar la capacidad de adaptación. La forma adoptada en la presente metodología se basa en la siguiente expresión:

$$\text{Vulnerabilidad} = [\text{Impactos Potenciales Climáticos negativos}] - [(\text{Impactos Pot. negativos}) * \text{Capacidad de Adaptación}]$$

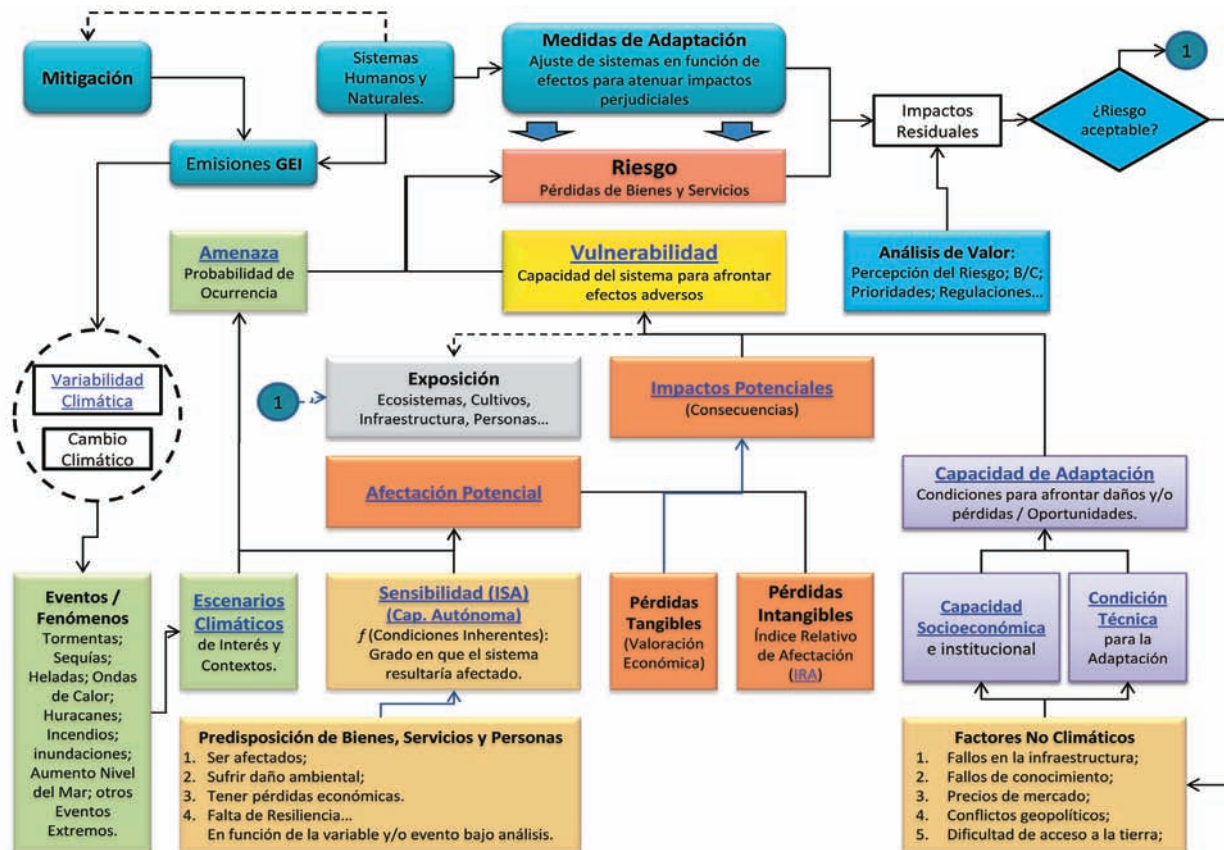
La metodología utilizada para la evaluación de la vulnerabilidad permite identificar regiones, coberturas y/o sectores más vulnerables y, o zonas críticas, previa la obtención de los resultados intermedios. Esto con el fin de servir de soporte para el diseño y la evaluación de políticas de adaptación, con la posibilidad de incluir criterios de manejo que permitan reducir la vulnerabilidad. En la figura 4.9, se puede ver la estructura metodológica que se siguió.

Para el ejercicio de aplicación de la metodología se utilizó el resultado del multimodelo de precipitación para los diferentes periodos generados por Ideam-Ruíz (2010)<sup>12</sup> 2011 a 2040 y 2070 a 2100. La afectación potencial sobre las coberturas y/o sectores determinó con base en el resultado obtenido del cruce del índice de sensibilidad (ISA), el índice relativo de afectación (IRA) y el multimodelo de precipitación considerado.

<sup>12</sup> El Ideam ha corrido y validado recientemente el modelo de circulación regional *Precis* (*Providing Regional Climates for Impacts Studies*) bajo los escenarios de emisión de gases invernadero SRES A2 y SRES B2 para generar predicciones sobre cambios en patrones de precipitación y temperatura a lo largo de diferentes periodos: 2011 a 2040; 2041 a 2070 y 2071 a 2100.



Figura 4.9 Estructura metodológica para evaluar la vulnerabilidad



Fuente: Ideam-autores. Ajustado de diferentes modelos

El ISA se estructuró a partir de la caracterización de los suelos, la cobertura vegetal, los ecosistemas transformados, el índice de aridez y la erosión en las zonas secas. Tal índice es definido, como el grado en que un sistema puede ser afectado positiva o negativamente, por los estímulos relacionados con el clima<sup>13</sup>.

El IRA se constituyó a partir de la discusión y consenso con más de 80 profesionales de diferentes sectores y especialidades; con el fin de introducir las prioridades a través del juicio de expertos, para identificar cada una de las coberturas, ecosistemas o territorios que podrían resultar impactados por los eventos adversos de cambio climático en su peor escenario.

La capacidad de adaptación se determinó con base en las condiciones de los involucrados para afrontar los potenciales daños, afectaciones o pérdidas, junto con las oportunidades que se deriven del cambio climático y/o variabilidad climática. Tal capacidad se compone de las condiciones y capacidades técnicas, junto con los aspectos socioeconómicos actuales que pueden actuar como barreras u oportunidades.

Para facilitar la valoración de la capacidad socioeconómica e institucional se usó el índice Sisben III, el cual fue suministrado por la Dirección de Desarrollo Social (Grupo de Calidad de Vida) del Departamento Nacional de Planeación (DNP) para cada municipio.

La condición técnica actual de la adaptación (también asociada con la disposición a adaptarse hacia el futuro) está en función de la planeación apoyada con una adecuada estrategia, metodología y herramientas que le permitan adelantar el seguimiento objetivo de la implementación de obras y acciones para reducir la vulnerabilidad al cambio climático y/o variabilidad climática y se obtuvo como un promedio nacional en los talleres con expertos en diferentes temáticas.

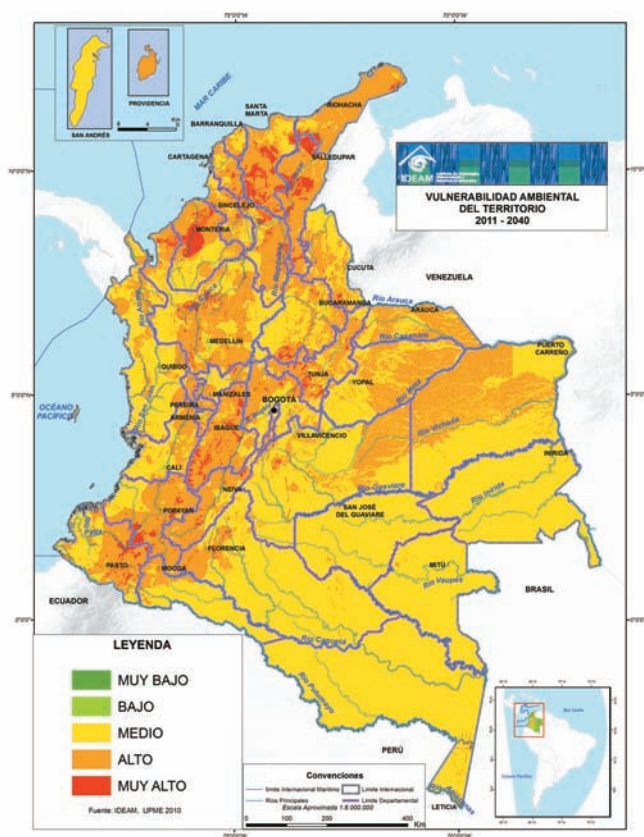
Los criterios o aspectos básicos identificados para establecer la condición técnica son: a) Conocimiento de los impactos y pérdidas frente al cambio climático / Análisis y prospectiva de los impactos y pérdidas frente al cambio climático; b) Manejo de efectos por eventos extremos; c) Organización de las instituciones y participación de la sociedad; d) Transferencia del riesgo y/o estrategias financieras y económicas; y e) Oportunidades y beneficios frente al cambio climático.

Los ecosistemas, coberturas, sectores productivos, infraestructura y demás variables analizadas fueron: a) Orobroma alto andino, b) Bosques naturales y plantados, c) Vegetación secundaria, arbustales y herbazales, d) Áreas naturales protegidas, e) Coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares, f) Áreas agrícolas heterogéneas, g) Cultivos semipermanentes y permanentes (café), h) Cultivos anuales y/o transitorios, i) Análisis de algunos cultivos comerciales (arroz con riego, palma de aceite, caña de azúcar), j) Áreas en pastos, k) Resguardos indígenas, l) Minifundio campesino, m) Cuerpos de agua continentales naturales, n) Aguas continentales artificiales, ñ) Áreas con infraestructura para generación hidroeléctrica, o) Recurso hídrico, p) Zonas marino costeras e insular y, q) Salud.

#### 4.4 IMPACTOS POTENCIALES Y VULNERABILIDAD

Teniendo en cuenta la metodología planteada, en la figura 4.10 se representa cartográficamente la vulnerabilidad del territorio, fundamentada en los impactos potenciales para el periodo 2011 a 2040 y la capacidad de adaptación preliminarmente establecida.

Figura 4.10 Mapa con la vulnerabilidad ambiental del territorio 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

Con base en la evaluación de los modelos climáticos globales que mejor representan el clima regional y con la ayuda de modelos climáticos regionales de alta resolución espacial, se simularon diversos escenarios climáticos que podrán ocurrir sobre el territorio colombiano en los próximos decenios hasta el final del siglo XXI. El escenario de cambio climático más probable es el siguiente:

- Teniendo en cuenta el incremento promedio de la temperatura que se ha presentado (0,13°C/década para el país) en el periodo de referencia (1971-2000), reflejado principalmente en los departamentos de Córdoba, Valle, Sucre, Antioquia, La Guajira, Bolívar, Chocó, Santander, Norte de Santander, Cauca, San Andrés, Tolima y Caquetá; y las reducciones más significativas de la precipitación total anual (mm/década) registradas en los departamentos de Putumayo (-6,14), Atlántico (-5,88), Arauca (-3,86), Guaviare (-3,85), Boyacá (-3,60) y Cundinamarca (-3,00); se encuentran señales evidentes de cambios significativos con efectos adversos y diferenciados para el territorio colombiano, las cuales se manifestarían principalmente a finales del siglo XXI. En los departamentos donde se registraron mayores incrementos de precipitación total anual por década son: Quindío (0,58), San Andrés (0,67), Cesar (1,47), Cauca y Vaupés (1,64), Guainía (2,14) Antioquia (2,31), Chocó (3,34) y Caldas (3,88).

- Los valores medios de temperatura mínima proyectan aumentos del orden de 1,1 °C para el 2011-2040; 1,8 °C para 2041-2070 y 1,9°C para 2071-2100.
- Las proyecciones arrojan aumentos para los valores medios de temperatura máxima del orden de 1,5°C para el 2011-2040; 2,3°C para 2041-2070 y 3,6°C para 2071-2100, indicando que los días serán más cálidos respecto al período de referencia 1971-2000. Los aumentos más significativos de la temperatura media se esperarían en gran parte de las regiones Caribe y Andina especialmente en los departamentos de Sucre, Norte de Santander, Risaralda, Huila y Tolima.
- De los resultados del ensamble de modelos regionales de alta resolución, se encontró que la temperatura promedio del aire en Colombia aumentará: 1,4°C para los años 2011 a 2040; 2,4°C para 2041 a 2070 y 3,2°C para el periodo 2071 a 2100. Los aumentos más significativos se ubicarían en los departamentos de Norte de Santander, Risaralda, Huila, Sucre y Tolima.
- Con base en los escenarios que involucran una mayor emisión de GEI, se estima que las reducciones más significativas de lluvia se darían especialmente para el periodo 2071 a 2100 en gran parte de los departamentos de la región Caribe, ellos serían: Sucre (-36,3%), Córdoba (-35,5%), Bolívar (-34,0%), Magdalena (-24,6%) y Atlántico (-22,3%). En la región Andina, los departamentos de Caldas (-21,9%) y Cauca (-20,4%) tendrían igualmente importantes reducciones en los volúmenes de precipitación media anual.
- Los aumentos de lluvia para el siglo XXI, proyectados por los escenarios de cambio climático, se ubicarían especialmente en gran parte de los departamentos de: Vaupés, Chocó, Guainía, Amazonas, San Andrés y Vichada. Para la sabana de Bogotá los escenarios de cambio climático con mayor cantidad de emisiones de GEI analizados, muestran reducciones de lluvia del orden de: -11.6% para el período 2011-2040; -16,1% para el 2041-2070 y del -3,4% para 2071-2100, con respecto a la climatología del período de referencia 1971-2000.
- Las mayores reducciones de lluvia para el resto del siglo XXI se esperarían en diferentes regiones de los departamentos de Huila, Putumayo, Nariño, Cauca, Tolima, Córdoba, Bolívar y Risaralda; en algunos de estos departamentos ya se empezaría a evidenciar desde el periodo 2011-2041, en particular en Huila, Cauca, Nariño, Risaralda y Tolima.
- Los resultados de las proyecciones de cambio climático indican que la humedad relativa se reduciría en Colombia a lo largo del siglo XXI, con respecto a 1971-2000, en proporciones cercanas al: 1,8% para el 2011-2040; 2,5% para 2041-2070 y 5,0% para 2071-2100. Las disminuciones más significativas de esta variable meteorológica a lo largo del siglo XXI, se manifestarían desde el período 2011-2040 en gran parte de los departamentos de: Tolima, Quindío y Huila; y paulatinamente, para mediados y finales de siglo, se extenderían a otros departamentos como: Sucre, Bolívar, Cesar, La Guajira, Norte de Santander, Cauca, Cundinamarca, Santander, Nariño y Risaralda.
- Con base en los resultados del ensamble de los modelos de alta resolución y según la clasificación climática de Lang, la península de La Guajira mantendría sus características desérticas; en el Chocó continuaría prevaleciendo el clima superhúmedo, la Amazonia seguiría siendo húmeda, y en gran parte de los Llanos Orientales continuará el clima semihúmedo. Los cambios más significativos se esperarían en la región Caribe, que cambiaría de un clima semihúmedo (condiciones actuales) a semiárido y luego estaría clasificado como árido para finales del siglo XXI. En la región Andina, los cambios más notorios se prevén por una transición de clima semihúmedo a clima semiárido, lo cual se presentaría en diferentes áreas de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Huila y oriente del Valle del Cauca, especialmente.
- Con base en el escenario de precipitación y temperatura (2071 a 2100) y la estimación indirecta (balance hídrico) a partir de los resultados de los modelos, respecto a la condición promedio de referencia, se tendrían reducciones alrededor del 30% de la escorrentía promedio en las cuencas del Alto y Bajo Magdalena, Cauca, parte del Litoral Caribe, Saldaña, Cesar y Bogotá, que abarcan parte de los departamentos del Magdalena, Cesar, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre, Huila, Tolima y Cundinamarca.

Respecto a los ecosistemas más sensibles y vulnerables se tienen las siguientes conclusiones:

### **Orobioma Alto Andino**

- Los impactos potenciales muy alto y alto que se podrían dar en los ecosistemas del Orobioma Alto Andino para el periodo 2011 a 2040, cubren más de 70% de este orobioma en el territorio nacional (4.300.000 ha). Tales impactos potenciales, si se analizan en función de los bienes y servicios ambientales para la mayor concentración de la población y sistemas productivos que dependen de él, representan importantes consecuencias, máxime si se tiene en cuenta la presión por el avance de la frontera agrícola a través de la sobre utilización y la conversión de los ecosistemas naturales en campos de cultivo y pastoreo.
- En dicho orobioma se encuentran grandes extensiones de bosque natural y arbustales (>40%), los cuales cumplen una importante función en la regulación de la escorrentía, que estarían significativamente (20%) comprometidos con altos y muy altos impactos del total identificado del Orobioma Alto Andino.



- Los resultados obtenidos indican que los ecosistemas naturales o poco intervenidos son menos sensibles (vulnerabilidad intrínseca) que los espacios transformados en el ambiente rural. No obstante lo anterior, la afectación por un cambio climático podría traer consecuencias significativas, a pesar de los pequeños cambios pero con alteración sobre grandes áreas, como sucedería con la Amazonia o el Chocó biogeográfico.

### Áreas naturales protegidas

- Las áreas naturales protegidas que registrarían alto y muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040 se localizan en los Parques Nacionales Naturales de la Sierra Nevada de Santa Marta, Cocuy, Las Hemosas, Nevado del Huila, Los Nevados y Puracé. Adicionalmente, sobresalen por su proporción de alto impacto potencial (final de siglo) en el Orobioma Alto Andino, los Parques Nacionales Naturales de: Pisba, Los Nevados, Puracé, Las Hermosas, El Cocuy y Chingaza.

### Sector agropecuario y áreas de minifundio campesino

- Las mayores áreas con cultivos de café Caturra que tendrían alto y muy alto impacto potencial relacionado con el déficit de lluvias para el periodo 2011 a 2040, estarían ubicadas en diferentes áreas de los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Quindío y Caldas; adicionalmente sobresalen por alto impacto potencial: Huila, Tolima, Cauca y Risaralda, principalmente. El porcentaje de impacto acumulado para las dos categorías, alto y muy alto, estarían por el orden del 71% del total del área (869.000 ha, aprox.) censada por la Federación de Cafeteros de Colombia en las variedades: Caturra (75%), Típica (63%) y Colombia (71%). La mayor superficie que podría estar comprometida con impactos potenciales muy altos se tendría en la variedad Colombia (10%).
- Los cultivos anuales o transitorios, ubicados en diferentes partes de los departamentos de Antioquia, Tolima, Boyacá, Córdoba, Cundinamarca y Santander, podrían resultar con muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040.
- En el periodo 2011 a 2040, el país podría verse comprometido con impactos potenciales alto y muy alto, en más del 50% de la superficie dedicada a las pasturas.
- Las mayores áreas de minifundios campesinos que podrían llegar a tener muy alto impacto potencial por reducciones de la precipitación, estarían en parte de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Bolívar, Nariño y Santander. Al agrupar las superficies que podrían recibir alto y muy alto impacto por reducciones de la lluvia en el periodo 2011 a 2040, alcanzarían alrededor de un 47% del total de las áreas de economía campesina del país.

### Bosques

- Se requiere el desarrollo e implementación de medidas de manejo para protección y conservación de las coberturas en ecosistemas que revisten condiciones ambientales especiales, teniendo en cuenta los impactos potenciales alto y muy alto a inicios del periodo (2011 a 2040) por reducción de la precipitación que se tendría sobre los bosques de: Boyacá, Valle del Cauca, Bolívar, Magdalena y Antioquia, junto con la vegetación secundaria, arbustales y herbazales que se ubican en los departamentos de Tolima, Cauca, Nariño, Valle del Cauca, La Guajira, Antioquia, Huila y Cesar. Tales ecosistemas, además de las exigentes condiciones climáticas y las presiones antrópicas a las que actualmente se encuentran sometidos (agricultura, ganadería, proyectos mineros y de infraestructura), son parte esencial para la población de dichos departamentos.
- Las condiciones propias de climas semiáridos, áridos y desérticos, podrían (según los modelos) ampliarse y volverse más rigurosas y extremas. Dichas áreas requerirán, además, del monitoreo y evaluación periódica y urgente para valorar efectivamente los planes de restauración que se adelanten en dichas coberturas, dada la evolución que se prevé desde el periodo 2011 a 2040.

### Cuerpos de agua

- Si bien los cuerpos de agua continentales naturales (ríos, lagunas, lagos o zonas inundadas), tendrían muy alto impacto potencial en los departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar, Santander, Tolima y Amazonas principalmente, alrededor de un 63% de la superficie nacional alcanzaría impactos potenciales alto y muy alto para el periodo 2011 a 2040. Asimismo se destaca la condición, interdependencia e impactos colaterales sobre los demás ecosistemas que reciben los bienes y servicios ambientales de los cuerpos de agua continentales.
- Adicionalmente, si se tiene en cuenta la limitada capacidad de adaptación de los humedales, se considera que estos cuerpos de agua se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables al cambio climático. Un pequeño aumento de la variabilidad de los regímenes de precipitación puede afectar de manera importante a la flora y fauna de los humedales (Keddy, 2000; Burkett and Kusler, 2000; citados por IPCC, 2008c).
- Tales referentes se ven corroborados con el impacto muy alto (disminuciones >30% del rendimiento hídrico) que se esperaría a finales de siglo en algunas partes de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca,

Huila, Tolima, Cundinamarca, Caldas, Antioquia, Bolívar, Magdalena, Cesar, además de los litorales marinos de los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Atlántico, principalmente.

- Por su parte, la vulnerabilidad muy alta de las áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras en más de 45% del total existente en el territorio nacional, para el periodo 2011 a 2040, identificada para los departamentos de Magdalena, Nariño y La Guajira, junto con la vulnerabilidad alta, adicionalmente de Chocó y Antioquia, conlleva a impactos acumulativos de la zona de litoral marino, si se agrega el aumento del nivel del mar previsto para tales áreas.

### Ecosistemas secos

- Si se considera que alrededor del 16% del territorio nacional tenderá a ser más cálido y seco hacia finales de siglo, y que parte de los territorios clasificados (1971 a 2000) como superhúmedo (13%) y húmedo (5%) se reducirán, 5% y 4%, respectivamente en los inicios de siglo para dar paso a climas semihúmedos, semiáridos y áridos (6%, 2% y 1%, respectivamente), resulta muy importante avanzar en el manejo de tales condiciones, especialmente en los sistemas de manejo sostenible, asociados con la pérdida de suelo, optimización de la regulación y distribución hídrica, y su estrecha relación con los procesos de deterioro del medio natural y la pobreza.
- Hacia finales de siglo (2071 a 2100) se presentaría un incremento de las áreas semihúmedas (11%) del territorio nacional, junto con aumento de las áreas semiáridas (2%) y áridas (3%), a costa de las áreas clasificadas como húmedas (10%) y superhúmedas (6%).
- La evaluación de los procesos de desertificación y los efectos que se esperarían, más allá de la liberación a la atmósfera de una importante fracción de carbono del suelo, resultan esenciales en el sentido de mejorar el conocimiento en la vulnerabilidad y riesgos relacionados con la pérdida de servicios ambientales que los ecosistemas secos proveen a la sociedad, incluyendo los diferentes sectores respecto al desbalance que se tendría por la aplicación de manejos o medidas de adaptación poco eficientes o mala adaptación generada por algunos sectores productivos.
- Al revisar los mayores cambios en superficie de la clasificación climática de Lang por departamentos, hacia climas más secos, se identifica que los departamentos de Magdalena y Cesar pasarían de tener climas semiráridos y semihúmedos (principalmente) a tener condiciones áridas y semiáridas, respectivamente.
- En los departamentos de Bolívar, Tolima, Cundinamarca, Huila y Valle del Cauca, se podrían esperar cambios más drásticos, puesto que se cambiaría de climas húmedos y superhúmedos principalmente, a climas semihúmedos, semiáridos y áridos. El rango de variación es mucho más amplio del que se esperaría para el periodo 2011 a 2040.

### Zonas costeras e insulares

- Para la zona insular de San Andrés y Providencia, los escenarios llamados muchas veces “pesimistas” muestran reducciones cercanas al: -6,7%; -7,0% y -10,0% para los tres períodos de referencia de clima futuro que se estudiaron (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100, respectivamente).
- De presentarse para el año 2100 un ascenso del nivel del mar en un metro, la población que se vería afectada estaría por el orden de 1,4 a 1,7 millones de habitantes, equivalentes entre 2 y 3% de la población nacional en ese mismo año; de estos porcentajes, 80% corresponde al Caribe y 20% al Pacífico.
- Aproximadamente 55% de la población del litoral Caribe estará expuesta a los efectos directos de la inundación marina. De la población afectada, aproximadamente 90% se encuentra localizada en las cabeceras municipales, en tanto que la restante se distribuye en forma dispersa en las áreas rurales. Los centros urbanos que más población presentan en las zonas de amenaza corresponden a: Cartagena, San Juan de Urabá, Turbo, Ponedera y Puerto Colombia, al igual que el área rural de Cartagena.
- En el litoral Pacífico, alrededor de 41% de la población sería afectada por la inundación marina debida al ascenso del nivel del mar. De dicha población afectada, aproximadamente 36% se encuentra localizada en cabeceras municipales, en tanto que la población restante se distribuye en forma dispersa en el sector rural. Las cabeceras municipales de Tumaco, El Charco, Nuquí, Juradó, Santa Bárbara y Olaya Herrera son las que más población urbana concentran en las zonas con alguna posibilidad de inundación.
- Con el ascenso del nivel del mar en un metro se podría causar una inundación estimada, mayor del 10% de la isla de San Andrés, representado en áreas de marismas, cordones litorales, rellenos artificiales y algunas terrazas coralinas bajas cubiertas por mangle. En estas áreas se verían afectadas zonas urbanas de uso residencial y comercial, así como el puerto de la isla. En las islas de Providencia y Santa Catalina, el área expuesta a la inundación representa 3,8% del área de las islas, donde se incluyen sectores actualmente ocupados por zonas residenciales, comerciales y públicas, entre las cuales se encuentra el puerto de Providencia. También se verían afectadas las zonas de interés turístico de las bahías de Manzanillo, Suroeste y Agua dulce, donde podría presentarse el retroceso de los cordones de playa y la inundación de las marismas.



- Las zonas costeras e insulares de Colombia que se clasificaron como críticas fueron: Cartagena de Indias, Barranquilla y Santa Marta para el Caribe, y Tumaco y Buenaventura para el Pacífico. De lo anterior, Cartagena y Tumaco son las que mayores índices de vulnerabilidad presentan para el Caribe y el Pacífico respectivamente.

### Áreas con infraestructura para generación hidroeléctrica

- Se destaca el alto (37%) y muy alto impacto (6%) que se podría llegar a tener en la capacidad de generación hidroeléctrica (efectiva neta para el periodo 2011 a 2040) en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila y Nariño, lo cual de manera relativa, alcanzaría alrededor del 43% sobre el total existente.
- De la capacidad proyectada (energía media), la cual refleja en parte la mayor capacidad de generación que se podría tener al futuro (2011 a 2040) con alto y muy alto impacto; se destacan los departamentos de Antioquia (10%), Santander (9%), Tolima (6%), Huila (5%) y Cundinamarca (5%). Tal identificación se debe tomar de forma relativa con respecto a los proyectos ubicados en otros departamentos.
- Al acumular los impactos, alto y muy alto, en la capacidad de generación que se podrían presentar en la totalidad de los proyectos para el futuro, se encuentra una cifra similar (43%) a la encontrada en los proyectos que actualmente se encuentran en operación, para el periodo 2011 a 2040.

## 5. ADAPTACIÓN

La adaptación es el ajuste que realizan los sistemas naturales o humanos, en respuesta a los estímulos o efectos climáticos (reales o esperados), que atenúa los daños que ocasionan o, que explota o potencia las oportunidades beneficiosas (IPCC, 2007).

La adaptación al cambio climático es una gestión importante y compleja, que presenta desafíos, en particular para los países en desarrollo (UNDP<sup>14</sup>, 2008). Los impactos del cambio climático ya están afectando dichos países, en particular los pobres y más vulnerables, porque cuentan con menos recursos sociales, tecnológicos y financieros para la adaptación. Además, el cambio climático afecta el desarrollo sostenible de los países, así como su capacidad de alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas (ODM) para el año 2015.

Como se observa en el análisis de vulnerabilidad, el país es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Para lo anterior, además del esfuerzo nacional es necesario contar con recursos económicos y apoyo internacional.

Se espera que con la implementación de las medidas de adaptación propuestas se disminuyan los impactos y la vulnerabilidad del país y se atenúen los efectos ambientales, económicos y sociales planteados, razones que promueven un sistema de monitoreo eficiente que evalúe la pertinencia y efectividad de las medidas de adaptación además de permitir reorientar las acciones cuando haya lugar.

### 5.1 LINEAMIENTOS PARA LA ADAPTACIÓN

Dados los avances que tiene Colombia en materia de política y normativa ambiental y sectorial, las acciones de adaptación propuestas se orientan en buena medida a fortalecer acciones ya emprendidas pero que requieren considerar las variables climáticas en su planeamiento y ejecución. Uno de los principales esfuerzos es la necesaria articulación de las políticas, planes y programas sectoriales con las acciones ambientales, considerando el cambio climático para buscar sinergias y evitar malas adaptaciones que vayan en detrimento de los esfuerzos de otros sectores productivos respecto al cambio climático.

Se proponen estas líneas estratégicas generales las cuales deben ser desarrolladas, estructuradas y detalladas posteriormente a través de un Plan Nacional de Adaptación en el marco de lo señalado tanto en esta SCN como en el Conpes de Cambio Climático actualmente en ejecución en el DNP.

#### 5.1.1 Fortalecer la gestión de la investigación y la transferencia del conocimiento

Es prioritario tener una base de estudios que respondan a las necesidades de los tomadores de decisiones de los sectores y ecosistemas más vulnerables. Por tanto, se requiere de soportes confiables que permitan interrelacionar las variables climáticas con la base de la resiliencia de los ecosistemas y sectores productivos del país, entre los cuales los más sensibles y vulnerables son: a) agropecuario; b) salud; c) ecosistemas costeros, marinos e insulares; d) ecosistemas de alta montaña y paramos; e) sistemas hídricos; f) infraestructura; g) sistema energético y, h) ecosistemas secos.

14 United Nations Development Programme: Pnud siglas en español.

El enfoque propuesto en este lineamiento, se orienta hacia el mejoramiento del flujo de información, hacia la Investigación en sectores productivos, ecosistemas, biodiversidad y población y a la investigación en indicadores socioeconómicos.

### 5.1.2 Fortalecer la gestión del riesgo

Son importantes los avances en las investigaciones, y la disponibilidad de recursos y aumento de capacidades en el manejo integral del riesgo, no obstante éstos deben reenfocarse para lograr los mejores resultados costo-efectivos, además de servir de soporte para salvaguardar las comunidades, el capital natural y la infraestructura ante los efectos del cambio climático. Así se plantea la necesidad de hacer investigación aplicada a mediano y largo plazo para el manejo integral del riesgo considerando las variables climáticas y en la necesidad de fortalecer y profundizar los mecanismos de transferencia del riesgo especialmente hacia el sector agrícola, considerando los cambios en el clima.

### 5.1.3 Mejorar el uso del territorio como estrategia para disminuir la vulnerabilidad

Se considera necesario lograr un mayor equilibrio entre los procesos de urbanización y la mejora en las condiciones de vida en los ámbitos rurales, para disminuir la concentración de habitantes en las grandes ciudades, lo cual puede fortalecerse garantizando condiciones de paz duradera, dando acceso a las poblaciones rurales a los servicios sociales de manera alternativa e innovadora, reforzando la generación del empleo rural orientado a las generaciones y al género, fortaleciendo los ámbitos locales en sus capacidades de gobernabilidad y gestión, y garantizando los niveles de uso y acceso a los recursos naturales por parte de las poblaciones locales.

Una de las vías por medio de la cual se concreta la gestión de recursos naturales es la ordenación del territorio, que pretende proporcionar, de acuerdo con la política económica, una organización de los asentamientos y actividades humanas que responda a los objetivos de sostenibilidad ambiental y calidad de vida

En tal contexto, se hace necesario que los distintos planes de ordenamiento y uso del territorio incluyan el tema de cambio climático y sus efectos. Los temas específicos que se desarrollan en la estrategia con la Inclusión de la gestión del riesgo y del cambio climático en los instrumentos de planeación del territorio y la profundización en los instrumentos de ordenamiento del territorio como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA).

### 5.1.4 Reducción de los impactos ambientales, económicos y sociales.

En el ámbito de la integración de medidas de adaptación y mitigación, se deben hacer evaluaciones de la vulnerabilidad del recurso hídrico a escala regional y local, en términos de disponibilidad, demanda y déficit hídrico bajo escenarios de cambio climático, priorizando sectores que dependen de la oferta, tal es el caso de los sectores agrícola, generación eléctrica, servicios públicos (acueductos veredales y municipales).

Considerando que la matriz energética del país es de carácter hidráulico (más de 64%) y, por lo tanto, altamente dependiente de disponibilidad del recurso hídrico, se requiere investigar la vulnerabilidad y disponibilidad de dicho recurso bajo escenarios de cambio climático. Esta investigación deberá incluir un análisis sobre la función de regulación que efectúan los ecosistemas forestales en el ciclo hidrológico para las diferentes cuencas abastecedoras de reservorios, permitiendo así validar e incorporar medidas de conservación y restauración en coberturas forestales como respuesta ante el cambio climático para asegurar la oferta energética.

El sector agropecuario, de acuerdo con los análisis de vulnerabilidad, será uno de los más afectados por el cambio de las condiciones del clima. Por ello, es necesario fortalecer y profundizar los mecanismos de transferencia del riesgo de los agricultores y, en especial, de los pequeños productores en las comunidades más pobres, pues en éstos es donde se prevé que se presenten las mayores afectaciones.

Igualmente es necesario hacer un análisis entre las diferentes políticas de desarrollo sectoriales para evitar que se presenten conflictos entre los sectores alrededor de bienes ambientales como el agua; es así como el plan de desarrollo minero debe articularse con los planes de expansión agrícola, forestal y pecuarios evitando, en cualquier evento, que prevalezcan acciones denominadas como "mala adaptación", es decir acciones que al contrario de mejorar la resiliencia del país ante el cambio climático tienda a empeorar esta situación.

### 5.1.5 Mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades vulnerables

Es necesario integrar las políticas de pobreza al desempeño sostenible de los mayores sectores productivos del país, y que a su vez serán afectados en su capacidad productiva por el cambio climático. La generación de empleo y la integración de sectores marginados de la población a las estrategias de cambio climático son sin duda una oportunidad

de desarrollo para el país. En el marco de los resultados de los proyectos piloto de adaptación al cambio climático se ha destacado la importancia de la participación ciudadana a través de los diferentes espacios y mecanismos en el proceso de formulación de medidas de adaptación, con el fin facilitar la interiorización de las metas y resultados. Por lo expuesto se plantean acciones relacionadas con: a) Diseño de políticas de reducción de la pobreza considerando el cambio climático, b) Disminución de la afectación económica por el impacto climático y c) Fortalecimiento de la organización social.

### **5.1.6 Diseñar e implementar un arreglo institucional adecuado para la adaptación.**

Se considera necesario orientar la atención al desarrollo de la capacidad adaptativa y la resiliencia basada en una mejor coordinación del Estado para poder afrontar situaciones adversas y la incertidumbre resultante de procesos de cambio climático global. Esto puede alentarse por medio del fortalecimiento de las redes de protección social y de los procesos de descentralización de la gestión pública, el desarrollo de una cultura de prevención, como parte del ciclo de gestión de riesgos, y la revalorización y el diálogo efectivo de saberes entre el conocimiento local y el científico.

Para su desarrollo se exponen acciones relacionadas con los siguientes programas: a) Desarrollo de acciones y acuerdos interinstitucionales para el diseño e instrumentación de un Plan Nacional de Adaptación, b) Diseño e instrumentación de mecanismos de integración nacional, regional y local, c) Potenciación de sinergias interinstitucionales, d) Planeación a largo plazo y e) Coordinación interinstitucional en el diseño y desarrollo de políticas, planes, programas y acciones de los sectores productivos y de éstos con el sector ambiental.

### **5.1.7 Valorar y proteger la base productiva a partir de los bienes y servicios de la biodiversidad**

Además de la necesidad de mejorar la infraestructura y capacidad tecnológica en temas climáticos, y el diseño de infraestructura resiliente al cambio climático, se reconoce que los ecosistemas suministran servicios vitales tales como agua potable, protección, hábitat, alimentos, materiales frescos, materiales genéticos, una barrera frente a los desastres, una fuente de los recursos naturales y muchos otros servicios ecosistémicos sobre los cuales las personas dependen de su sustento.

En este sentido, se plantea que la adaptación al cambio climático debe considerar los ecosistemas en el diseño de las medidas dado que éstos son soporte y generan bienes, insumos y servicios fundamentales para los sectores productivos.

### **5.1.8 Fortalecer la gestión de cooperación y recursos para la adaptación**

Las instituciones colombianas, especialmente las ambientales, están realizando importantes esfuerzos para financiar los proyectos relacionados con el cambio climático, sin olvidar el apoyo significativo de la cooperación internacional. No obstante, debido a la magnitud y complejidad del tema y a sus efectos potenciales, el país tendrá que disponer de más recursos propios e internacionales para comprender el fenómeno y, sobre todo, para diseñar y poner en marcha las medidas de adaptación, especialmente en sectores no ambientales.

No obstante lo anterior, con el fin de evitar la dispersión de esfuerzos y lograr la mayor efectividad en la implementación de futuros proyectos de adaptación, se deben diseñar de manera prioritaria el Plan Nacional de Adaptación nacional para orientar los recursos externos y así mantener la unidad de criterio en el desarrollo y obtención de resultados aplicables de manera más coherente dentro de un marco de referencia para la acción.

## **5.2 ACTORES PRINCIPALES Y GESTIÓN PARA LA ADAPTACIÓN**

De las diferentes instituciones que participaron en los proyectos piloto de adaptación o que lideran otras acciones relacionadas con el tema de adaptación al cambio climático, en sinergia con entidades nacionales, locales o regionales se destacan: MAVDT, MADR, DNP, Ideam, Invemar, IAvH, Parques Nacionales Naturales, Corpoica, Universidad Nacional de Colombia, Colciencias<sup>15</sup>, Cruz Roja Colombiana, CI-Colombia, WWF-Colombia, Universidad del Cauca, entre otras.

<sup>15</sup> Actualmente "Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación".

## 5.3 LOGROS DE PROYECTOS PILOTO DE ADAPTACIÓN EN EL PAÍS

### 5.3.1 Definición de la vulnerabilidad de los sistemas biogeofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana

Este proyecto hace parte del Programa Holandés de Asistencia para Estudios sobre Cambio Climático (NCCSAP), y fue ejecutado por el Invermar para estudiar la definición de la vulnerabilidad y de las medidas de adaptación de los sistemas biogeofísicos, socioeconómicos y de gobernabilidad en las costas Caribe y Pacífico de Colombia, en el evento de un posible ascenso en el nivel del mar.

Dicho proyecto, que finalizó en julio de 2003, permitió identificar las áreas críticas, realizar un Plan de Acción teniendo en cuenta el resultado de vulnerabilidad “alta” de las zonas costeras colombianas frente a un posible Ascenso en el Nivel del Mar (ANM), junto con la definición de acciones prioritarias a desarrollar en las zonas costeras colombianas para los periodos: 2002 a 2012, 2012 a 2030 y 2030 a 2100.

De los avances obtenidos se destacan: la conformación de una Red de Centros de Investigación para la cooperación interinstitucional y el intercambio de información en materia de ciencias marinas y de extensión en la temática de cambio climático<sup>16</sup>. La generación de insumos importantes sobre geomorfología, coberturas, ecosistemas, sistemas productivos y usos de la zona costera, en el Laboratorio de Sistemas de Información LabSIS del Invermar. La formulación del “Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia (Plan de Acción 2009 - 2019)”.

Se destacan igualmente, elementos con relación a los planes de desarrollo y al riesgo de las zonas costeras con relación a las amenazas naturales que las afectan, además de las medidas de mitigación que han sido incluidas o están siendo involucradas en los planes de ordenamiento territorial (como el POT de Tumaco, Cartagena, y los EOT de Turbo, Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes).

## 5.4 PROYECTO PILOTO NACIONAL DE ADAPTACION AL CAMBIO CLIMATICO (Inap)

El proyecto INAP con coordinación técnica general del Ideam y administrativa de Conservación Internacional-Colombia, ha venido desarrollando acciones en cuatro componentes específicos que resultaron de las conclusiones de la primera comunicación, sobre las variables ambientales y de salud más afectadas.

Este proyecto, financiado por el GEF – Banco Mundial, enfoca sus acciones en generación de información confiable sobre cambio climático (Componente A), lo cual es efectuado por el Ideam quien también coordina el diseño e implementación de un programa de adaptación en ecosistemas de alta montaña (Componente B). El desarrollo de un programa de adaptación insular continental está a cargo del Invermar y el desarrollo de un programa de adaptación insular oceánico lo desarrolla Coralina (Componente C). El Instituto Nacional de Salud, busca disminuir la morbilidad de malaria y dengue a través del diseño e implementación de un Sistema Integrado de Vigilancia y Control (SIVCMD) que responda a los posibles cambios en las dinámicas de transmisión y exposición, inducidos por el cambio climático (Componente D).

El proyecto INAP ha permitido un avance en la capacidad del país para la producción y difusión de información climática, la elaboración de escenarios de cambio climático y el fortalecimiento de la capacidad técnica y científica. Adicionalmente ha promovido el desarrollo de medidas de adaptación claves para reducir la vulnerabilidad del macizo de Chingaza, junto con el monitoreo del área glaciar en los nevados relacionados con el ciclo del agua; la reducción de los impactos negativos en la regulación hídrica de la cuenca del río Blanco por medio de restauración ecológica participativa del paisaje; la adopción de modelos de planificación del uso de la tierra incorporando los impactos del cambio climático en los municipios de La Calera y Choachí, a través de Planes de Vida Adaptativos; además de la adaptación de los sistemas productivos al cambio climático, a través de la capacitación de comunidades locales en agroecología y agricultura orgánica.

Con respecto a los adelantos del programa de adaptación en las áreas insulares del Caribe colombiano se han concretado algunas medidas como es el establecimiento del Sistema de Observación de los Océanos (GOOS) en el Caribe Occidental, mediante la instalación de estaciones de monitoreo y la instalación del Centro de Administración de Datos (CAD). Adicionalmente, se han construido sistemas de manejo integral del agua, un sistema de monitoreo de erosión costera, y un documento preliminar de política poblacional para el Archipiélago de San Andrés y Providencia, con la participación de las comunidades locales.



En lo atinente al componente D, se está evaluando el dengue y la malaria en algunas ciudades y municipios, con el uso de modelos estadísticos, lo cual ha permitido proponer ciertas medidas de adaptación para evitar la reproducción del vector del dengue, tanto en su biología como por el impacto de algunas actividades humanas.

## 5.5 PROGRAMA CONJUNTO: INTEGRACIÓN DE ECOSISTEMAS Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MACIZO COLOMBIANO

El Programa conjunto parte del análisis conjunto del país realizado por el Sistema de Naciones Unidas (SNU) y las prioridades definidas por el Gobierno a través del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. Los socios del programa son: el Departamento Nacional de Planeación (DNP), MAVDT, Ideam, Corporación Autónoma Regional el Cauca (CRC), municipios de Puracé y Popayán, Cabildos indígenas del pueblo Kokonuko y la Asociación Campesina Asocampo.

El área piloto del programa es la Cuenca alta del río Cauca en los municipios de Puracé y Popayán y cuenta con 11.219 habitantes aproximadamente, distribuidos en los Resguardos Indígenas de Puracé, Kokonuco, Paletará, Quintana, junto con la comunidad campesina asociada en Asocampo, Asproquintana, sectores campesinos de Poblazón y Paletará.

A partir de los resultados del análisis de vulnerabilidad del área piloto del Programa y de la línea base de objetivos de desarrollo del milenio (ODM) para los municipios de Puracé y Popayán, se definieron tres grandes ejes como guías del plan de adaptación y en los cuales se han venido desarrollando las medidas de adaptación propuestas con la comunidad: 1) Agua segura, 2) Comida segura y, 3) Fortalecimiento de capacidades.

En el tema de agua segura se plantea: la construcción participativa de modelos piloto (en viviendas y escuelas) con tecnologías apropiadas de almacenamiento, manejo y saneamiento de agua, con atención prioritaria a las mujeres. El fortalecimiento de la capacidad de gobierno sobre el agua por parte de las autoridades locales y las juntas veredales. Priorizar áreas con capacidad de regulación hídrica: Bosques de Galería y el Bosque Natural Denso. Diseño e implementación de acciones de almacenamiento con uso colectivo y familiar del recurso, además de la regulación de corrientes, con base en los impactos las sequías y excesos hídricos. Generar apropiación comunitaria de nuevas prácticas sanitarias para manejar los riesgos del cambio climático en la salud. Fortalecer capacidad local de monitoreo hidrometeorológico. Implementación de sistemas de alertas tempranas y planes locales de emergencias comunitarias. Definición de áreas inseguras debido a amenazas naturales recurrentes.

Para el tema de comida segura se plantea: identificar y desarrollar alternativas de producción y generación de ingresos sostenibles. Acciones para mejorar la producción de alimentos y la dieta alimentaria para mejorar niveles de nutrición con prioridad para las mujeres cabeza de hogar. Manejo de agroquímicos en la vivienda y escuela (almacenamiento). Priorizar la incidencia en el plan municipal de seguridad alimentaria y la incorporación de la gestión del riesgo en el EOT. Generar valor agregado con enlaces productivos (Trueque). Mejora de la estructura de fondos rotatorios con capacitación para mejores prácticas (capitalización). Iniciar procesos de reconversión de usos del suelo con ordenamiento y planificación de la producción agropecuaria que permitan liberar áreas para conservación y conservación hídrica, establecimiento de banco de semillas y parcelas de paso para adaptación climática de material vegetal de propagación. Arreglos productivos de agrosistemas a partir de "buenas prácticas" y enriquecimiento de la biodiversidad en términos de germoplasmas más flexibles o adaptables entre un piso bioclimático y otro. Realización de un proceso de ordenación basado en la consolidación de una producción sostenible, la definición de áreas para la restauración ecológica enfocada en la regulación hídrica.

El tema de fortalecimiento de capacidades es una estrategia trasversal a las anteriores y comprende: propuestas educativas para el relevo generacional y la preparación ante el cambio climático, empoderando a los jóvenes como agentes de acciones positivas y de cambio. Incorporar estrategias diferenciadas con enfoque de género y aspectos étnico-culturales en la implementación de las medidas de adaptación al cambio climático para facilitar el logro de los ODM. Analizar la participación de las mujeres en la toma de decisiones, diseño, promoción de las acciones. Fortalecer capacidades en las autoridades regionales, municipales, ambientales y tradicionales con énfasis en la prevención de riesgos y la planificación del territorio (incluye: sensibilización de los riesgos climáticos, fortalecimiento organizativo, capacitación técnica para la adaptación, educación a la comunidad con énfasis en instrumentos de la educación formal y desarrollo normativo).

## 6. EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A PÚBLICOS

En este capítulo se destacan las acciones realizadas por Colombia en torno al Artículo 6, principalmente lo efectuado entre los años 2007 y 2009 y se plantean las acciones las líneas estratégicas para extender el



conocimiento sobre los temas de cambio climático en el país. El enfoque se orienta de acuerdo con las líneas de acción establecidas en el Programa de Trabajo de Nueva Delhi en torno al Artículo 6: 1) promoción de la participación ciudadana; 2) acceso a la información; 3) creación de conciencia; 4) capacitación; 5) educación y 6) cooperación internacional (CMNUCC, 2002).

Respecto a la promoción de la participación se tiene que en los últimos años se ha registrado un incremento en la participación de la población en los temas de cambio climático en el país, como resultado de iniciativas lideradas por el gobierno, la sociedad civil, la academia, los gremios, los medios de comunicación y las comunidades. Las ONG han desempeñado acciones que promueven acciones y resultados sobre la concienciación y participación ciudadana. Asimismo, es relevante la participación de los niños y jóvenes a través de actividades de educación formal, no formal e informal.

Por su parte los medios de comunicación de radio, prensa, televisión y portales de internet, entre otros, han jugado un papel importante en el acceso a la información por ser la fuente masiva más importante para el acceso ciudadano a información sobre los temas de cambio climático. Uno de los esfuerzos del gobierno nacional en esta área es el portal de internet ([www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co)), donde se destacan aspectos generales, legales, técnicos y científicos del cambio climático. Asimismo, en las páginas web del MAVDT ([www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)); la página del Ideam ([www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)) y el portal del Sistema Nacional de Información Ambiental ([www.siac.gov.co](http://www.siac.gov.co)), se puede tener acceso a información sobre el tema.

Entre las actividades que se realizan para fortalecer la conciencia sobre el cambio climático se encuentran: la realización de campañas, eventos, jornadas de sensibilización, producción de materiales divulgativos, eventos académicos, científicos e investigativos, entre otros. Una propuesta que debería implementarse en los centros de educación superior e intermedia se orienta a la creación de cátedras libres de análisis sobre el conocimiento relacionado con el cambio climático.

Colombia, con el apoyo de diferentes entidades nacionales e internacionales, ha promovido la realización de cursos, seminarios y encuentros para el intercambio de experiencias; entre algunos de los eventos internacionales desarrollados entre los años 2008 y 2009 se encuentran: Curso Generación de Escenarios de Cambio Climático Regionalizado; Seminario Iberoamericano de Escenarios de Cambio Climático; Taller de Evaluación de Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Iberoamérica; V Encuentro Anual de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático, y Encuentro Internacional de Investigadores del Grupo de Trabajo de Nieves, Hielos Andinos y del Caribe.

El país cuenta con avances significativos en los procesos de educación ambiental tanto en la educación formal, como en la no formal, a través de las nueve estrategias de la Política Nacional de Educación Ambiental (MMA & Ministerio de Educación Nacional, 2002). Estos avances son el resultado del trabajo interinstitucional e intersectorial en el tema, sin embargo, aún no se cuenta con estadísticas detalladas al respecto.

Algunas de las acciones desarrolladas que más se destacan son: el Portal web nacional sobre cambio climático [www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co); la campaña nacional La Hora del Planeta liderada por WWF con el apoyo del MAVDT; el concurso de Bayer Encuentro Juvenil Ambiental en el tema de cambio climático; la realización del Primer video de adaptación al cambio climático, lanzado en el Marco de la Décimo Tercera Conferencia de las Partes de la CMNUCC en Bali –Indonesia en el 2007-; y la realización de la Feria internacional del medio ambiente -FIMA-.

## 6.1 GENERALIDADES DE LA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN

El objetivo principal de la estrategia es establecer directrices que contribuyan en la creación de capacidades a nivel local, regional y nacional en los temas de cambio climático por medio de la implementación, seguimiento, acompañamiento y evaluación, de medidas que promuevan el acceso a la información, fomenten la conciencia pública, la capacitación, la educación, la investigación y la participación.

Por otra parte, los ejes estratégicos definidos para implementar la estrategia son: 1) Participación; 2) Acceso a la información; 3) Conciencia pública; 4) Capacitación; 5) Educación; 6) Investigación. Estas serán las líneas sobre las cuales girará el accionar de las diferentes instituciones en el nivel local, regional y nacional.

Por último, el seguimiento y evaluación de la estrategia mencionada será un trabajo a desarrollar de manera conjunta entre las entidades encargadas de promover dicha estrategia, el Ideam y el MAVDT. Teniendo en cuenta que el Programa de Trabajo de Nueva Delhi será revisado a nivel mundial en los años 2010 y 2012, Colombia realizará dos revisiones preparatorias en los mismos años, con la respectiva publicación de los resultados.

## 7. OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES

### 7.1 RETOS PARA LA COORDINACIÓN

Si duda, uno de los mayores desafíos para enfrentar el cambio climático consiste en la mejora de la coordinación interinstitucional. Dicha coordinación deberá permitir reducir el impacto negativo por el cambio climático a través de: a) El incremento de la resiliencia de las comunidades, la cual debe partir del trabajo y acuerdo con las comunidades; b) Fortalecimiento de las entidades encargadas de soportar y orientar las medidas de adaptación; c) Avanzar en los modelos regionales y locales que permitan establecer la simulación y determinación de escenarios que conduzcan a una evaluación del riesgo individual y agregado por sectores dependientes de los bienes y servicios ambientales amenazados; d) Aumento de la capacidad individual de las economías campesinas más vulnerables, diferenciando los diferentes cultivos y asociaciones que den mayor seguridad alimentaria; e) Aumentar la capacidad de amortiguación de los efectos de eventos extremos y; f) Fortalecer la creación de grupos regionales de investigación aplicada para optimizar la sinergia entre países con similares retos, además de alcanzar mayor eficiencia en la integración de fortalezas y experiencias de los países más avanzados en el proceso de investigación, aplicación y evaluación de resultados.

### 7.2 PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Si bien el país tomó la iniciativa en la implementación de los proyectos expuestos en el capítulo de adaptación, es prioritario generar una estructura nacional con la participación de las diferentes entidades e involucrados, donde los ejes prioritarios son:

- Gestión del recurso hídrico superficial y subterráneo de manera transversal, en el cual se integran los diferentes sectores energético, agrícola, industrial, etc.
- Diseño e implementación de las medidas de adaptación, basadas en una evaluación previa de la vulnerabilidad, de tal forma que involucre tanto los bienes y servicios que prestan los ecosistemas, la optimización de la ordenación territorial, junto con las variables socioeconómicas y condiciones técnicas para establecer la capacidad de adaptación al cambio climático.
- Evaluación de los riesgos asociados con los eventos extremos, relacionados principalmente con las variables hidrometeorológicas.
- Valoración de la vulnerabilidad, con base en la metodología presentada en la SCN, con el fin de permitir la interrelación y discusión entre los diferentes sectores, ecosistemas y grupos de interés.

#### 7.2.1 Arreglo institucional y lineamiento para los planes nacionales de adaptación/mitigación

Una oportunidad de alcanzar las mejores inversiones costo-efectivo de los recursos, debe ser a partir del programa nacional de adaptación, soportado en la participación abierta y expedita de los intereses de las poblaciones o comunidades más vulnerables. Por lo anterior, es importante que el país construya un programa nacional de adaptación, no con la finalidad de sumar de intereses, sino con la opción de un incremento real de apoyo oportuno y práctico de las capacidades existentes entre las diferentes instituciones.

Se requiere dentro de dicho plan de adaptación, concentrarse en una planificación nacional – regional y local que integre a partir de indicadores para el desarrollo sostenible, señales claras de la evolución de la capacidad organizativa, la tecnología, el conocimiento y las habilidades de las instituciones.. Para la formulación e implementación de dichos planes nacionales de adaptación y mitigación, se requiere una estructura que permita llevar a cabo la coordinación con toda la capacidad, voluntad y respaldo normativo necesarios para resolver los desafíos mencionados.

Es importante incluir la depreciación o el consumo del capital natural para lograr un bienestar económico sostenible, en el cual no se descienda de una generación a otra, e incluso pueda mejorar. En otras palabras, mantener las riquezas más estratégicas (biodiversidad) como el valor de la base productiva de una economía compuesta de capital de origen humano, capital natural, conocimientos, instituciones y capacidades.

Con tales propósitos se debe buscar un ajuste al desarrollo, de manera que las medidas de adaptación aumenten la resiliencia de las comunidades y de sus medios de vida, con la construcción de una seguridad territorial basada en los activos y capitales más duraderos. Dicha estrategia además de necesaria, deberá ser el punto de partida para enfrentar el cambio climático en el país, pues contribuye a la lucha contra la pobreza y al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Los análisis de los efectos del cambio climático se deben ampliar en el alcance y plazo sobre ecosistemas, tales como: alto andinos, zonas áridas y semiáridas, humedales, ciénagas, estuarios, valles interandinos, al igual que los efectos sobre los recursos pesqueros, los cultivos de subsistencia, las selvas Pacífica y Amazónica, etc.

## 7.3 NECESIDADES TÉCNICAS Y FINANCIERAS

### 7.3.1 Necesidades técnicas

#### Gestión de la información

Con respecto a la generación de información suficiente y confiable para los futuros inventarios de Gases Efecto Invernadero, es necesario tener acciones como: el fortalecimiento y ajuste de los instrumentos de captura de información sectorial detallada. Tal gestión debe permitir un cálculo más preciso y exacto del inventario de GEI.

Los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para Colombia dejan en claro la necesidad de generar información sectorial con mayor especificidad y detalle, para promover la construcción de factores de emisión para el país. Esta necesidad conlleva el compromiso interinstitucional en la generación y suministro de la información detallada y a las escalas necesarias, porque aun teniendo la participación de las entidades sectoriales con las funciones y conocimientos en el tema<sup>17</sup> y que fueron soporte y enlace para la entrega de la información.

Con respecto a los análisis de vulnerabilidad, es prioritario tener una base de estudios que respondan a las necesidades de los tomadores de decisión de los sectores más vulnerables. Por tanto, se requiere de soportes confiables que permitan su interrelación entre las variables climáticas tomando como base la sostenibilidad de los ecosistemas y sectores productivos del país, entre los cuales los más susceptibles y vulnerables son: a) agropecuario; b) salud; c) litorales marinos; d) sistemas hídricos; e) infraestructura vital, entre otros, por causa de eventos climáticos extremos.

Adicionalmente, es procedente tener en cuenta la orientación de las gestiones ambientales dentro del ámbito instrumental, soportado con el manejo de la incertidumbre en la toma de decisiones.

#### Investigación participativa y aplicada para los sectores más vulnerables

Teniendo en cuenta los efectos potenciales sobre los procesos productivos de las medidas de mitigación de emisiones de GEI, se encuentra necesario trabajar en proyectos que permitan calcular para los diferentes sectores, el potencial impacto económico de posibles escenarios o proyectos de mitigación.

La investigación relacionada con los escenarios futuros de clima, debe seguir avanzando y consolidándose en el país; esta necesidad es uno de las más importantes y más complejas debido a la necesidad de contar con múltiples escenarios en escalas temporales y geográficas distintas que permitan hacer un análisis con menor incertidumbre sobre las amenazas futuras que Colombia enfrentará. Para esto El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, se debe fortalecer como la entidad nacional para avalar y estructurar toda la información y modelos de centros de investigación, universidades y proyectos para construir una base de datos confiable que permita a los tomadores de decisión de todos los sectores establecer un análisis certero de la situación futura del clima.

Se necesitan mecanismos innovadores para compartir riesgos y hacer frente a los nuevos desafíos que plantean los efectos adversos del cambio climático, incluidas la pérdida de biodiversidad, avanzando con la degradación de la tierra. Todo ello valorado con el fin de crear un subsidio por la adicionalidad impuesta de los riesgos del cambio climático, a ser cubierto por los responsables del nuevo margen o banda derivada del forzamiento atropógeno externo a Colombia.

Desde el ámbito de la investigación sobre la biodiversidad, resulta de gran importancia y urgencia, introducirle a la mayoría de las investigaciones, criterios de autosostenibilidad económica.

#### Cooperación Técnica

Es necesario aunar esfuerzos para a fortalecer los vínculos entre los diagnósticos y las orientaciones nacionales, junto con las capacidades de gestión de los territorios.

<sup>17</sup> La conformación de las mesas técnicas, el intercambio de información con entidades sectoriales y el desarrollo de talleres obtener consenso en algunos temas técnicos, permitieron obtener una mejor calidad y volumen de información en comparación con el primer inventario nacional; porque la participación de gremios e instituciones gubernamentales fue determinante para decidir frente a la información y definición de conceptos técnicos.

En la misma línea, se requiere información cartográfica local, sobre los impactos del cambio climático, así como orientaciones nacionales, entre otros aspectos para: 1) Que los municipios puedan ajustar su ordenamiento territorial y preparar sus Comités Locales y Regionales para la Prevención y Atención de Desastres; 2) Que las Corporaciones Autónomas Regionales puedan ordenar el territorio, el manejo de cuencas y el acceso y uso de los bienes y servicios ambientales; 3) Que los Parques Naturales ajusten su ordenamiento y tomen medidas de adaptación que beneficien a la biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas, en concordancia con los bienes y servicios ambientales que prestan; y 4) para que los sectores productivos y las comunidades estén preparados y puedan orientar y adaptar sus actividades.

### **7.3.2 Necesidades financieras**

Una vez se logren los acuerdos del alto gobierno, se encuentra procedente que la generación de la información, su análisis y divulgación de manera abierta y expedita se realice con y a través del Ideam; siempre y cuando las diferentes entidades ambientales, sectores productivos, centro de investigación y demás Ministerios se orienten en los mismos propósitos para avanzar en la adaptación. Todo ello será posible con los recursos financieros y técnicos necesarios para asegurar el logro de los objetivos del plan para la adaptación al cambio climático.

## **7.4 OTRAS NECESIDADES**

Dada la complejidad ecosistémica, económica y cultural, además de la extensión y el riesgo para los involucrados, se encuentra necesario diseñar e implementar de manera coordinada con las personas afectadas, los diferentes proyectos. Tales proyectos a implementar requieren de la exigencia de conocimientos, inversiones y procesos en lo técnico y social que desbordan la capacidad de la mayoría de las instituciones y condiciones técnicas existentes en el país.

Se debe tener en cuenta que los proyectos deben enfocarse en objetivos de adaptación sostenibles a largo plazo, partiendo de los resultados iniciales, los ajustes durante el proceso y las holguras determinadas en función de modelos que reduzcan los márgenes de incertidumbre.



## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y CONVENCIONES

ACCEFYN	Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales	CIU	Clasificación Internacional Industrial Uniforme
ACCI	Agencia Colombiana de Cooperación Internacional	CIURE	Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía
Acolgen	Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica	CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (sigla en inglés: UNFCCC)
ACPM	Aceite Combustible para Motores	CN	Comunicación Nacional
ANDI	Asociación Nacional de Industriales	CO	Monóxido de carbono
Asocaña	Asociación de Cultivadores de Caña de Colombia	CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Asocars	Asociación Colombiana de Corporaciones Autónomas Regionales	CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de carbono en unidades equivalentes
BEN	Balance Energético Nacional	Conpes	Consejo Nacional de Política Económica y Social
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	COP	Conferencia de las partes de la CMNUCC (por sus siglas en inglés)
BPA	Buenas Prácticas Agrícolas	Cormacarena	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial “La Macarena”
CAF	Corporación Andina de Fomento	Corpocesar	Corporación Autónoma Regional del Cesar
CAIT	Herramienta de Análisis de Indicadores de Clima (siglas en inglés)	Corpoguajira	Corporación Autónoma Regional de La Guajira
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (Autoridad Ambiental Regional)	Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Carder	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	Corpamag	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
Cardique	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique	Corporinoquia	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia
Carsucre	Corporación Autónoma Regional de Sucre	COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano
CCI	Corporación Colombiana Internacional	CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
CCO	Comisión Colombiana del Océano	Cred	Centro de investigación sobre la epidemiología de los desastres (sigla en inglés)
CDI	Curvas de Diferencias Integrales	CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
CDB	Convención de Diversidad Biológica	Crepid	Comité regional de prevención y atención de desastres
Cenicafé	Centro Nacional de Investigaciones de Café	CTIMCC	Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe		
CER	Certificados de Reducción de Emisiones		
CH <sub>4</sub>	Metano		
CI	Conservación Internacional		
CIE	Cuarto Informe de Evaluación		
CIF	Certificado de Incentivo Forestal		

Dagma	Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente	IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Dane	Departamento Administrativo Nacional de Estadística	IIAP	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico
Dian	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales	INAP	Proyecto Nacional Piloto de Adaptación
Dimar	Dirección General Marítima	INGEI	Inventario de Gases de Efecto Invernadero
DNP	Departamento Nacional de Planeación	Invermar	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras
DPAD	Dirección de Prevención y Atención de Desastres	Ingeominas	Instituto Colombiano de Geología y Minería
DPAE	Dirección de Prevención y Atención de Emergencias	INS	Instituto Nacional de Salud
EAAB	Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (Serv. Pub.)	IOS	Índice de la Oscilación del Sur
Ecopetrol S.A	Empresa Colombiana de Petróleos S.A	IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria	IPSE	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas
ENSO	El Niño-Oscilación del Sur	IVA	Impuesto al Valor Agregado
EPM	Empresas Públicas de Medellín	kha	Kilohectárea = 1.000 toneladas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (siglas en inglés: UN Food and Agricultural Organization)	kha/año	Kilohectárea por año
FDP	Función de Distribución de Probabilidad	km	Kilómetro
Fedearroz	Federación nacional de arroceros de Colombia	km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
Fedecafé	Federación Nacional de cafeteros	km <sup>3</sup>	Kilómetro cúbico
Fedegan	Federación Colombiana de Ganaderos	km/h	Kilómetro por hora
Fedepalma	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite	km <sup>3</sup> /año	Kilómetro cúbico por año
Fedepapa	Federación Colombiana de Productores de Papa	kPa	Kilopascales
Fenalco	Federación Nacional de Comerciantes	l/s/m <sup>2</sup>	Litro por segundo por metro cuadrado
FNCE	Fuentes No convencionales de Energía	l/s/km <sup>2</sup>	Litro por segundo por kilómetro cuadrado
FOMIN	Fondo Multilateral de Inversiones	LFC	Lámparas Fluorescentes Compactas
Fonade	Fondo financiero de proyectos de desarrollo	MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
GEI	Gases de Efecto Invernadero	MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Gg	Gigagramo = 10 <sup>9</sup> gramos = 1.000 toneladas	MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
Gg/año	Gigagramo por año	MEN	Ministerio de Educación Nacional
GLP	Gas Licuado de Petróleo	mm	Milímetro
GMCC	Grupo de Mitigación de Cambio Climático	mm/año	Milímetro por año
GNV	Gas Natural Vehicular	m <sup>3</sup> /año	Metro cúbico por año
GTZ	Agencia de cooperación técnica alemana	MME	Ministerio de Minas y Energía
Gt	Gigatoneladas	mph	Milla por hora
ha	Hectárea	MRE	Ministerio de Relaciones Exteriores
ha/año	Hectárea por año	msnm	Metros sobre el nivel del mar
HFC's	Hidrofluorocarbonos	Mt	Megatonelada
IaVH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt	MT	Ministerio de Transporte
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MW	Megawatio
		NHC	National Hurricane Center
		N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
		NOx	Óxidos de nitrógeno
		NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
		ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
		OIT	Organización Internacional del Trabajo
		OMJ	Ondas Madden-Julian
		OMM	Organización Meteorológica Mundial

OMS	Organización Mundial de la Salud	SITM	Sistema Integrado de Transporte Masivo
ONI	Índice Oceánico de El Niño	SNIES	Sistema Nacional de Información de Educación Superior
ONG	Organización No Gubernamental	SNPAD	Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres
OPS	Organización Panamericana de la Salud	SNU	Sistemas de las Naciones Unidas
OSSO	Observatorio sismológico y geofísico del suroccidente de Colombia	SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
PC	Programa Conjunto	SOx	Óxidos de azufre
PCF	Fondo Prototipo de Carbono	SSP	Sistemas Silvopastoriles
PCG	Potencial de Calentamiento Global	SSPD	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
PCN	Primera Comunicación Nacional	t	Tonelada
PEASA	Plan Estratégico Ambiental del Sector Agropecuario	t/año	Tonelada por año
PEGC	Plan Estratégico de la Ganadería Colombia	t/ha/año	Tonelada por hectárea por año
PEN	Plan Energético Nacional	Tcal	Teracalorías
PFC's	Perfluorocarbonos	Tg	Teragramo = 10 <sup>12</sup> gramos
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos	TSM	Temperatura Superficial del Mar
PIB	Producto Interno Bruto	UAE-SPNN	Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales
PK	Protocolo de Kyoto	UNAL	Universidad Nacional de Colombia
PND	Plan Nacional de Desarrollo	UNEP	Naciones Unidas para el Medio Ambiente (siglas en inglés)
PNN AFIW	Parque Nacional Natural Alto Fragua Indiwasi	Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (siglas en inglés)
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	Unicef	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
POT	Planes de Ordenamiento Territorial	URE	Uso Racional de la Energía
Ppmv	Partes por millón en volumen	USCUSS	Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
PPP	Paridad del Poder Adquisitivo (siglas en inglés)	USD	Dólar de los Estados Unidos (siglas en inglés)
PRAES	Proyectos Ambientales Escolares	UPME	Unidad de Planeación Minero Energética del Ministerio de Minas y Energía
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía	VAI	Valor Agregado Industrial
SAO	Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono	VIS	Variabilidad Intraestacional
SAC	Sociedad de agricultores de Colombia	WGMS	Servicio Mundial de Monitoreo de Glaciares (siglas en inglés)
SCN	Segunda Comunicación Nacional	WRI	Instituto de los Recursos Mundiales (siglas en inglés)
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente	WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza (sigla en inglés)
SDAS	Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible	ZCIT	Zona de Confluencia Intertropical
SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre	ZNI	Zonas no Interconectadas
SGIE	Sistemas de Gestión Integral de la Energía		
SIGOB	Sistema de Gestión y Seguimiento a las Metas del Gobierno		
SIN	Sistema Interconectado Nacional		
SINA	Sistema Nacional Ambiental		
SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas		
SINCHI	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas		



A photograph of a rural street with a dirt road, a white building, and lush greenery. The scene is captured in a slightly hazy, warm light, suggesting a sunny day. The dirt road is the central focus, leading towards a white building with a porch. To the left, there are large green plants, possibly corn or similar crops. The overall atmosphere is peaceful and rural.

# CAPÍTULO UNO

## CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

---

**AUTORES**

**MAURICIO CABRERA LEAL**

**MARTHA DUARTE ORTEGA**

**PEDRO SIMÓN LAMPREA QUIROGA**

**RICARDO JOSÉ LOZANO PICÒN**

**GIAMPIERO RENZONI**



## Colaboradores

### IDEAM

Henry Antonio Alterio, Iván Fernando Ángel, Juan Mauricio Bedoya, Edersson Cabrera, Helio Carillo, Jennifer Dorado Delgado, María Claudia García, Martha García H., Juanita González L., Omar Jaramillo Rodríguez, David Lissa, Gladys Moreno, Eduardo Ojeda, María Fernanda Ordoñez, Andrea Piñeros P., Lina Sánchez M.

### DNP - Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible

Ana María Loboguerrero, Andrés Ricardo Morales, Daniel Alejandro Ordóñez, Juan Fernando Plazas, Santiago Saavedra, Luisa Paola Salazar, Oscar Mauricio Santos

### Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Diana Carolina Useche, Lorena Franco, Hernando García, Carlos A. Lasso

### Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales

Carolina Figueroa, Gisela Paredes Leguizamón, Carlos Mario Tamayo

### Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

David Builes, Ángela Cecilia López R., Pilar Lozano R., Paula Sierra

## Coordinación y supervisión

Mauricio Cabrera L.  
Martha Duarte O.  
María Margarita Gutiérrez A.  
Ricardo José Lozano P.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	81
<b>1.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y POLÍTICOS</b> .....	81
1.1.1 Localización .....	81
1.1.2 División política y administrativa del país .....	83
1.1.3 Marco legal y organización institucional ambiental .....	83
<b>1.2 OFERTA AMBIENTAL</b> .....	87
1.2.1. Fisiografía .....	87
1.2.2. Clima .....	88
1.2.3. Características hídricas .....	89
1.2.4. Características edáficas .....	93
1.2.5. Ecosistemas .....	94
<b>1.3 CARACTERÍSTICAS SOCIALES</b> .....	101
1.3.1 Población .....	101
1.3.2 Educación .....	103
1.3.3 Calidad de vida .....	105
1.3.4 Salud pública .....	107
<b>1.4 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS</b> .....	107
1.4.1 Producto interno bruto .....	107
1.4.2 Análisis sectorial .....	109
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	113

	Página
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	
Tabla 1.1 Valores de escorrentía y rendimiento para Colombia por regiones hidrográficas .....	91
Tabla 1.2 Distribución de la vocación de uso de las tierras en Colombia, 2002 .....	93
Tabla 1.3 Grandes biomas y biomas continentales .....	95
Tabla 1.4 Área actual de los glaciares en Colombia .....	98
Tabla 1.5 Evolución glaciar en Colombia por décadas. ....	99
Tabla 1.6 Posgrados en Colombia, América Latina y el Caribe 2005 - 2006 .....	104
Tabla 1.7 Número de programas de posgrado por nivel de formación entre 2002 y 2008 .....	104
Tabla 1.8 Participación de los distintos tipos de actividades en el valor agregado industrial (VAI) y empleo industrial (EI) .....	109
Tabla 1.9 Generación de residuos sólidos ordinarios .....	112
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	
Figura 1.1 Localización general y regiones geográficas .....	82
Figura 1.2 Marco institucional nacional relacionado con el cambio climático .....	86
Figura 1.3 Volumen de agua en áreas hidrográficas representativas, Km <sup>3</sup> .....	90
Figura 1.4 Esorrentía media anual multianual de Colombia Escenario de año medio .....	92
Figura 1.5 Porcentaje población de Colombia, año 2005 .....	103
Figura 1.6 Áreas colectivas de Colombia .....	103
Figura 1.7 Tasa de analfabetismo total nacional, cabecera y resto .....	104
Figura 1.8 Años de educación de las personas .....	104
Figura 1.9 Acceso a energía, acueducto y alcantarillado .....	105
Figura 1.10 Distribución porcentual de computador, Tv a color, Tv por suscripción e Internet .....	106
Figura 1.11 Distribución porcentual de bienes que posee el hogar .....	106
Figura 1.12 Pobreza, indigencia y Gini .....	107
Figura 1.13 Participación sectorial en el PIB 1970 .....	108
Figura 1.14 Participación sectorial en el PIB 2003 .....	108
Figura 1.15 Producto interno bruto total y por habitante a precios constantes de 1994 .....	108
Figura 1.16 Participación de las ramas de la actividad económica en el PIB 2000-2005 .....	111
<b>CONTENIDO DE CUADROS</b>	
Cuadro 1.1 Clima, tiempo atmosférico y factores climáticos .....	89
Cuadro 1.2 La salinización de los suelos .....	94
Cuadro 1.3 Aspectos de la desertificación .....	94
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 1.1 Portada Capítulo 1. Calle de Barichara (Santander), Mario G. González G. 1999 .....	75

Ítem	Descripción	Detalle
1	Nombre oficial:	República de Colombia
2	Idioma oficial:	Español
3	Coordenadas:	- Norte: 12°26'46" de latitud norte - Sur: 4°13'30" de latitud sur - Oriente: 66°50'54" de longitud al oeste de Greenwich - Occidente: 79°02'33" de longitud al oeste de Greenwich
4	Moneda:	Peso colombiano (COP)
5	Capital:	Bogotá D.C.
6	Población total (2007)	43.926.034 <sup>1</sup>
7	Alfabetismo (2005):	90,4%
8	Crecimiento poblacional (2007):	1,2%
9	Porcentaje de personas que viven con al menos una necesidad básica insatisfecha (año 2005):	27,7%
10	Porcentaje de personas que viven con dos o más necesidades básicas insatisfechas (año 2005):	10.6%
11	Tasa de desempleo (octubre 2009)	11.5%
12	PIB total (año 2007) en millones de pesos de 1994	100.777.524 <sup>2</sup>
13	Variación del PIB total (año 2006 a 2007)	7,52%
14	PIB <i>per cápita</i> (año 2007 en pesos de 1994)	2.120.701 <sup>2</sup>
15	Variación del PIB <i>per cápita</i> (año 2006 a 2007)	5,82%

**Fuente de los ítems:**

1 y 2: Constitución Política de Colombia, 1991.

3: Igac, 1992.

4 al 11: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

12 al 15: Banco de la República.

1 Proyección  
2 Cifra provisional





## INTRODUCCIÓN

Colombia es un país reconocido por la variedad de ecosistemas y su biodiversidad, siendo el primer país con especies de aves y anfibios; además con mayor variedad en fauna en el planeta. Posee también una importante reserva hídrica, variedad de suelos, importantes zonas boscosas, diversidad orográfica y presencia de tres cordilleras, además de la sierra nevada de santa marta que corresponde a la mayor elevación en el mundo próxima al mar.

A esta oferta natural, se suma la población del país, donde se destacan las diferentes comunidades indígenas que hacen parte del gran acervo de riquezas culturales, quienes por su saber ancestral y su relación con el entrono, promueven el mutuo beneficio con el medio ambiente. En Colombia además del español, se identifican 64 lenguas con estructuras lingüísticas y gramaticales distintas que hablan 87 etnias indígenas, que representan un 3,4% de la población.

El país se ha caracterizado por contar con políticas ambientales e iniciativas de conservación, que incluyen desde la sociedad civil hasta la alta gestión pública, fortalecidas por la Constitución Política, donde se establece la obligación del Estado de proteger las riquezas naturales de la Nación<sup>3</sup>.

La existencia de las características naturales excepcionales y complejas descritas, plantean para el Estado Colombiano un gran esfuerzo para su adecuado manejo debido a la alta complejidad y representatividad ecosistémica, en donde el desarrollo de los sectores productivos y de la intervención antrópica en sus diferentes expresiones en estos ecosistemas, actúan como agentes y factores transformadores decisivos para el delicado equilibrio tanto para la sociedad como para la naturaleza.

En este capítulo de Circunstancias Nacionales se hace una breve descripción de las características ambientales, sociales y económicas del país, lo cual permite plantear un contexto sobre el que se presentan las interacciones asociadas al cambio climático.

### 1.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS Y POLÍTICOS

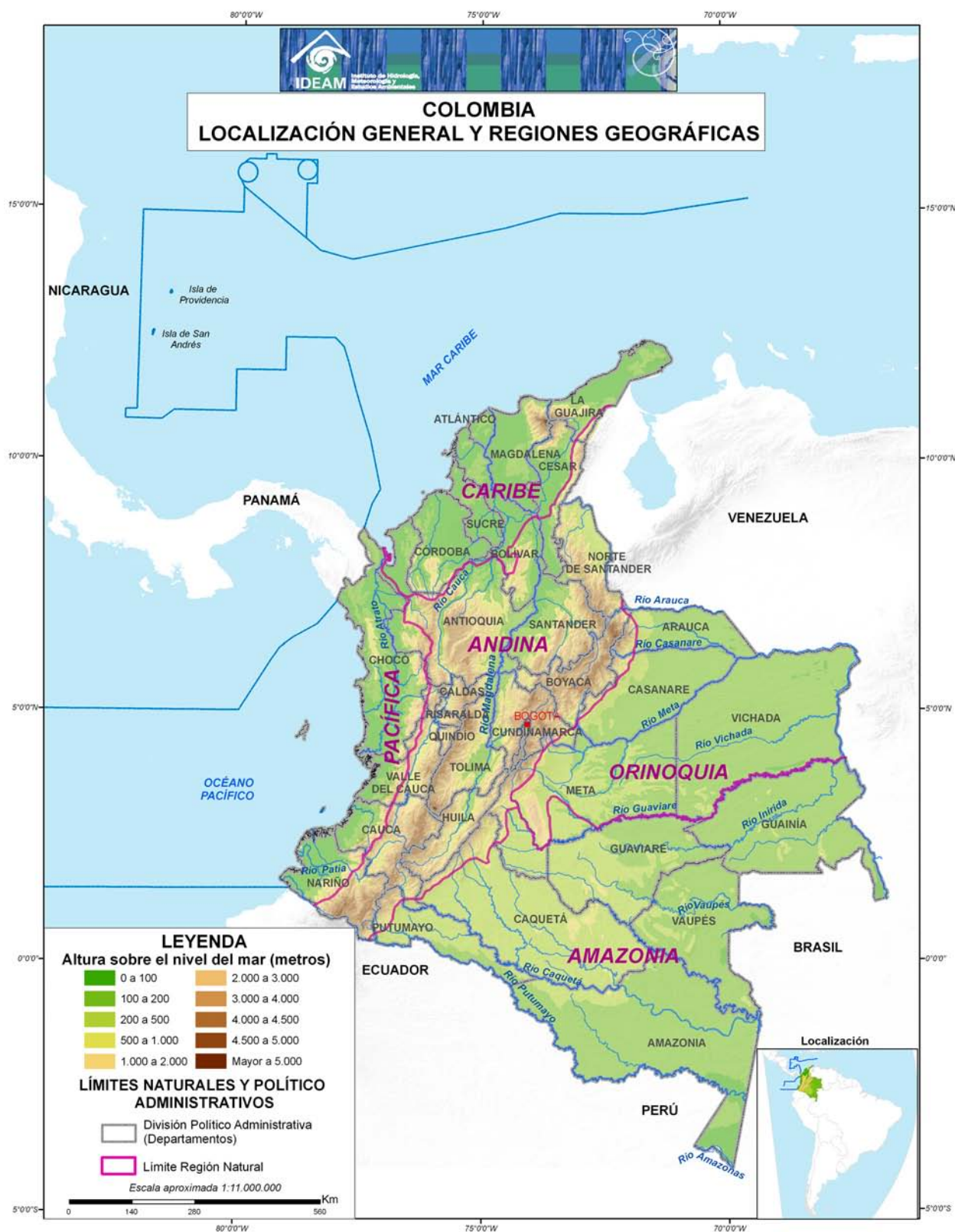
#### 1.1.1 Localización

Colombia tiene un área total de 2.070.408 km<sup>2</sup>, de la cual, 1.141.748 km<sup>2</sup> corresponden al área continental y 928.660 km<sup>2</sup> a la superficie marítima. Las zonas insulares comprenden un conjunto de islas y cayos en el mar Caribe (archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina), así como numerosos cayos, islotes y bajos en el océano Pacífico (islas de Malpelo y Gorgona). La zona marina en el océano Pacífico es de 339.300 km<sup>2</sup> y en el mar Caribe de 589.360 km<sup>2</sup>. Con esta área Colombia es el cuarto país más grande de Suramérica, séptimo en América y 25 en el mundo y es el único de Suramérica con zonas marinas en el Pacífico y en el mar Caribe (Igac, 2003).

El territorio continental de Colombia llega hasta los 12°26'46" de latitud norte en el sitio de Punta Gallinas en la península de la Guajira, que también constituye el extremo septentrional de Suramérica. El extremo sur llega hasta los 4°13'30" de latitud sur, en el sitio donde la quebrada San Antonio vierte sus aguas al río Amazonas. El extremo oriental se localiza a los 66°50'54" de longitud al oeste de Greenwich, sobre la isla de San José en el río Negro. Por el occidente se llega hasta los 79°02'33" de longitud al oeste de Greenwich, que corresponde al cabo manglares en la desembocadura del río Mira en el océano Pacífico (Igac, 1992). En la Figura 1.1 se muestra la distribución espacial de las regiones con sus respectivos departamentos.

<sup>3</sup> Artículo 8° (República de Colombia, 1991).

Figura 1.1 Localización general y regiones geográficas



Fuente: Los autores a partir de Igac, 1987.

El territorio marino colombiano comprende el archipiélago de San Andrés y Providencia, diseminado en el mar Caribe entre los 12° y 16°30' de latitud norte, 78° y 82' de longitud al oeste de Greenwich, cuyas islas principales corresponden a San Andrés, Providencia y Santa Catalina. En el océano Pacífico, a los 3°58' de latitud norte y 81°35' de longitud occidental, se encuentra la isla Malpelo; más próximas a la zona costera se encuentran las islas de Gorgona y Gorgonilla, localizadas frente a la costa de Nariño y Cauca (Igac, 1992).

El área continental se divide en cinco grandes regiones naturales denominadas: Andina, Caribe, Pacífica, Orinoquia y Amazonia, y se cuenta además con las áreas marinas e insulares descritas en el Atlántico y en el Pacífico. Cada una de las regiones del país se subdivide en subregiones, las cuales poseen características propias en cuanto a la estructura económica, social y cultural, así como en la variedad de climas, ecosistemas y especies (Romero *et al.*, 2008).

### 1.1.2 División política y administrativa del país

Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista, fundada en el respeto de la dignidad humana, el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran<sup>4</sup> y se encuentra dividido políticamente en 32 departamentos que se subdividen en 1.101 municipios (Igac, 2003). Su capital es Bogotá Distrito Capital, siendo la ciudad del país con mayor población, además de ser el centro político, administrativo, financiero, comercial e industrial más importante del país.

### 1.1.3 Marco legal y organización institucional ambiental

La Constitución Política de Colombia de 1991 estableció una serie de preceptos ambientales como el Artículo 2° que determina la obligación del Estado y de los particulares en proteger las riquezas culturales y naturales de la nación; el Artículo 58 que establece la primacía del interés general sobre particular y la función social y ecológica de la propiedad; y los Artículos 79 y 80 que establecen el derecho colectivo a un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental.

Adicionalmente, la Constitución en su Artículo 333 que las actividades económicas y las iniciativas privadas son libres, dentro de los límites del bien común, y para su ejercicio nadie podrá exigir permisos previos ni requisitos, sin autorización de la ley, consagrando que la ley delimitará el alcance de las actividades antes citadas, cuando así lo exijan el interés social, el ambiente y el patrimonio cultural de la Nación. En el Artículo 334 se dispone que la dirección general de la economía está a cargo del Estado quien intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano.

Con base en los preceptos mencionados se expidió la Ley 99 de 1993 a través de la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente, se reorganizó el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organizó el Sistema Nacional Ambiental -SINA.

El Artículo 4° de la Ley 99/93, determinó que el SINA es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios generales ambientales contenidos en ella, así:

- Los principios y orientaciones generales contenidos en la Constitución Política, en la Ley 99 de 1993 y en la normatividad ambiental que la desarrolle.
- La normatividad específica actual que no hubiere sido derogada por la Ley 99 de 1993 y la que se desarrolle según ésta.
- Las entidades del Estado responsables de la política y de la acción ambiental, señaladas en la ley.
- Las organizaciones comunitarias y no gubernamentales relacionadas con la problemática ambiental.
- Las fuentes y recursos económicos para el manejo y la recuperación del medio ambiente.
- Las entidades públicas, privadas o mixtas que realizan actividades de producción de información, investigación científica y desarrollo.

4 Artículo 1° (Constitución Política de la República de Colombia, 1991).



De acuerdo con lo establecido en la Ley 99 de 1993 y posteriormente reglamentado en el Decreto 1600 de julio 27 de 1994, las entidades integrantes del SINA son: el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT); el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -Ideam- como el instituto de investigación ambiental adscrito al Ministerio; como entidades vinculadas se tienen el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andreis" -INVEMAR-, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" -IAvH-, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas "SINCHI" y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico "John von Neumann" -IIAP-; las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR)<sup>5</sup>; los departamentos, distritos o municipios y las organizaciones no gubernamentales (ONG).

La coordinación del SINA de Colombia está a cargo del Ideam, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 2º del Decreto 1600 de 1994, desarrollando, entre otras, las siguientes actividades: realización de estudios e investigaciones para definir criterios y proponer modelos y variables para el estudio del cambio ambiental global y de las alteraciones particulares del medio ambiente en Colombia; entrega de la información ambiental disponible a las entidades pertenecientes al SINA, al sector productivo y a la sociedad; garantizar, tanto la disponibilidad y la calidad de la información ambiental que se requiera para el logro del desarrollo sostenible del país, como la prestación de servicios básicos de información a los usuarios y el desarrollo de programas de divulgación.

### 1.1.3.1 Normativa y gestión relacionadas con cambio climático

Colombia mediante la expedición de la Ley 164 de 1994, aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - CMNUCC-, con el propósito de adelantar acciones para abordar la problemática del cambio climático. La ratificación de este instrumento implica el cumplimiento por parte de Colombia de los compromisos adquiridos, de acuerdo con el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y en consideración al carácter específico de sus prioridades nacionales de desarrollo.

En el año 2000, Colombia aprobó el Protocolo de Kyoto mediante la Ley 629, y en ese mismo año el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT) elaboró el "Estudio de Estrategia Nacional para la Implementación de los Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)", para evaluar el potencial del país frente al nuevo mercado, identificar las restricciones y desarrollar estrategias para superarlas, así como para promover los beneficios potenciales que representaba su implementación.

En el año 2001 el Ideam coordinó la elaboración de la Primera Comunicación Nacional de Colombia -PCN- ante la CMNUCC, en la que se elaboró el primer inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero que consideró las emisiones de los años 1990 y 1994, se identificaron los ecosistemas más susceptibles al cambio climático y se plantearon las primeras medidas de adaptación para el país.

Posteriormente, en el año 2002, el Ministerio del Medio Ambiente y el Departamento Nacional de Planeación -DNP-, elaboraron los Lineamientos de Política de Cambio Climático a nivel global, que establecieron las principales estrategias para la mitigación y adaptación al fenómeno en el marco de la CMNUCC, del Protocolo de Kyoto y de la Comunicación Nacional. En este mismo año en el Ministerio del Medio Ambiente creó la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático designada para ser el ente promotor e impulsador de todos los proyectos MDL que surgieran en Colombia, favoreciendo la consolidación de proyectos competitivos y eficientemente económicos que pudieran ser transados en el mercado mundial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el año 2003, el -DNP- y el MAVDT publicaron el documento Conpes 3242 "Estrategia Institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático", el cual complementó el trabajo ya adelantado y generó los lineamientos esenciales para la introducción de los Mecanismos de Desarrollo Limpio dentro de las medidas de mitigación en el contexto nacional.

En 2004, mediante el Decreto 291 se designó al Ideam como la entidad encargada de coordinar la elaboración de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC.

En este mismo año, el MAVDT expidió las Resoluciones 0453 y 0454, la primera de las cuales tiene por objetivo adoptar principios, requisitos y criterios y establecer el procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al MDL y se designó al MAVDT, como la autoridad nacional para el MDL.

Mediante la segunda Resolución 0454 de 27 de abril de 2004, se creó del Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental, el cual fue posteriormente derogado y ajustado por la Resolución 552 de 2009. Entre las funciones del Consejo Nacional Ambiental están las de designar comités técnicos intersectoriales

en los que participen funcionarios de nivel técnico de las entidades que correspondan, para adelantar tareas de coordinación y seguimiento. Actualmente, se realiza el proceso de formulación y definición de la Política de Cambio Climático Nacional mediante la formulación de un documento Conpes (Ideam, s.f.a).

El Ideam cuenta con las Subdirecciones de Hidrología, Meteorología, Ecosistemas e información ambiental y Estudios Ambientales, además de una red nacional de estaciones que generan información climática e hidrológica. La Subdirección de Meteorología recopila la información meteorológica de Colombia y elabora los escenarios futuros de cambio climático para el país, la subdirección de hidrología analiza el recurso hídrico nacional y es el encargado de elaborar el Estudio Nacional del Agua además de analizar el ciclo del agua relacionado con el cambio climático; la subdirección de Ecosistemas es la dependencia encargada de elaborar los inventarios de bosques del país y elaborar el mapa de ecosistemas de Colombia además de adelantar el monitoreo del ciclo del carbono.

Por su parte la Subdirección de Estudios Ambientales recopila y analiza la información generada por las demás dependencias y entidades ambientales, la interrelación ambiental con los sectores productivos y elabora los documentos de estado de los recursos naturales de Colombia. Además, cuenta con el Grupo de Cambio Global que tiene a su cargo la coordinación general de la elaboración de las comunicaciones nacionales, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y coordina los proyectos de adaptación en el país.

En los institutos Invenmar, IAvH, IIAP y SINCHI la investigación ambiental relacionada con cambio climático ha venido ganando relevancia y se cuenta en la actualidad con investigadores y proyectos relacionados. También se tiene al Instituto Nacional de Salud -INS-, la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales -UAESPNN- y algunas autoridades ambientales regionales que contribuyen a desarrollar proyectos de adaptación al cambio climático.

El Invenmar en el marco de un proyecto de adaptación está desarrollando diferentes actividades en el tema de cambio climático como son: el monitoreo de variables relacionadas con dicho tema en arrecifes coralinos; la instalación de bases meteoceanográficas en Johnny Cay (San Andrés Islas) y Parque Nacional Natural Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo; y el desarrollo de los Lineamientos para un Plan de Manejo de arrecifes coralinos del Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte.

Por su parte el IAvH está desarrollando diferentes proyectos en relación al cambio climático y la biodiversidad, como es el caso de: la distribución de las aves ante escenarios de cambio climático, basado en los modelos de distribuciones potenciales actuales y proyectadas (en escenarios A2 y B2 de emisiones de gases efecto invernadero para el 2050 y 2080); las turberas Andinas en el contexto de cambios ambientales globales con el fin de conocer las tasas de acumulación de carbono de estas, las concentraciones de nutrientes que acumulan y su influencia en la hidrología local; y el estudio de las relaciones entre la dinámica del uso del suelo y la climatología regional, como una evidencia de cambio climático en la región de los Andes.

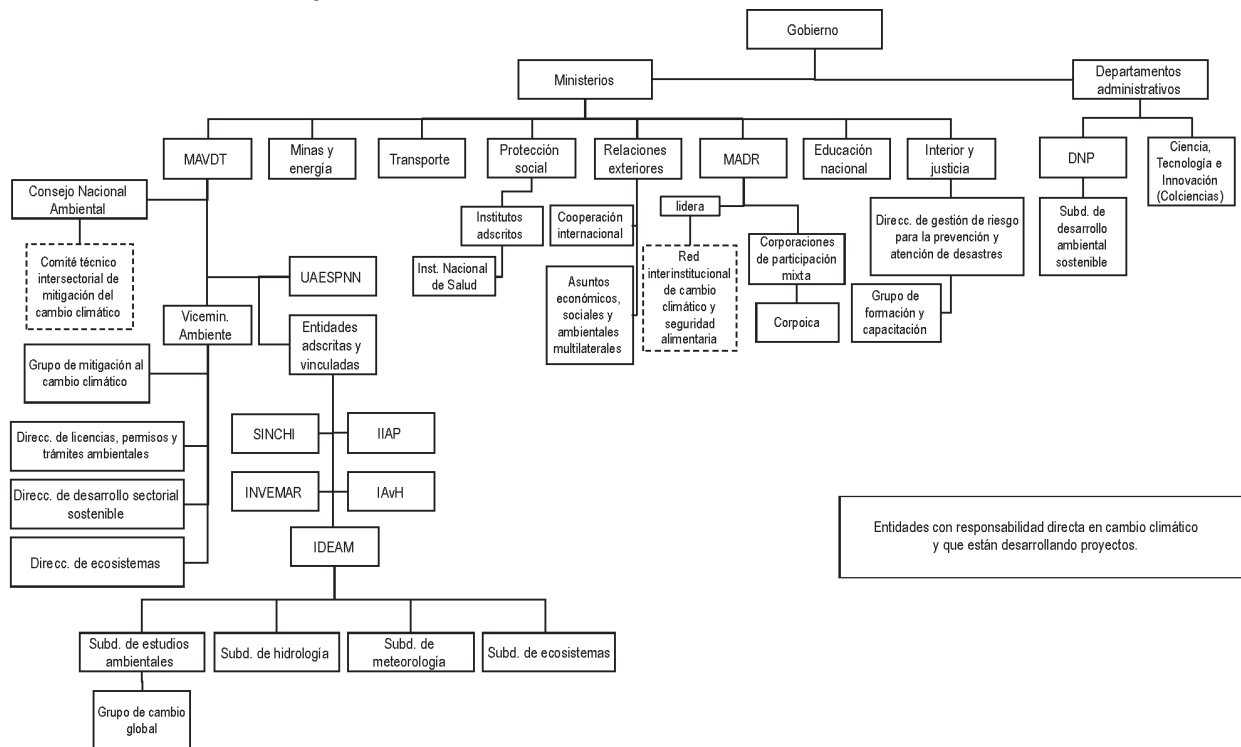
El IIAP dentro de su plan institucional de investigación contempla un programa relacionado directamente con el tema del cambio climático, dirigido a la gestión de riesgos y amenazas por fenómenos naturales y antrópicos en el chocó Biogeográfico. Este programa tiene como objetivo entender los fenómenos naturales, especialmente los asociados a factores climáticos y procesos de cambio climático, y el desarrollo de actividades orientadas a la producción de bienes y servicios que ocasionan riesgos sobre los asentamientos humanos y sobre los componentes de la biodiversidad.

Por otra parte, actualmente la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales -UAESPNN- está diseñando una estrategia de cambio climático para las áreas y para el Sistema de Parques Nacionales Naturales que permita fortalecer medidas específicas de adaptación y de mitigación al cambio climático dentro de las líneas de acción de los planes de manejo.

Como se observa en la Figura 1.2 el cambio climático ha permeado diferentes entidades del gobierno nacional, encontrándose oficinas especializadas en el tema en entidades como la Dirección de Gestión del Riesgo en el Ministerio de Interior y de Justicia, la Red Interinstitucional de Cambio Climático y Seguridad Alimentaria liderada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR-, la Dirección de Asuntos Económicos, Sociales y Ambientales Multilaterales del Ministerio de Relaciones Exteriores, además de las directamente asociadas al MAVDT, destacándose el Grupo de Mitigación al Cambio Climático del Viceministerio de Ambiente y el Comité Técnico Intersectorial de Mitigación al Cambio Climático. Resalta igualmente la Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible -SDAS- del DNP quien tiene a su cargo la consolidación del CONPES relacionado con cambio climático.

Adicionalmente, instituciones como la Universidad Nacional de Colombia, la Secretaría Distrital de Ambiente -SDA-, las gobernaciones de Cundinamarca, Cauca y San Andrés, y algunas corporaciones regionales como Coralina, la Corporación Autónoma Regional del Cauca -CRC-, Corporación Autónoma Regional de Risaralda -Carder- y, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR-; están apoyando y desarrollando proyectos de investigación relacionados con el tema de cambio climático (Figura 1.2).

Figura 1.2 Marco institucional nacional relacionado con el cambio climático



Fuente: Los autores, 2009.

### 1.1.3.2 Proceso de preparación de la SCN

Con base en la experiencia en la elaboración de la -PCN- y de su respectivo inventario nacional de gases de efecto invernadero, se adelantó la preparación de la Segunda Comunicación Nacional (SCN), coordinada por el Ideam.

El inventario nacional de GEI para la SCN se realizó partiendo de mesas técnicas de trabajo interinstitucionales para cada uno de los módulos: energía; procesos industriales; agricultura; uso de la tierra; cambio en el uso de la tierra y silvicultura; y residuos. El proceso del inventario con las entidades en cada una de las mesas, metodología, alcances y estructura se describen en el capítulo 2 de la presente comunicación.

El capítulo de mitigación compiló la información de los diferentes proyectos de MDL en el país con la participación activa de la Oficina de Mitigación de Cambio Climático del MAVDT, además de las normas, políticas, programas y proyectos en desarrollo en las diferentes entidades nacionales, como los ministerios de Minas y Energía, de Agricultura y Desarrollo Rural, entre otros, así como en institutos o grupos de investigación de universidades, que estuvieran desarrollando proyectos en el tema.

Con respecto a la vulnerabilidad y adaptación, se convocó a diferentes expertos de variadas disciplinas, entidades, universidades y consultores, con el fin de compilar información y analizar y evaluar las relaciones y efectos que se pueden derivar del cambio climático sobre los diferentes recursos naturales y sectores productivos.

Paralelo a lo anterior, se incorporaron los avances obtenidos de las iniciativas de adaptación de dos proyectos pilotos que actualmente se ejecutan, el Proyecto Nacional Piloto de Adaptación (INAP por sus siglas en inglés) y el Programa Conjunto "Integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático en el Macizo Colombiano"<sup>6</sup>. Además del proyecto Holandés "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, insular y pacífico) y medidas para su adaptación".

El presente documento se realizó con el concurso de expertos en los temas relacionados con el cambio climático de los institutos de investigación adscritos y vinculados al MAVDT, universidades, corporaciones de investigación, consultores y comunidad científica relacionada con este tema.

Al interior del Ideam, a través de las diferentes subdirecciones, se generó, estructuró y analizó la información necesaria para el documento y la compilación la hizo el grupo de Cambio Global de la Subdirección de Estudios Ambientales.

## 1.2 OFERTA AMBIENTAL

El país se localiza en la franja ecuatorial por lo que está bajo la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). Éste es un factor determinante en la distribución espacio-temporal de la precipitación, de la nubosidad y de otras variables climatológicas en Colombia. La localización al noroccidente de Suramérica propicia, igualmente, la influencia de los procesos que ocurren en los océanos Atlántico Tropical, el Mar Caribe y el Pacífico Tropical (Ideam & UNAL, 2005).

### 1.2.1 Fisiografía

La características fisiográficas del país son diversas y complejas destacándose la cordillera de Los Andes que en el sur de Colombia se divide en tres grandes unidades -Cordillera Occidental, Central y Oriental- con génesis, edades y litologías propias, y están separadas por los valles longitudinales de los ríos Cauca y Magdalena; la dirección predominante de las cordilleras es en sentido Sur - Norte con una leve vergencia hacia el este en la cordillera oriental y hacia el oeste en la cordillera occidental. Las alturas máximas en estas unidades están entre los 4700 y los 5400 msnm.

La cordillera Occidental es la menos elevada y limita al oeste con la llanura del pacífico; al este limita con el valle del río Cauca. La cordillera Central está conformada por una serie de volcanes alineados en su eje que le dan a esta unidad las alturas más conspicuas de este sistema montañoso en el país; está limitada por los ríos Cauca al oeste y Magdalena al este. La cordillera Oriental por su parte está limitada por el río Magdalena al oeste y por las llanuras del Orinoco y Amazonas al oriente - sus alturas llegan hasta los 5380 msnm en la Sierra Nevada del Cocuy.

Al norte se localiza la región Atlántica o Caribe formada por una serie de serranías bajas, relieve colinado bajo y por extensas llanuras aluviales, destacándose la del río Magdalena en donde se encuentran los mayores complejos de humedales del país como la depresión Momposina y la Mojana. En esta región se destaca la Sierra Nevada de Santa Marta que corresponde a un macizo montañoso aislado de las cordilleras, en donde se encuentran las mayores alturas del país que corresponden a los picos Colón y Bolívar de 5780 y 5775 msnm respectivamente. Al norte de la Sierra se encuentra la península de la Guajira que corresponde a la parte más septentrional del país conformada por una serie de colinas bajas de origen marino, llanuras extensas y, en el extremo norte, un relieve más destacado con alturas de hasta 864 msnm en la serranía de Macuira.

En el oriente de Colombia, del borde oriental de la cordillera oriental hasta el límite con Venezuela y Brasil se encuentran dos grandes ecoregiones que drenan a las cuencas de los ríos Orinoco al norte y Amazonas al sur. La primera región corresponde a una extensa zona predominantemente plana, conformada por las llanuras del río Meta y otros afluentes del río Orinoco y antiguas altillanuras. En la cuenca del río Amazonas se presenta un relieve colinado bajo, amplias llanuras de ríos que drenan al río Amazonas entre las que se destacan la del Caquetá, Putumayo, Apaporis, entre otros, y se encuentran algunas serranías de forma aterrazada como la Serranía de Chiribiquete que se destacan alrededor de 200 m sobre la llanura amazónica. En el extremo oriental del país hacia los límites con Venezuela y Brasil se encuentran algunos cerros aislados tipo inselbergs de rocas ígneas que han sido meteorizados y erodados.

Como última ecoregión que tiene características morfológicas y fisiográficas destacables se encuentra la región pacífica que limita al este con la cordillera occidental y al oeste con el océano pacífico; esta región presenta un relieve bajo y está conformado en su gran mayoría por amplios valles aluviales, zonas inundables, manglares, colinas bajas y algunas zonas montañosas como la Serranía del Baudó.

El archipiélago de San Andrés y Providencia presenta características particulares definidas por su posición geográfica, como son su origen calcáreo y volcánico y diferentes ambientes marinos y terrestres. La isla de San Andrés presenta una planicie litoral conformada por una plataforma emergida hasta los 10 m de altura, que rodea un relieve de colinas suaves. El ancho de esta plataforma varía de un sitio a otro; es así como al norte de la isla tiene hasta 600 m mientras que en la parte sur alcanza 1.5 km aproximadamente; el sector oriental es estrecho y cenagoso y el occidental es más quebrado y los terrenos planos se reducen al valle del Cove (INVEMAR, 2003).

La costa del Pacífico se divide en dos regiones fisiográficamente diferentes: La zona norte, entre Panamá y cabo Corrientes, de aproximadamente 375 km de longitud, está constituida por costas altas muy accidentadas, de acantilados sobre rocas terciarias de la serranía del Baudó que alcanzan hasta 100 m de altura a poca distancia de la costa, en tanto que hacia el sur de cabo Corrientes hasta el límite con el Ecuador, la costa es baja, aluvial, con planos inundables cubiertos por manglares y sólo interrumpidos por pequeños tramos de acantilados en las bahías de Málaga, Buenaventura y Tumaco.



## 1.2.2 Clima

El clima de Colombia está determinado por la posición del país en la zona tropical y por otros aspectos geográficos y atmosféricos como precipitación, intensidad de radiación solar, temperatura, sistemas de vientos, altitud, continentalidad y humedad atmosférica. Estos factores desarrollan un amplio mosaico de climas y microclimas en Colombia que van desde los más calurosos en las costas y llanuras hasta lo más frío en los picos de las montañas de la Cordillera de los Andes y la Sierra Nevada de Santa Marta.

A continuación, se presenta de manera resumida una descripción de la precipitación y la temperatura en el país y en el capítulo 4 se detallarán los principales fenómenos asociados al cambio climático.

### 1.2.2.1 Precipitación

La zona de confluencia intertropical (ZCIT) está definida como una estrecha banda zonal de vigorosa convección que se manifiesta por el desarrollo de cúmulos y señala la convergencia entre el aire de los hemisferios norte y sur. En la ZCIT los vientos Alisios del noreste, originados como un flujo alrededor de la alta del Atlántico Norte, se reúnen con los vientos Alisios del sureste, formados como un flujo alrededor de las altas del Pacífico Sur y Atlántico Sur. El flujo proveniente de la alta del Pacífico Sur rutinariamente cruza el Ecuador y se recurva hacia el Oriente, en tales casos se conocen como los suroestes u oestes ecuatoriales, tal como se aprecia frecuentemente sobre la costa pacífica colombiana. La penetración de este aire depende de la época del año y de la localización de la alta del Pacífico Sur. Debido al flujo convergente, la ZCIT es una zona de máxima nubosidad y lluvia (Ideam, 2005).

Teniendo en cuenta el diagnóstico elaborado para la Política Nacional del Recurso Hídrico (MAVDT, 2010) con base en estimaciones del Ideam *et al.* (2004), en promedio en Colombia la precipitación media anual es de 3.000 mm con una evapotranspiración real de 1.180 mm y una escorrentía media anual de 1.830 mm.

Las menores lluvias, teniendo en cuenta los promedios, se presentan en la alta Guajira, con totales anuales de 500 mm o menos. Los núcleos máximos se registran en la región Pacífica con valores de más de 10.000 mm al año.

La región Caribe presenta lluvias con 500 y 2.000 mm con un gradiente muy definido en dirección sur. La región Andina posee una gran complejidad pluviométrica, con lluvias relativamente escasas (menos de 2.000 mm) a lo largo de la cordillera oriental y en los valles del Alto Magdalena y Alto Cauca, además de núcleos máximos de 3.000 a 5.000 mm en la zona media de los valles de los ríos Magdalena y Cauca.

En la Orinoquia generalmente predominan las lluvias de 2.000 a 3.000 mm anuales en la parte central, mientras en el piedemonte pueden observarse registros hasta de 6.000 mm, incrementándose tales valores en algunas cuencas hacia las partes medias de la cordillera. En el extremo norte de Arauca se registra un comportamiento diferente, con lluvias menores a 1.500 mm.

Por su parte, la mayor proporción de la Amazonia recibe lluvias de entre 3.000 y 4.500 mm por año mientras que la región Pacífica se ubica entre los 3.000 y 12.000 mm anuales (Ideam *et al.*, 2004).

En San Andrés la precipitación anual es de alrededor de 2000 mm por año con los mayores valores de alrededor de 300 mm/año en los meses de octubre y noviembre y meses más secos en febrero y marzo.

### 1.2.2.2 Temperatura

En vista de que gran parte del territorio continental son zonas bajas (llanuras del Caribe, la Orinoquia, Amazonia y la costa Pacífica), las temperaturas medias anuales que están por encima de 24°C cubren cerca de 70% del área total del país.

La variación de la temperatura en la medida que se avanza con la altura en la región montañosa tiene un promedio de 5,53°C cada kilómetro (Eslava, 1994), sin embargo, este descenso no es homogéneo en todo el territorio colombiano; en el Pacífico es de 4,62 °C/km, encontrándose variaciones en la región Andina del 6,13 °C/km y un poco mayor en la región Caribe, particularmente en La Guajira (Ideam & UNAL, 2005).

En la región Caribe, los mayores valores de la temperatura media del aire están entre 28 °C y 32 °C, los cuales se presentan en la alta y media Guajira, centro de los departamentos del Cesar y Bolívar, y en el sur de los departamentos del Magdalena, Atlántico y Sucre. En el resto de la región, exceptuando la Sierra Nevada de Santa Marta, las temperaturas medias oscilan entre 24 y 28 °C.

La región Andina, además del gradiente mencionado, se particulariza por presentar los altiplanos localizados en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño, la zona montañosa del centro de Antioquia, Cauca y el viejo Caldas, con rangos del 12 a 16 °C. En las áreas con presencia de nevados y regiones de páramos, se presentan valores mínimos inferiores a 4 °C.

En el norte y centro de la región Pacífica, partes bajas de los departamentos de Chocó y Valle, se registran temperaturas medias anuales entre 24 y 28 °C. En los litorales de Nariño y Cauca, las temperaturas medias se ubican entre 20 y 24 °C.

Debido a la homogeneidad del relieve conformado por sabanas cubiertas de pastos y bosques de galería en la región de la Orinoquia, los valores medios oscilan entre 24 y 28 °C. El piedemonte muestra una mayor variedad y complejidad con valores oscilando dentro de los 18 y 20 °C debido a las condiciones fisiográficas.

La región Amazónica presenta un régimen térmico regulado principalmente por su gran cobertura boscosa, con valores que oscilan entre 24 y 28 °C. El comportamiento de la temperatura en el piedemonte está controlado por la presencia de la vertiente oriental de la cordillera oriental y los vientos alisios del sudeste.

Para ampliar la comprensión de algunos conceptos claves, puede verse el Cuadro 1.1, del clima, tiempo atmosférico y factores climáticos.

Cuadro 1.1 Clima, tiempo atmosférico y factores climáticos

Es importante establecer las diferencias entre tiempo y clima. El tiempo se refiere específicamente a la determinación del comportamiento y evolución de los procesos que gobiernan la atmósfera en las horas subsiguientes (12, 24, 48 y 72 horas). El tiempo es la manifestación de la dinámica de la atmósfera en un lugar y momento determinados. Por su parte, el clima está más relacionado con el concepto de permanencia y los procesos atmosféricos alrededor de sus valores promedio, los cuales son producto de la evaluación de observaciones de largos periodos de tiempo, generalmente no inferiores a 30 años, conocidos como Normales Climatológicas. También se define como el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinada o en el planeta entero, durante un periodo de tiempo relativamente largo. Para describir el clima se recurre al uso de diversas técnicas y herramientas matemáticas y estadísticas, como por ejemplo: uso de valores medios, extremos, análisis de frecuencias dentro de diferentes intervalos de tiempo y valor de los elementos meteorológicos que llevan asociados.

La meteorología deriva su nombre de las palabras griegas meteoros, alto y elevado y logos, tratado. Comprende el estudio del tiempo y el clima, ocupándose del estado físico, dinámico y químico de la atmósfera, así como de las interacciones mutuas entre la atmósfera y la superficie terrestre en el ámbito ya mencionado.

Debido a que el clima se relaciona generalmente con las condiciones predominantes en la atmósfera, éste se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura, humedad relativa, nubosidad, vientos, radiación, presión atmosférica y la precipitación, denominados elementos climáticos. El clima de una localidad está determinado igualmente por factores como: latitud geográfica, posición relativa con respecto a los continentes y océanos, situación con respecto a las estructuras de circulación general a gran escala, altura sobre el nivel del mar y características geográficas locales.

A través de la historia, se han presentado fluctuaciones del clima en escalas de tiempo que van desde años (variabilidad climática interanual) a milenios (cambios climáticos globales). Estas variaciones se han originado por cambios en la forma de interacción entre los diferentes componentes del sistema climático y en los factores forzantes.

Fuente: Adaptado de Ideam (s.f.b) y Alemany (1986).

### 1.2.3 Características hídricas

La riqueza hídrica colombiana está representada por la extensa red fluvial superficial (ambientes lóticos), las favorables condiciones de almacenamiento de aguas subterráneas y la existencia de grandes extensiones de humedales (cuerpos lénticos) que están distribuidos en buena parte de la superficie.

Según el Ideam *et al.* (2004), en el panorama mundial se han registrado 900 mm de lluvia promedio anual, la cual genera una escorrentía de 47.000 km<sup>3</sup>/año, equivalente a un rendimiento de 10 l/s/m<sup>2</sup>; sin embargo, esta cantidad se ve insuficiente para atender la creciente población mundial con sus necesidades alimentarias. En Latinoamérica, los valores de precipitación anual están en el orden de los 1.600 mm, generando una escorrentía de 11.668 km<sup>3</sup> anuales (21 l/s/km<sup>2</sup>), condición que es muy variable dado que se encuentran desde regiones como el desierto de Atacama en Chile catalogada como la región más seca del mundo, hasta zonas con las más altas precipitaciones en el mundo como la que se encuentra en el departamento del Chocó en Colombia con valores mayores a 12.000 mm/año<sup>7</sup>.

7 Dicha cifra en Lloró, Chocó, corresponde a la más alta en América, y de las más lluviosas del mundo (Eslava, 1994).

### 1.2.3.1 Cambios en las principales cuencas

A través del tiempo el recurso hídrico experimenta variaciones alrededor de su valor promedio. Estas variaciones pueden quedar reflejadas en la magnitud del coeficiente de variación de las series de tiempo de los caudales, cuyos valores pueden ser transformados para mejorar los análisis.

Una pendiente negativa es el reflejo de un periodo de baja humedad, mientras que una positiva indica la presencia de un intervalo de alta humedad (Druzhini *et al.*, 1996 citado por Ideam *et al.*, 2004). De esa forma, el análisis de las curvas de diferencias integrales (CDI) para el río Magdalena presenta fases alternadas de alta y baja humedad con una duración cercana entre los 7 y 11 años. Por su parte, la CDI del río Cauca muestra que esta cuenca se mantuvo en un largo intervalo de baja humedad hasta el año 1994, periodo desde el cual se mantuvo en ascenso según los análisis adelantados hasta 2004 (Ideam *et al.* 2004).

En el sector oriental del país, con base en los registros del río Meta, no se observa tendencia evidente al descenso o ascenso de caudales, sin embargo, las características de las fases de alta y baja humedad tienen una duración aproximada entre 5 y 9 años; presentándose en las fases de alta humedad desde 1985 hasta 1992 (Ideam *et al.* 2004).

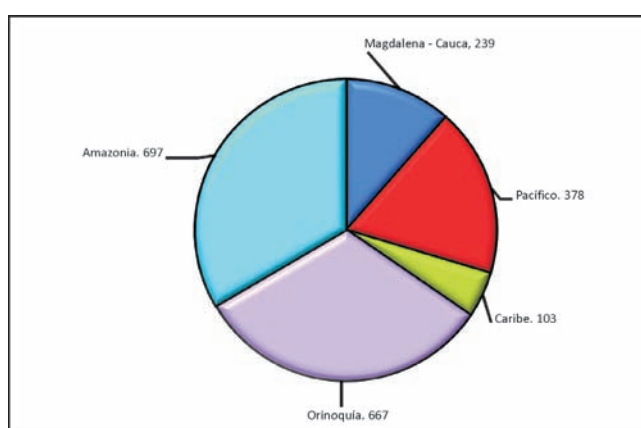
Las cuencas del río Atrato y San Juan presentan un régimen de caudales bastante coincidentes. Para ambas cuencas es evidente una fase de baja humedad con duración de 12 a 16 años. Esta fase culminó en las postrimerías de 1988 para la cuenca del río Atrato y en 1990 para la cuenca del río San Juan. Hacia el año 2004, estas cuencas se encontraban en la fase de alta humedad con un periodo transcurrido de 10 a 14 años para el río Atrato y 8 a 12 años para el río San Juan (Ideam *et al.*, 2004).

### 1.2.3.2 Oferta y disponibilidad

Por su localización geográfica, orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia es uno de los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo, sin embargo la distribución de la población y las actividades socioeconómicas se localizan en regiones con baja oferta hídrica en donde existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas naturales y en donde es cada vez mayor la demanda hídrica de los sectores productivos por lo que la disponibilidad del recurso es cada vez menor. Tomando en cuenta lo anterior, se tiene como ejemplo las cuencas donde los rendimientos hídricos son menores comparativamente, como son Magdalena, Cauca y la del Caribe.

Teniendo en cuenta lo mencionado sobre la precipitación, evapotranspiración y escorrentía promedio anual para Colombia (3.000 mm, 1.180 mm y 1.830 mm respectivamente), del volumen de precipitación anual 61% se convierte en escorrentía superficial generando un caudal medio de 67.000 m<sup>3</sup>/seg, equivalente a un volumen anual, de 2.084 km<sup>3</sup> que escurren por las cinco grandes regiones hidrológicas que caracterizan el territorio nacional continental, de la siguiente forma: 11% en la región Magdalena - Cauca; 5% en la región del Caribe; 18% para la región del Pacífico; 34% por la región de la Amazonia; y 32% por la región de la Orinoquia (Ideam *et al.* 2004). (Figura 1.3).

Figura 1.3 Volumen de agua en áreas hidrográficas representativas, Km<sup>3</sup>



Fuente: IDEAM *et al.*, 2004.

#### • Aguas Superficiales

Estimaciones realizadas por el IDEAM en sus diferentes publicaciones<sup>8</sup>, registran que la escorrentía superficial per cápita total del país es de 57.000 m<sup>3</sup> anuales por habitante. En cuanto a la oferta neta, se alcanza apenas los 1.260 km<sup>3</sup>, que corresponden a una disponibilidad de 34.000 m<sup>3</sup> por habitante al año. Esta oferta neta considera las reducciones por alteración de la calidad y por regulación natural. Considerando condiciones de año seco, esta disponibilidad se reduce a 26.700 m<sup>3</sup> al año por persona.

La abundancia hídrica colombiana puede ser cuantificada mediante valores de escorrentía y rendimientos (Tabla 1.1) y se manifiesta mediante una densa red fluvial superficial (con una oferta de 2.084 Km<sup>3</sup> de escorrentía anual que equivale a un caudal de 67.000 m<sup>3</sup>/s) que dependiendo de determinadas condiciones es favorable para el almacenamiento de aguas subterráneas. Adicionalmente se han estimado 38 Km<sup>3</sup> almacenados en ciénagas, lagunas, lagos y embalses. (IDEAM, SIAC, 2001).

Tabla 1.1 Valores de escorrentía y rendimiento para Colombia por regiones hidrográficas

Región Hidrológica	Corriente	Escorrentía (mm)	Rendimiento (l/s*km <sup>2</sup> )	Región Hidrológica	Corriente	Escorrentía (mm)	Rendimiento (l/s*km <sup>2</sup> )
Andina	Magdalena	854	27	Caribe	Ranchería	300	10
	Páez	1.180	37		Sinú	1.010	32
	Saldaña	1.170	37		Atrato	3.350	106
	Bogotá	320	10	Orinoquía	Catatumbo	1.550	49
	La Miel	2.900	92		Zulia	890	28
	Carare	1.480	47		Arauca	3.020	96
	Sogamoso	890	28		Meta	1.520	48
	Lebrija	950	30		Guaviare	1.720	55
	Cauca	1.684	53	Amazonia	Vichada	1.540	49
	La Vieja	1.220	39		Caquetá	2.420	77
	Palo	770	24		Orteguaza	3.110	99
	Risaralda	1.170	37		Caguán	2.350	75
	San Juan	1.100	35		Yarí	1.850	59
	Taraza	3.570	113		Apaporis	2.270	72
	Otún	1.160	37		Pacífico	Putumayo	2.700
Nechí	1.830	58	San Juan	4.550		144	
			San Juan de Micay	5.320		169	
			Patía	2.110		67	

Fuente: IDEAM et al., 2004.

La riqueza hídrica colombiana también se manifiesta en la favorable condición de almacenamiento superficial, representada por la existencia de cuerpos de agua lénticos, distribuidos en buena parte de la superficie total y por la gran extensión de ecosistemas de humedales. Del volumen total, 1,81% de la escorrentía anual se almacena superficial y temporalmente de la siguiente manera: 0,47% en pantanos, 1,30% en lagos naturales y, 0,04% en los páramos, constituyéndose en la oferta de almacenamiento ambiental que bajo ciertas condiciones racionales es utilizada, bien para otros usos productivos o para el funcionamiento de los sistemas naturales. (IDEAM, SIAC, 2001).

En Colombia la oferta natural no se distribuye homogéneamente entre regiones debido a la alta variabilidad espacial y temporal; dicho contraste se evidencia en la distribución de la escorrentía promedio anual para las diferentes regiones (Figura 1.4). De esta manera es claro el contraste entre la región Pacífica donde la escorrentía oscila entre los 2.000 mm hasta los 6.000 mm al año; mientras que para la región Caribe se presentan valores que van desde menos de 100 mm hasta los 1.500 mm/año.

Haciendo un breve análisis por regiones de la variabilidad espacial de la escorrentía en el país tenemos:

- La Región Magdalena – Cauca se caracteriza por presentar valores de escorrentía media de 1.000 mm/año. Se destaca en esta región la Sabana de Bogotá pues presenta una baja oferta hídrica que oscila entre 400 y 700 mm/año, en la cual está Bogotá D.C. y en donde se presenta la mayor presión antrópica del país. De otro lado el medio y bajo Magdalena alcanzan valores medios de escorrentía de 1.100 mm y 450 mm, respectivamente. El alto Cauca presenta valores medios de escorrentía de 1.000 mm/año, el medio Cauca alcanza 1.500 mm y el bajo Cauca en su desembocadura en el río Magdalena llega a los 1.700 mm. Los rendimientos hídricos en la cuenca varían entre 10 y 92 lt/seg/km<sup>2</sup>, comparativamente bajos frente a los estimados en las demás regiones del País.
- La región de Caribe se caracteriza por la heterogeneidad en su relieve, allí se encuentra la Sierra Nevada de Santa Marta con valores de escorrentía de 1.000 mm; la planicie de la Guajira en contraste presenta valores que van desde los 25 mm (en la media y alta Guajira) hasta 200 mm en el piedemonte de la Sierra Nevada. Al sur, en la cuenca hidrográfica del Catatumbo se reconocen valores de escorrentía que oscilan entre 750 mm para la parte alta de la cuenca y 2.700 mm en la parte media de ésta.
- La región de la Orinoquia representada por las cuencas altas de los ríos Arauca y Casanare registran escorrentías medias en la parte alta de 4.400 mm mientras que en la sabana Araucana desciende a los 1.400 mm, en la zona central (sabanas de los Llanos Orientales y cuenca altas de los ríos Meta y Guaviare) alcanza valores entre los 2.200 mm y 2400 mm y en las laderas de la cordillera Oriental presenta valores entre 1.400 mm y 1.700 mm.
- La región Amazónica abarca las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo, Vaupés y Guainía. La escorrentía media en la zona de piedemonte oscila entre los 3.000 y 4.200 mm, mientras que en el área selvática presenta 1.500 y 3.000 mm/año; en las zonas fronterizas de del oriente colombiano fluctúa entre 1.700 y 1.900 mm.

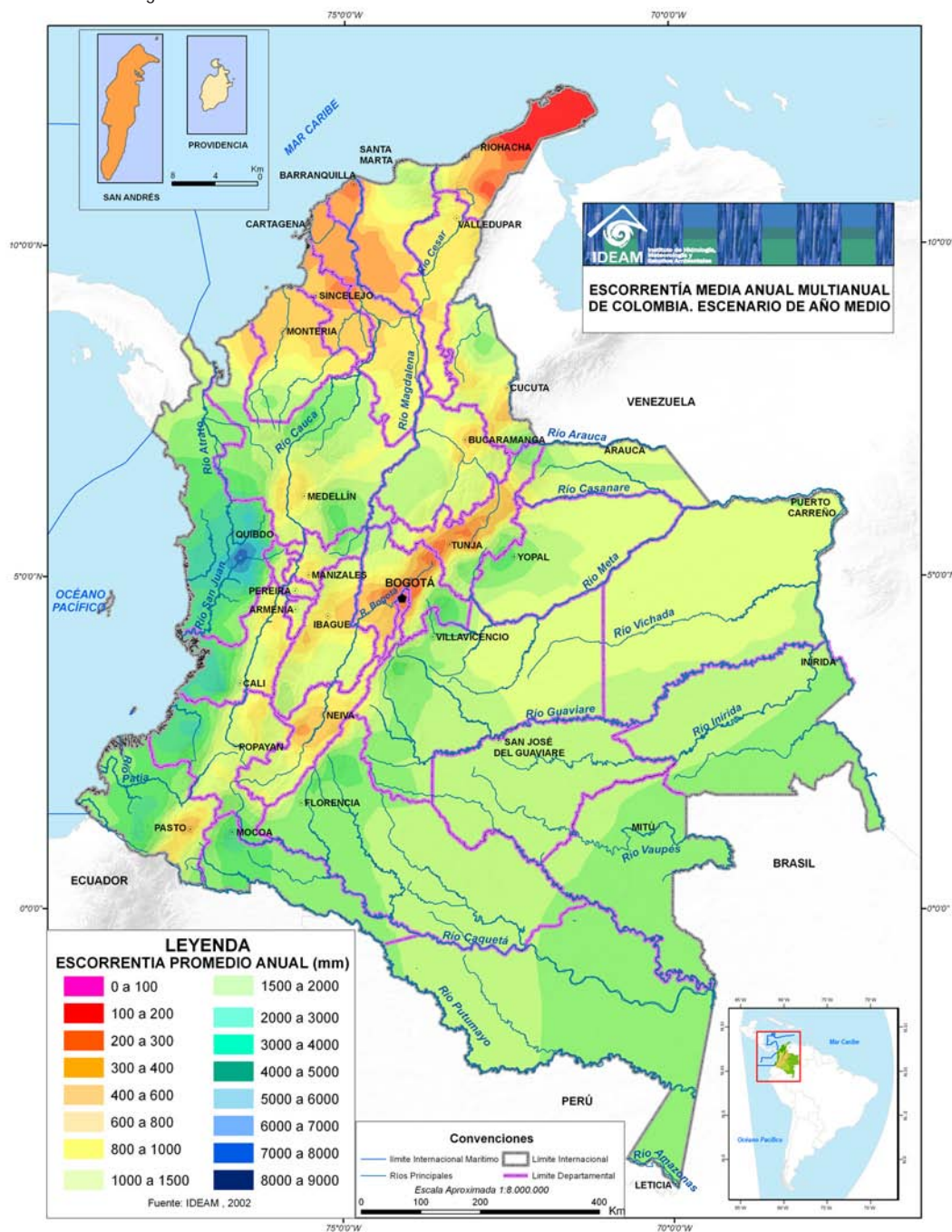


- La Región del Pacífico, conformada principalmente por las cuencas de los ríos: Patía, San Juan, Micay, Baudó y Atrato, donde la escorrentía varía entre los 3.000 y 5.200 mm/año. El río Patía que presenta en la parte alta 1.100 mm y en la baja 2.500 mm.

De lo anterior se tiene que para la alta y baja Guajira, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y Sabana de Bogotá, las condiciones de escorrentía son las más desfavorables, en contraste con las regiones de la Orinoquía, Amazonia y la mayor parte del Pacífico que presentan condiciones favorables de escorrentía.

De otro lado, es necesario destacar que la distribución heterogénea de la oferta de agua, de la población y de las actividades económicas en las diferentes regiones del país, hace que la relación oferta-demanda sea menos favorable en aquellas zonas donde son menores los rendimientos hídricos y mayores las concentraciones de demanda. Esta situación unida a que más del 80% de los asentamientos urbanos de los municipios se abastecen de fuentes muy pequeñas, de alta vulnerabilidad como: arroyos, quebradas, riachuelos, etc., sin sistemas de almacenamiento, hacen que una buena parte de la población y su abastecimiento de agua sea altamente vulnerable (Ideam, 2002).

Figura 1.4 Escorrentía media anual multianual de Colombia Escenario de año medio



- Aguas Subterráneas

Los estudios hidrogeológicos realizados por Ingeominas y el Ideam, entidades encargadas de la investigación, planeamiento, manejo y aprovechamiento de las aguas subterráneas (Mapa Hidrogeológico de Colombia de 1986, Atlas Hidrogeológico de 2004 y otros documentos) estiman preliminarmente que el área total del país con posibilidades de contener almacenamientos de aguas subterráneas es de una extensión de 415.000 km<sup>2</sup> (36% del área del país) que equivale a 70 veces el total de aguas superficiales del territorio, de la cual se ha estudiado algo más de 15%<sup>9</sup>.

Asimismo, algunas de estas fuentes subterráneas, especialmente las que se encuentran cerca de zonas urbanas, presentan diferentes impactos antrópicos en su calidad y cantidad, lo cual se debe entre otras cosas al manejo inadecuado de los residuos tanto residenciales como industriales, a la precaria infraestructura sanitaria, al uso de agroquímicos y a la minería. El conocimiento y adecuado tratamiento del recurso hídrico es fundamental para hacer frente a sequías y otros fenómenos climáticos extremos que puedan estar asociados al cambio climático y que se puedan incrementar en el futuro.

#### 1.2.4. Características edáficas

De acuerdo con los resultados del estudio de zonificación agroecológica de Colombia elaborado por el Igac y Corpoica en el año 2002, se determinó la vocación de uso actual de las tierras mediante la evaluación de las zonas agroecológicas; la mayor proporción de las tierras con vocación agrícola del país se localizan en las regiones Andina y Caribe, seguidas por las existentes en las depresiones interandina y la Orinoquia, donde predominan las áreas apropiadas para los cultivos transitorios y permanentes bajo sistemas de producción intensivos y extensivos, además de los sistemas silvoagrícolas<sup>10</sup>.

Las tierras con vocación ganadera, incluidas las de usos silvopastoriles<sup>11</sup>, se encuentran en las regiones de la Orinoquia, Caribe, Andina y las depresiones interandinas. Los terrenos recomendados para usos agrosilvopastoriles (vocación agroforestal) se ubican en las regiones de la Amazonia y la Orinoquia, seguidas por la región Andina. Las áreas con vocación forestal, para usos forestales de protección-producción, se encuentran en todas las regiones naturales, en particular en las regiones Andina y Amazónica. Las zonas destinadas para la conservación incluyen en su gran mayoría áreas apropiadas para usos forestales de protección para la conservación y recuperación de los recursos hídricos e hidrobiológicos. En la Tabla 1.2 se resumen los resultados de la zonificación de la vocación de uso de las tierras.

Tabla 1.2 Distribución de la vocación de uso de las tierras en Colombia, 2002

Vocación de uso (*)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Tierras con vocación agrícola	21.493.538	18,9
Tierras con vocación ganadera	14.223.774	12,5
Tierras con vocación agroforestal	6.908.398	6,1
Tierras con vocación forestal	21.591.025	19,0
Tierras para conservación	49.652.300	43,5
<b>Total</b>	<b>113.869.035</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Igac & Corpoica, 2002

Nota: (\*) Este total no incorpora el 0,08% de las tierras con construcciones en zonas urbanas (87.230 ha)

Los resultados del estudio mencionado, determinan que Colombia cuenta dentro de los límites de la actual frontera agrícola con suficiente extensión de tierras apropiadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias y forestales, no siendo necesaria la expansión de tales áreas hacia tierras marginales y más aún hacia aquellas cuyas características ecológicas son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas ambientales. Es decir, el mayor esfuerzo se debe orientar en una verdadera y efectiva planificación y ordenamiento del territorio (Ideam *et al.*, 2004).

##### 1.2.4.1 Degradación de suelos

A partir de la evaluación cualitativa de la erosión (Pérez, 2001), se determinó que las cuencas que presentan mayor degradación por erosión hídrica con pérdidas de suelo mayores de 25 t/ha/año son: alta y baja Guajira, río Cesar, norte de la Sierra Nevada, río Catatumbo, alto y bajo Patía, río Micay, medio Cauca, río Sogamoso, alto Meta, alto y medio Magdalena. La pérdida de suelo estimada fue de 429 millones de t/ha/año. Dicho estudio tomó como modelo

<sup>9</sup> Con respecto a los recursos y reservas del Atlas Hidrogeológico de Colombia, escala 1:500.000, estima recursos de 4,3 km<sup>3</sup>/año y reservas pasivas correspondientes a 3.118 Km<sup>3</sup>, correspondientes a algunos acuíferos, ya que la mayoría no presenta dicha información.

<sup>10</sup> Referidos como la asociación entre cultivos y árboles

<sup>11</sup> Corresponden a la asociación árboles con sistemas de pasturas.

la ecuación universal de pérdida del suelo; la erosividad fue estimada a través de los índices de Fournier. Las coberturas vegetales fueron obtenidas de imágenes Landsat del año 1998 y calificadas de acuerdo con la protección del suelo por su follaje.

En el estudio de susceptibilidad de los suelos a la erosión (Ideam, 2001), se identificó 48% de la superficie susceptible a este proceso.

Por su parte, estudios sobre erosión realizados por Gómez (2001 citado por Ideam *et al.*, 2004), establecen que el 35% del territorio nacional presenta algún grado de erosión hídrica, con más de 4.300.000 ha erosionadas en forma severa y muy severa, y 12.916.000 ha, en grado moderado de erosión.

- Degradación por salinización

Con base en el modelo de susceptibilidad a la salinización (Ideam *et al.*, 2004), el 90% del área continental, o sea 1.012.048 km<sup>2</sup>, presenta baja o nula degradación por este proceso, mientras que el 5% de los suelos presentan susceptibilidad a procesos de salinización y sodización; de éstos, el 56% presentan alta susceptibilidad y el restante (44%) es moderada. Véase Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2 La salinización de los suelos

La salinización se define como la concentración de sales solubles del suelo que interfieren de manera negativa en el crecimiento de las plantas y degradan el suelo. El proceso se manifiesta con la presencia en el suelo de altas concentraciones de sales solubles como cloruros, bicarbonatos, sulfatos, carbonatos, sodio y magnesio intercambiables dominando el complejo catiónico.

El diagnóstico de la susceptibilidad de los suelos a la degradación por salinización se presenta según el modelo propuesto por el Ideam, el cual incluye variables intrínsecas relacionadas con la litología y formaciones superficiales, en especial de materiales de origen clástico y químico con altos contenidos de bases, intrusiones marítimas, fluctuaciones de niveles freáticos y, finalmente, las derivadas de las variables intrínsecas como el clima y el uso actual de las tierras relacionadas con alta utilización de riego y su relación con otros procesos de degradación como la desertificación.

Fuente: Ideam *et al.*, 2004.

- Degradación por desertificación

En relación con la degradación de suelo por desertificación, en Colombia existen 245.342 km<sup>2</sup> en zonas secas (áridas, semiáridas y subhúmedas secas), es decir, aproximadamente 22% del país. El área afectada por algún grado de desertificación tiene un cubrimiento de 193.510 km<sup>2</sup>, los cuales corresponden a 17% del territorio nacional. Véase el Cuadro 1.3 sobre los aspectos de la desertificación.

Tal panorama requiere atención tanto por la importancia del ecosistema en sí como por la superficie que se puede ver comprometida por los efectos del cambio climático. Al respecto, el 79% de las zonas secas presenta algún nivel de degradación derivado del proceso de erosión y salinización. Asimismo, es importante resaltar que de ellas, 56% presenta niveles de degradación altos a muy altos, originados por procesos asociados como la erosión, salinización, compactación y la pérdida de materia orgánica, entre otros procesos.

En la región Caribe se localiza 42% de las zonas con desertificación donde los lomeríos y las sabanas son las más afectadas, con 77% del área con una alta intensidad del proceso; le sigue la llanura inundable del Caribe con 16%. Posteriormente, se encuentra la región de la Orinoquia la cual se encuentra con 32% en proceso de desertificación, sobre 96,5% en el área de la altillanura, seguido del piedemonte, con 3%. La región Andina se encuentra afectada en 24%, donde la media y baja montaña contienen 49%, seguidas por los valles intramontanos del Magdalena y Cauca. La Amazonia expone 1%, donde la plataforma es el sistema más afectado por extensión e intensidad de dicho proceso. En el capítulo de Vulnerabilidad se retoma el análisis e interrelación con otras variables.

Cuadro 1.3 Aspectos de la desertificación

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (1994), define el proceso como la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Las causas de la desertificación están asociadas con el clima, la pobreza, el uso de tecnologías no adecuadas y la escasez de alimentos entre otras.

Para la determinación de las zonas secas del país se consideraron indicadores climáticos como el índice de aridez de la Unesco (1997), donde la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,02 y 0,75; indicadores bióticos como las coberturas vegetales xerofíticas e indicadores edáficos como los suelos con deficiencia de humedad (ústicos y arídicos).

Fuente: Tomado de las referencias citadas.

## 1.2.5. Ecosistemas

De acuerdo con el mapa oficial de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam *et al.*, 2007), el territorio está constituido por tres grandes biomas: Gran Bioma del Desierto Tropical, en el departamento de la Guajira; Gran Bioma del Bosque Seco Tropical, en la región Caribe, alto Magdalena y Valle del Cauca; y el Gran Bioma

del Bosque Húmedo Tropical, que abarca el resto del territorio nacional continental. Cada uno de estos posee sus respectivos tipos de biomas, ya sea zonobioma, orobioma o pedobioma. Dentro de los tres grandes biomas y los 32 tipos de biomas identificados, se presentan 311 ecosistemas continentales y costeros. En la tabla 1.3 se relacionan los grandes biomas y biomas definidos.

Tabla 1.3 Grandes biomas y biomas continentales

Gran bioma	Bioma
1. Desierto tropical	Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta
	Helobioma de La Guajira
2. Bosque seco tropical del Caribe	Zonobioma seco tropical del Caribe
	Halobioma del Caribe
	Zonobioma alterno hídrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena
	Zonobioma alterno hídrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca
	Helobioma del Valle del Cauca
3. Bosque húmedo tropical	Helobioma Amazonia – Orinoquia
	Peinobioma de la Amazonia – Orinoquia
	Litobioma de la Amazonia – Orinoquia
	Zonobioma húmedo tropical del Pacífico – Atrato
	Helobioma Pacífico – Atrato
	Halobioma del Pacífico
	Zonobioma húmedo tropical del Magdalena – Caribe
	Helobioma Magdalena – Caribe
	Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo
	Helobioma del río Zulia
	Orobioma bajo de los Andes
	Orobioma medio de los Andes
	Orobioma alto de los Andes
	Orobioma azonal de Cúcuta
	Orobioma azonal del río Dagua
	Orobioma azonal del río Sogamoso
	Orobioma azonal del Valle del Patía
	Helobiomas andinos
	Orobioma de San Lucas
	Orobioma de la Macarena
	Orobioma del Baudó - Darién
	Orobioma bajo de la Sierra Nevada de Santa Marta y La Macuira
	Orobioma medio de la Sierra Nevada de Santa Marta
Orobioma alto de la Sierra Nevada de Santa Marta	

Fuente: Ideam *et al.*, 2007.

**Nota:** **Zonobioma:** Son biomas zonales delimitados por unos amplios y peculiares caracteres climáticos, edáficos y de vegetación zonal. **Helobioma:** Lugar con mal drenaje, encharcamiento permanente o con prolongado periodo de inundación. **Halobioma:** Zona con suelos anegados con influencia salina. **Peinobioma:** Formado bajo diversas condiciones climáticas y elevaciones en las que pueden presentarse afloramientos rocosos donde ocurren procesos de meteorización de las rocas y una lenta formación de suelos que los recubre. **Litobioma:** Lugar con suelo incipiente sobre roca dura. **Orobioma:** Son biomas definidos por la presencia de montañas que cambian el régimen hídrico y forman cinturones o fajas de vegetación de acuerdo con su incremento en altitud y la respectiva disminución de la temperatura.

A nivel nacional, el ecosistema continental con mayor área es el Bosque natural del zonobioma húmedo tropical de la Amazonia-Orinoquia (29´388.782 ha), seguido por los Herbazales del peinobioma de la Amazonia-Orinoquia (6´972.311 ha), Bosques naturales del litobioma de la Amazonia-Orinoquia (6´545.016 ha), Bosques naturales del heliobioma de la Amazonia-Orinoquia (6´167.279 ha) y Bosques naturales del orobioma bajo de los Andes (5´188.863 ha).

Los cuatro ecosistemas marinos identificados están distribuidos a lo largo del litoral en los dos océanos, incluyendo los sistemas insulares, los cuales son: las lagunas costeras y los manglares, como ecosistemas costeros; y las praderas de pastos marinos y las áreas coralinas, como ecosistemas bénticos marinos (Ideam *et al.*, 2007).

Según Ideam *et al.* (2007) y Romero *et al.* (2008), el territorio nacional está constituido por 68,8% de ecosistemas naturales, como vegetación natural de bosques, arbustales, herbazales y cuerpos de agua naturales; 23,6% de áreas transformadas en pastos, cultivos, áreas urbanas y cuerpos de agua artificiales; 7,2% de vegetación secundaria o rastrojos; y 0,2% de plantaciones forestales.

Del 68,8% del territorio correspondiente a ecosistemas naturales: 37,35% son bosques que se ubican principalmente en las regiones de la Amazonia y del Pacífico y los bosques subandinos, andinos y altoandinos de la región andina; 14,52% constituyen herbazales que incluyen las sabanas de la Orinoquia y el Caribe y las áreas de páramos; 2,61% está cubierto por arbustales de la región Amazónica y algunos enclaves secos de la cordillera Andina; 0,36% son manglares de la costa Atlántica y Pacífica; 0,90% son áreas de vegetación de pantano; 10,76% corresponden a áreas



naturales desprovistas de vegetación como los glaciares y nieves perpetuas, afloramientos rocosos y zonas desnudas, principalmente a lo largo de los ríos; y 1,61% son lagunas y cuerpos de aguas naturales.

Por otra parte, dentro del porcentaje del territorio transformado, seminatural y con plantaciones: 15,20% está constituido por pastos manejados y no manejados; 4,37% áreas agrícolas heterogéneas; 2,92% son cultivos anuales o transitorios; 0,93% cultivos semipermanentes y permanentes; 0,25% áreas urbanas; 0,01% áreas mayores alteradas, principalmente de áreas para minería; 7,16% corresponde a vegetación secundaria; 0,2% plantaciones; y 0,05% son cuerpos de agua artificiales.

Respecto a biodiversidad de especies, Colombia está considerada en el mundo como el país con mayor diversidad de aves y anfibios, con 1.815 y 583 especies respectivamente, y el segundo más rico en peces de agua dulce, registrando 1.435 especies reconocidas (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008), que representan casi 30% de la ictiofauna suramericana. Adicionalmente, presenta una gran variedad de especies de reptiles (con 520 especies), mamíferos (456), mariposas diurnas (3.019) e himenópteros (4.800); estos últimos incluyen hormigas, abejorros, abejas y avispa (Renjifo *et al.*, 2002). Además, se han registrado aproximadamente 50.000 especies de flora, dentro de las cuales 26.000 son especies de plantas vasculares (Calderón *et al.*, 2002), y posee el 15% de las orquídeas hasta ahora identificadas en el mundo (Ideam *et al.*, 2001).

Adicionalmente, se destaca la megadiversidad de servicios ecosistémicos que posee el país y de los cuales depende la sostenibilidad de su población. No obstante lo anterior, la sociedad no ha consolidado su visión, sus acciones y demás comportamientos hacia la conservación de aquellos procesos que mantienen los servicios ambientales de los que el hombre vive y que son esenciales para su subsistencia. Los servicios de polinización, dispersión de semillas, depredación, entre otros, son la clave de la permanencia y mantenimiento del socio-ecosistema a lo largo del tiempo y el espacio. Por ejemplo, de las frutas que Colombia exporta a la Unión Europea -segundo lugar como destino de las exportaciones del país- (MCIT s.f, ICA *et al.* 2009), según un análisis del Instituto Humboldt el 82% de estas especies frutales dependen de la polinización para su reproducción, en especial de insectos, aves y mamíferos. A su vez, algunas especies maderables de Colombia se dispersan gracias a la fauna vertebrada de los bosques naturales del país, tal como ocurre con la caoba (*Swietenia macrophylla*) que se dispersa gracias a un número de especies de roedores y aves. También los grandes árboles de los corredores boscosos del Amazonas y el Orinoco dependen para su supervivencia de los peces frugívoros como las cachamas, los cuales han coevolucionado con estos ecosistemas.

En consecuencia, el país consciente de la importancia de su biodiversidad para el desarrollo sostenible, no sólo por el número de especies de fauna y flora, sino en ecosistemas, paisajes y servicios ambientales, de los cuales depende la sociedad para su sostenimiento en el corto, mediano y largo plazo, busca reducir su vulnerabilidad frente al cambio climático.

En este sentido, es necesario tener en cuenta que la biodiversidad colombiana está constantemente amenazada por actividades como deforestación, cambio de uso del suelo, el uso indiscriminado de insumos químicos, introducción de especies exóticas, entre otros, que sumado a los cambios en los regímenes de precipitación y temperatura, aumentará la velocidad con que se modifique la composición y estructura biótica y por ende, el funcionamiento de los socio-ecosistemas de los cuales hace parte y depende la población colombiana.

Ahora bien, desde la perspectiva del cambio climático, es prioritario evaluar y mantener en constante seguimiento el proceso de la degradación de suelos y tierras, que se da en el país y que tiende a incrementarse, tanto en intensidad como en extensión. Dentro de sus principales impactos están la pérdida irreversible del suelo y la degradación de los suelos más aptos para la agricultura, que disminuye su productividad y que generan pobreza, violencia, inseguridad alimentaria y migraciones de la población rural hacia las ciudades o hacia zonas más productivas. El territorio también se ve amenazado por crecientes súbitas, inundaciones y deslizamientos de tierra (Ideam *et al.*, 2007).

El Ideam *et al.* (2001), el IPCC (2002) y otros organismos relacionados con los recursos naturales y el ambiente, han señalado diferentes efectos del cambio climático actual sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos. El IPCC (2002) ha enfatizado que independientemente del cambio climático la biodiversidad puede disminuir en el futuro por las múltiples presiones que sufre. No obstante, el cambio climático va a añadirse y formará sinergias con los otros factores tensionantes sobre la biodiversidad, aumentando así su vulnerabilidad para la persistencia en el tiempo y en el espacio. Para Colombia, en su condición de país megadiverso, tales efectos adversos se determinaron como muy altos como se presentan en el Capítulo de Vulnerabilidad y deben ser evaluados detalladamente, dada la alta exposición a los fenómenos asociados al cambio climático, tanto en lo que tiene que ver con los recursos naturales como en su efecto a largo plazo en su desarrollo y procesos productivos.

A continuación, se describirán algunos de los ecosistemas colombianos que están ligados de una u otra forma al tema de cambio climático, y se tendrán en cuenta en el desarrollo de los capítulos de mitigación, vulnerabilidad y adaptación.

### 1.2.5.1 Bosques naturales

La extensión de bosques naturales en Colombia es de 61 ' 246.659 ha equivalentes a 53,64% de la superficie continental del país y a 88,26% de la superficie total de bosques<sup>12</sup>. Los bosques naturales en este contexto se definen como comunidades vegetales dominadas por árboles de altura promedio superior a 5 m, con densidad de copas superior al 70% y con una extensión superior a las 50 ha; incluyendo bosques densos, fragmentados, de galería o riparios, y manglares (Ideam *et al.*, 2007).

- Deforestación

Los bosques colombianos se enfrentan a una amenaza antrópica que unida a los efectos del cambio climático podrían llevarlos a diferentes condiciones de vulnerabilidad aún sin esclarecer, con significativas repercusiones en la biodiversidad y demás relaciones hídricas asociadas con la cobertura vegetal. Ello sin contar con los cambios en microclimas generados por el incremento de la temperatura del aire y del suelo, ampliación en las fluctuaciones diarias de temperatura y modificaciones en los balances hidrológicos como lo han demostrado diferentes autores (Tragsa *et al.*, 1998).

Con base en los estudios del Ideam *et al.* (2004), la cobertura boscosa del país ha venido disminuyendo según los valores encontrados en los cambios de coberturas vegetales, mientras la tasa anual de deforestación de la superficie boscosa se aumentó en los últimos años. Para los periodos 1986 -1994 y 1994 - 2001, se identificó que en el primero de los lapsos mencionados se perdieron 622.364 ha de cobertura boscosa, lo que representa una pérdida de 76.921 ha/año, equivalente a una tasa promedio anual de 0,14%. Esta pérdida se incrementó para el segundo periodo a 667.285 ha, a una tasa promedio anual de 0,18% (0,04 puntos porcentuales más que en el periodo anterior).

Las anteriores cifras de deforestación, al ser relacionadas con las superficies y porcentajes de la cobertura nacional, dan una aproximación del impacto sobre la composición, conexión (por sus arreglos proximales de bosques con áreas productivas) y servicios ambientales (regulación hídrica, control de erosión, etc.).

Recientemente Colombia a través del Ideam y con el apoyo de la Fundación Gordon and Betty Moore, inició el proyecto "Capacidad Institucional Técnica Científica" para apoyar Proyectos REDD: Reducción de Emisiones por Deforestación en Colombia<sup>13</sup> en el cual se realizó una estimación preliminar de la deforestación a escala nacional usando sensores remotos para el periodo 2000 a 2007. El estudio utilizó las unidades del mapa de uso y cobertura de CORINE<sup>14</sup> Land Cover correspondientes a Bosque denso, Bosque abierto, Bosque de galería o ripario, y Bosque fragmentado.

Se usaron imágenes MODIS<sup>15</sup> con resolución espacial de 250m y una resolución espectral de 7 bandas (Productos MOD09A1 y MOD09Q1), para el periodo 2000-2007 con la herramienta de interpretación CLASlite®, desarrollada por el Instituto Carnegie. Los resultados se ajustaron modificando los umbrales de detección de bosque y no bosque para mejorar la detección de bosques diferentes a tropicales de tierras bajas y se eliminaron falsas detecciones con base en el mapa de coberturas de la tierra escala 1:100.000 año 2000 (Igcac *et al.*, sin publicar).

Los resultados muestran que en el país se perdieron más de dos millones de hectáreas de bosque entre el año 2000 y el 2007, especialmente en la región amazónica, seguida de la región andina. La deforestación promedio anual alcanza un poco más de 300.000 hectáreas año. En términos relativos, la región Caribe perdió una mayor proporción del área de bosque en el periodo señalado.

Este ejercicio preliminar permitió un acercamiento general al estado de los bosques del país a nivel nacional y regional y es un buen indicativo de las zonas con mayores problemas que deben ser estudiadas con mayor detalle y sobre las cuales es necesario generar acciones de intervención institucional para controlar la deforestación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la resolución espacial de las imágenes utilizadas es de 250m y por lo tanto, el nivel de detalle debe ser mejorado en procesos posteriores de validación de los resultados, bien sea referidos a datos de campo o a datos de sensores con mayor resolución.

12 Cifras generadas por el Ideam (2008), con base al mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Ideam *et al.* (2007).

13 Proyecto Financiado por la Fundación Gordon y Betty Moore. Ejecutado por: Ideam, MAVDT y Fundación Natura.

14 Coordination of Information on the Environment.

15 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.

### 1.2.5.2 Bosques plantados

El Ideam con base en información del SNIF<sup>16</sup>, identificaron que en Colombia existen 130.687,51 ha de plantaciones productoras, 41.223 ha de protectoras y 5.907,9 ha de protectoras-productoras.

Una plantación productora<sup>17</sup> es un cultivo forestal originado con la intervención directa del hombre con fines comerciales y que está en condiciones de producir madera y subproductos, de carácter industrial o comercial.

Una plantación protectora<sup>18</sup>, por su parte, es aquella que se establece en áreas forestales destinadas a proteger o recuperar algún recurso natural renovable y en las cuales se puede realizar aprovechamiento de productos secundarios como frutos, látex, resinas y semillas entre otros, asegurando la persistencia del recurso.

Las plantaciones forestales protectoras-productoras<sup>19</sup> corresponden a las que se establecen en un área forestal protectora y en las que el aprovechamiento directo o indirecto de la plantación está condicionado al mantenimiento de su efecto de protección del recurso.

Sean del tipo que sean las plantaciones forestales aportan beneficios ambientales como, por ejemplo, la recuperación de los suelos degradados, la prevención de la erosión y la regulación hídrica. Además, si tienen un buen manejo pueden cumplir una función fundamental en la conservación de los ecosistemas, así como en la biodiversidad asociada, y aportar beneficios sociales, como la generación de nuevos empleos, contribuyendo a mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales.

### 1.2.5.3 Glaciares

Por su ubicación latitudinal, los glaciares de la zona ecuatorial han sido considerados excelentes laboratorios para estudiar el calentamiento de la baja atmósfera, debido a la variabilidad climática de esta franja y a la consecuente susceptibilidad de masas de hielo ante estas variaciones.

Según el Ideam (2009), en Colombia los glaciares ocupan un área de aproximadamente 48 Km<sup>2</sup>, lo que corresponde entre el 2 y 3% de los glaciares tropicales en Suramérica. El límite inferior de estos ecosistemas se encuentra desde los 4.700 a los 4800 m.s.n.m dependiendo de las características topográficas y climáticas locales. Actualmente se tienen seis masas glaciares o nevados, como se suelen llamar localmente, que están distribuidos en las cordilleras Central (volcánica), Oriental (rocas sedimentarias) y en la sierra nevada de Santa Marta, esta última presenta las masas de hielo más septentrionales del país (Tabla 1.4).

Tabla 1.4 Área actual de los glaciares en Colombia

Nombre del glaciar	Altura máxima m.s.n.m	Año de Actualización	porcentaje de área glaciar	Área km <sup>2</sup>
Sierra Nevada de Santa Marta	5775	2007	16 %	7.7
Sierra Nevada de El Cocuy	5330	2009	37 %	17.4
Volcán Nevado del Ruiz	5320	2007	18 %	8.8
Volcán Nevado Santa Isabel	5110	2007	5 %	2.6
Volcán Nevado del Tolima	5280	2007	2 %	0.93
Volcán Nevado del Huila	5655	2007	22 %	10.8
<b>Área glaciar total en Colombia km<sup>2</sup></b>				<b>48,23</b>

Fuente: Ideam, 2009.

Los datos de cambio de área glaciar en Colombia indican una rápida deglaciación especialmente en las tres últimas décadas (Tabla 1.5), con pérdidas de 3 a 5% de cobertura por año y retroceso del frente glaciar de 20 a 25 metros por año. De persistir el calentamiento atmosférico y las tendencias actuales de derretimiento, es probable que en tres o cuatro décadas los nevados colombianos estén extintos o tan solo exista una muy pequeña masa glaciar en los picos más altos (Ideam, 2009).

16 Sistema Nacional de Información Forestal.

17 Definida por el Decreto 1498 de 2008.

18 Definida por el Decreto 2811 de 1974 y retomada por el Decreto 1791 de 1996.

19 Definida por los Decretos 2811 de 1974 y 1791 de 1996.

Tabla 1.5 Evolución glaciar en Colombia por décadas.

Periodo	1930-1950	1950-1980	1980-2007/09
Glaciar	porcentaje de pérdida entre periodos		
Volcán nevado Santa Isabel	24	31	64
Sierra nevada Santa Marta	27	20	60
Volcán nevado del Ruiz	17	17	54
Volcán nevado del Tolima	27	37	50
Sierra nevada de El Cocuy	32	25	46
Volcán nevado del Huila	14	17	32

Fuente: Ideam, 2009.

#### 1.2.5.4 Ecosistema de páramo

El ecosistema de páramo presenta una vegetación abierta, semiabierto, arbustiva y boscosa baja, que se extiende por encima del límite altitudinal del bosque andino o bosque montano alto, a partir de los 3.300 - 3.800 m.s.n.m aproximadamente. Sin embargo, definir el límite exacto entre bosque y páramo es difícil ya que en muchas zonas el bosque superior ha desaparecido por la acción del hombre lo que ha permitido que la vegetación del páramo se extienda, reemplazando al bosque nativo; efecto conocido como paramización (Morales *et al.*, 2007).

Respecto a la vegetación, según Rangel-Ch (2000 citado por Morales *et al.*, 2000), en toda la región de páramos debe haber alrededor de 124 familias, 644 géneros y 4.700 especies. Con relación a las especies se presenta un alto endemismo dado el aislamiento geográfico de estas áreas, donde se destaca el de frailejones (Morales *et al.*, 2007), con alrededor de 42 especies en Colombia. Algunos investigadores afirman que cerca del 60% de la flora paramuna es endémica a este ecosistema (Rodríguez *et al.* 2006).

En cuanto a fauna de páramo en Colombia se han registrado 70 especies de mamíferos, entre los que se destacan el puma (*Puma concolor*) y el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), 11 especies de lagartos, 4 de serpientes, 87 de anfibios, 154 de aves y 130 de mariposas (Rangel-Ch, 2000; Van der Hammen, 1998 citados por Morales *et al.*, 2007).

Los páramos se caracterizan por ser reguladores del recurso hídrico, aportan al país buena parte de su agua potable, pues la mayoría de los ríos tienen sus cabeceras en ellos; muchos de estos ríos también son esenciales para generar energía eléctrica. Esto se debe a que los suelos de los páramos formados luego del retiro de los glaciares tienen capacidad de recibir y almacenar una importante cantidad de agua, que pueden soltar poco a poco hacia las quebradas, los ríos, las lagunas y hacia el subsuelo (Chaves y Arango, 1998; Rodríguez *et al.*, 2006). Un ejemplo de este servicio ambiental es el Parque Nacional Natural Chingaza, compuesto principalmente de páramos y subpáramos, donde la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) abastece de agua potable al 70% de Bogotá: 4' 745.083 personas (DANE, 2005).

#### 1.2.5.5 Ecosistemas marinos y costeros

Colombia posee una línea costera de 3.513 km, de los cuales 1.937 corresponden a la región Caribe y 1.576 a la del Pacífico. Cuenta con un área emergida<sup>20</sup> de zona marina y costera de 15.232 km<sup>2</sup>, 7.037 km<sup>2</sup> en la zona Caribe y 8.195 km<sup>2</sup> en la del Pacífico (INVEMAR, 2009).

En esta zona del territorio colombiano se ubican diferentes tipos de ecosistemas de gran importancia por su alta diversidad y oferta de servicios ambientales. Dentro de estos ecosistemas se destacan los arrecifes de coral, los manglares, las praderas de pastos marinos, los litorales rocosos y los fondos blandos.

El Invemar desde la conformación del SINA, ha venido desarrollando valiosos estudios e investigaciones de estos ecosistemas, generando anualmente un informe sobre el estado de los ambientes y recursos marinos y costeros.

A continuación se presenta la caracterización de los ecosistemas marinos más importantes de Colombia; el análisis de los efectos del cambio climático sobre las zonas costeras, la susceptibilidad y vulnerabilidad serán tratados en el Capítulo de Vulnerabilidad.

<sup>20</sup> Corresponde a la subzona terrestre-costera o franja de tierra adentro que se define como la banda comprendida desde la Línea de Marea Alta Promedio (LMAP), hasta una línea paralela localizada a 2 km de distancia tierra adentro, y la subzona insular emergida que abarca todo el territorio isleño emergido (Islas y cayos), utilizando como referente la Línea de Marea Alta Promedio (Tomado de la Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia; citado en INVEMAR 2009).



- Arrecifes coralinos

Los arrecifes coralinos son de los ecosistemas más apreciados e importantes del planeta, ya que constituyen una de las mayores fuentes potenciales de bienestar para la humanidad (Wells & Hanna, 1992 citado por Invemar, 2009). Debido a la presencia de grandes ríos y a la predominancia de ambientes sedimentarios, los arrecifes coralinos son escasos en las costas colombianas, razón adicional por la cual se consideran uno de sus recursos más preciados del país.

Colombia posee cerca de 2.900 km<sup>2</sup> de áreas coralinas (Díaz *et al.*, 2000 citado por INVEMAR 2009), lo que representa menos del 0,4% de los arrecifes que existen en el mundo (Spalding *et al.*, 2001 citado por INVEMAR 2009). De estas áreas coralinas solo 15km<sup>2</sup> se encuentran en la costa del Pacífico, concentradas en cuatro localidades específicas: Isla Gorgona, Ensenada de Utría, Punta Tebada e Isla Malpelo (Prahli & Edhardt, 1985 y Díaz *et al.*, 2000 citados por INVEMAR, 2007). En el Caribe el 77% de estas áreas se hallan en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde además se encuentran los arrecifes más complejos y desarrollados (INVEMAR, 2007). El resto se encuentran distribuidas en numerosas localidades a lo largo de la costa continental, destacándose las formaciones de las Islas de San Bernardo, Islas del Rosario-Barú, Isla Fuerte, así como de los bajos aledaños; bajo Tortugas, Santa Marta-Parque Tayrona y Urabá chocono.

Por otra parte, además de que la zona Caribe presenta mayor extensión de arrecifes de coral, ésta alberga una diversidad de especies coralinas más alta (20-53 especies) en comparación a la del Pacífico (10-21 especies) (Díaz *et al.*, 2000 citado por INVEMAR 2007).

Aunque para el 2007 las áreas coralinas de nuestro país tuvieron baja incidencia de enfermedades, leve disminución de tejido vivo coralino y cobertura algal con respecto a estudios anteriores (Navas y Rodríguez, 2007), en el año 2005 se presentó un evento de blanqueamiento masivo a causa de un aumento de la temperatura media mensual de entre 3 y 4°C por encima de la media mensual para el Pacífico y de entre 1.5 y 2.5°C para el Caribe; se registraron porcentajes de afectación de hasta un 90% en diversos puntos de muestreo aunque la mortalidad por lo general fue baja (INVEMAR, 2005). Según modelos de simulación (Montealegre, 2002), para un escenario con un aumento de temperatura de 0.3°C por década, las formaciones coralinas de San Bernardo estarían en un relativo buen estado hasta el 2060, año desde el cual se aceleraría el proceso de fragmentación el cual afectaría las formaciones coralinas tanto que para el año 2100 se esperaría la desaparición del total de las especies.

- Manglares

Los manglares son ecosistemas estratégicos dado a su aporte de materia y energía a otros sistemas, su valor como evapotranspiradores, como agentes detoxificadores y amortiguadores de inundaciones y protectores de la erosión de la línea costera por efecto del viento y las olas (Field, 1997 y Sánchez-Páez *et al.*, 2000 citados en INVEMAR 2009).

Según el INVEMAR (2009), los manglares en Colombia cubren una superficie aproximada de 300.907 ha, ubicados principalmente en el litoral Pacífico (233.403 ha) y el resto en el Caribe (67.504 ha). En los manglares colombianos se han identificado nueve especies de mangle, de las cuales solo cinco se encuentran en el litoral Caribe. Los rangos de precipitación de los manglares se hallan desde los 150 mm anuales en La Guajira, hasta los 8.000 mm en los departamentos del Valle del Cauca y Chocó, donde se encuentra el mayor desarrollo estructural.

En la costa Pacífica los manglares se distribuyen en una franja casi continua, desde el río Mataje (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 Prahli, 1989 citado por INVEMAR, 2009).

Debido a la poca penetración de la marea en el litoral Caribe, los manglares en esta zona se limitan a estrechas franjas inundadas a lo largo de la línea intermareal, formando parches dentro de lagunas, ciénagas, estuarios y desembocaduras de ríos y quebradas. Las mayores extensiones se encuentran en la ciénaga Grande de Santa Marta, el canal del Dique y los deltas de los ríos Sinú y Atrato (INVEMAR, 2009). Pequeñas áreas se ubican en las desembocaduras de los ríos Palomino y Don Diego en La Guajira, en el Parque Nacional Natural Tayrona en el Magdalena y en el territorio insular, en los archipiélagos del Rosario y San Bernardo en el departamento de Bolívar, además de las islas de San Andrés y Providencia (Sánchez-Páez *et al.*, 2000 citado por Ideam *et al.*, 2004).

Ante un ascenso rápido en el nivel del mar (ARNM), todas las áreas de manglar se encontrarían potencialmente en riesgo de desplazamiento hacia la zona de tierra firme, si existen las geoformas y espacios propicios, o lateralmente a áreas de mayor elevación; esto generaría modificación de hidroperiodos, alteración de sedimentos y toxicidad del suelo, así como cambio de los patrones de distribución (Gilman *et al.*, 2008). El agua salada puede adentrarse en los ríos y acuíferos, contaminando los sistemas de agua dulce y aguas subterráneas, lo que potencialmente podría ocasionar que los manglares invadieran sistemas de agua dulce conocidos en la actualidad. Según Montealegre (2002) en San Bernardo, para un escenario de aumento del nivel del mar de 8.8 mm/año el deterioro de este ecosistema será excesivamente rápido; para 2030 la cobertura de manglar habrá disminuido considerablemente y

para 2090-2100 habrá perdido el 68.2% de su cobertura inicial. Estos ecosistemas según mediciones realizadas, son capaces de fijar alrededor de 1,5 tonC/ha/año lo cual es equivalente a la cantidad de emisiones de carbono de un vehículo a la atmósfera cada año, lo que los convierte en herramientas potenciales para la mitigación del cambio climático (Ong, 2002).

- Pastos marinos

Los pastos marinos conforman el único grupo representante de las angiospermas marinas que ha evolucionado de tierra firme al mar y se ha adaptado al medio marino. Como ecosistema cumplen varias funciones importantes, tales como la producción de fuentes directas e indirectas de alimento, suministro de sustrato para la fijación de epifitos, contribución en la recirculación de nutrientes y estabilización de sedimentos, refugio y sala cuna de vertebrados e invertebrados de importancia ecológica y comercial, y amortiguación y protección de la línea de costa al oleaje y la marea (INVEMAR, 2009).

La extensión total de las praderas de pastos marinos en Colombia equivale a 43.223ha; de las cuales 41.218ha (95,4%) están distribuidas en aguas someras a lo largo de la costa continental y alrededor de las islas sobre la plataforma continental; y el 4,6% restante se encuentra presente hacia la parte insular del Caribe colombiano (Gómez, 2007).

Por efecto del cambio climático, un aumento en el nivel del mar podría conllevar a cambios en la profundidad de estos ecosistemas y, a su vez, en cambios de presión hidrostática e intensidad lumínica, que influyen en la fotosíntesis y en el funcionamiento de estos organismos. Esto ocasionaría una pérdida de la función del hábitat y variación en la composición de especies de algas marinas, por potenciar el crecimiento de las especies con menores requerimientos de luz. Estudios realizados indican que un aumento en el nivel del mar de 50 cm podría reducir la disponibilidad de luz en un 50%, lo que podría causar la reducción de 50 a 40% de los pastos marinos (Short y Neckles, 1999). Por otro lado, en cuanto a un incremento de CO<sub>2</sub>, algunas especies podrían verse beneficiadas en función del aumento de la cobertura foliar mientras que otras podrían disminuir sus tasas fotosintéticas, lo que favorecería la competencia interespecífica (INVEMAR, 2003).

## 1.3 CARACTERÍSTICAS SOCIALES

### 1.3.1 Población

Según proyecciones del DANE (s.f.), la población en Colombia para el año 2008 era de 44.450.260 habitantes, siendo el segundo país más poblado de Suramérica y el cuarto de América. La densidad demográfica calculada en 38 habitantes por km<sup>2</sup>, está distribuida de manera irregular en el territorio; posee zonas urbanas con 3.500 habitantes por km<sup>2</sup> en ciudades como Bogotá o Medellín, contrastando con zonas selváticas, especialmente al sur y otras al occidente del país con menos de 1 habitante por km<sup>2</sup>. En la región Andina se asienta 75% de la población, mientras la región Caribe alberga 21%. Las siete ciudades más grandes del país poseen 34% de la población con una tasa de crecimiento demográfico más alta que la del resto del país, lo cual es reflejo de un proceso de urbanización acelerado.

La esperanza de vida al nacer se ha incrementado gradualmente desde 71.52% para mujeres y 64.64% para hombres en 1985, hasta 76.31% y 69% en el año 2005, respectivamente. La tasa de mortalidad infantil muestra una tendencia a disminuir, este indicador para ambos sexos pasa de 45,82 defunciones infantiles por mil nacidos vivos en el año 1985 a 22,25 en el año 2005 (DANE, 2007a).

El nivel de la fecundidad de la población colombiana ha venido registrando una reducción, al pasar de 3,42 hijos por mujer en 1985 a 3,15 en 1993 y 2,48 en el año 2005 lo cual significa que la fecundidad en Colombia se ha reducido 27,5% en los últimos 20 años (DANE, 2007b). La evolución de los indicadores vitales en el país ha evidenciado un incremento en la calidad de vida para los últimos años.

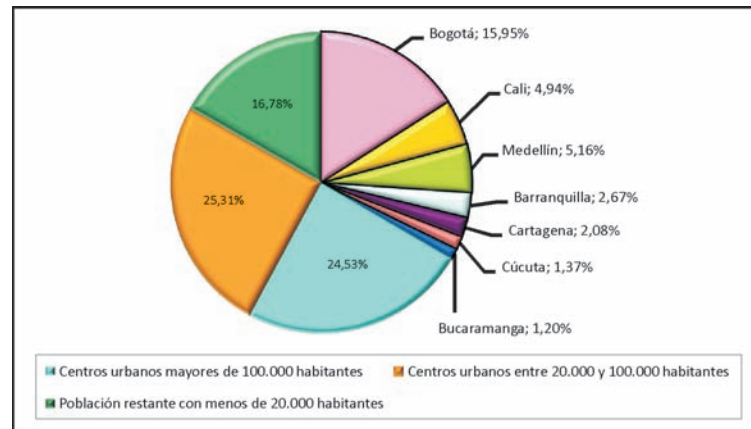
En relación con los servicios públicos, el servicio de energía eléctrica aumentó su cobertura a nivel nacional en 1,4 puntos porcentuales entre 2003 y 2008. En cuanto a salud, para el 2008, 86,0% de la población colombiana estaba cubierta por el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), logrando un incremento de 24,4 puntos porcentuales entre el 2003 y 2008 (DANE, 2009).

Para el 2008, el porcentaje de hogares que consideraron que sus condiciones de vida habían mejorado con respecto a las que tenían cinco años atrás pasó de 36,2% en 2003 a 45,9% en el año mencionado (DANE, 2009).

En Colombia alrededor del 58% de la población se asienta en centros urbanos mayores de 100.000 habitantes; de este valor el 33% corresponde a las siete principales ciudades del país y el 25% a los centros urbanos mayores de 100.000 habitantes diferentes a estas ciudades. Adicionalmente se tiene un 25% de la población que habita en

centros urbanos con población entre 20.000 y 100.000 habitantes. El restante 17% corresponde a los centros urbanos menores de 20.000 habitantes y a la población rural de los municipios. Ver Figura 1.5.

Figura 1.5 % población de Colombia, año 2005



Fuente: DANE, Colombia. Proyecciones de población municipales: por área 2005 - 2009. [http://www.dane.gov.co/index.php?Itemid=995&id=497&option=com\\_content&sectionid=16&task=category](http://www.dane.gov.co/index.php?Itemid=995&id=497&option=com_content&sectionid=16&task=category)

La población colombiana se caracteriza por mezclar tres grupos étnicos principales indígenas, africanos y europeos. Así, la estructura poblacional se compone de: mestizos 51%, blancos 35%, negros 10,6% e indígenas 3,4% (DANE, 2005).

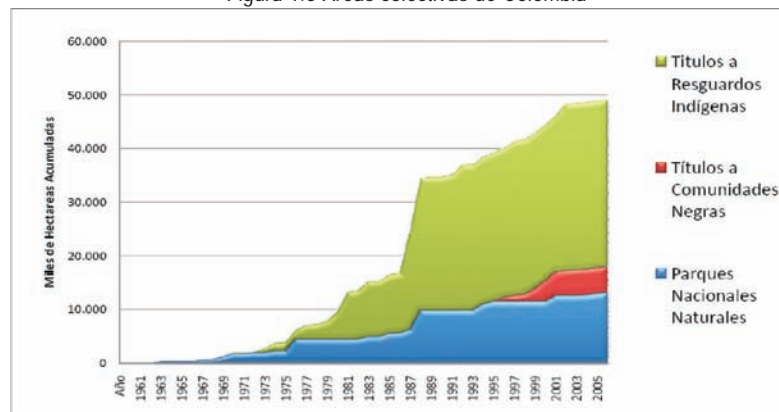
### 1.3.1.1 Minorías étnicas

En el Artículo 7 de la Constitución de 1991 se estableció el carácter pluriétnico y diverso de la conformación cultural, étnica y organizativa que ha venido configurando los distintos territorios y regiones del país. Colombia cuenta con una normativa robusta que busca definir y regular las relaciones políticas, sociales y culturales entre los diferentes grupos étnicos, la institucionalidad pública y los actores del sector privado; por ejemplo, la Ley 21 de 1991 por la cual se adopta para el territorio colombiano el Convenio 169 de OIT<sup>21</sup>, la Ley 70 de 1993 la cual reconoce la ocupación de tierras baldías por parte de comunidades afrocolombianas, el Decreto 1397 por el cual se crean la Comisión Nacional de territorios Indígenas y la Mesa permanente de concertación con los Pueblos y Organizaciones Indígenas. Estas instancias han servido como instrumentos de legitimación, socialización e intercambio de los diferentes valores e intereses de las minorías étnicas presentes en el país.

En términos generales, hablar de las comunidades étnicas de Colombia es tarea difícil debido a su complejidad y variedad, ya que debido a las diversas condiciones del paisaje, los múltiples procesos de colonización y los abusos cometidos en pro del esclavismo, se generó una diversidad cultural y humana tan singular que hasta ahora la nación está empezando a comprender su riqueza y variedad.

En los últimos 50 años las titulaciones colectivas legales en Colombia, tanto para resguardos indígenas como para consejos comunitarios de comunidades negras, han aumentado significativamente como se evidencia en la Figura 1.6.

Figura 1.6 Áreas colectivas de Colombia



Fuente: Cárdenas, s.f.

- Territorios indígenas

De acuerdo con información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2007), en Colombia existen 710 resguardos<sup>22</sup> titulados, ubicados en 27 departamentos y en 228 municipios, que ocupan una extensión aproximada de 34 millones de hectáreas (29,8% del territorio nacional). Los departamentos con mayor porcentaje de comunidades indígenas son: Guainía, Vaupés, Amazonas, Vichada, La Guajira, Cauca y Nariño; en los tres últimos departamentos se concentra alrededor de la mitad de la población indígena del país. El censo general del DANE (2005), reporta un total de 1.392.623 indígenas, que corresponden a 3,4% de la población.

Su desarrollo cultural, el cual incluye modelos y mecanismos de apropiación y visión del territorio, ritos y ceremonias, engloba e integra los diferentes elementos ecosistémicos y espirituales que sustentan la cosmovisión de cada una de las etnias indígenas presentes en el país. También se constituyen gracias a actividades extractivas y de intercambio como lo son la agricultura, la caza, la pesca y la elaboración de artesanías.

Frente al uso y manejo de los recursos naturales, vale la pena anotar que no conocen la propiedad privada como se define en las leyes, sino que comprenden la tierra como un organismo vivo y a sus diferentes componentes como partes irremplazables de este todo. El agua es vista como la fuente de la vida y el lugar en donde se manifiestan muchos espíritus de sus antepasados y de esa forma la herencia y el saber ancestral se perpetua fortaleciendo la identidad que les es propia.

Su organización social es estructurada con base a roles y funciones que son atribuidos conforme a condiciones de nacimiento, herencia o capacidades de cada individuo, generalmente están bien definidas las actividades que son para las mujeres, los niños, los hombres y los ancianos. Todas estas actividades se encuentran ligadas a una forma de vida colectiva en donde se articulan y se reciben sus frutos también de manera colectiva.

El conocimiento ancestral, su capacidad de adaptación y el manejo de las condiciones naturales, es sin duda uno de los mayores valores a rescatar como estrategia de adaptación frente al cambio climático dentro de sus territorios.

- Población afrocolombiana

Los cuatro grupos de mayor representatividad de esta población se ubican en el Pacífico colombiano, en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en la comunidad de San Basilio de Palenque y en las cabeceras municipales o en las grandes ciudades (DANE, 2007).

Los departamentos con mayor porcentaje de afrocolombianos son: Chocó, Archipiélago de San Andrés y Providencia y Santa Catalina, Valle del Cauca, Bolívar y Cauca (DANE, 2007). Según el DANE (2005), en Colombia fueron censados 4.311.757 afrocolombianos equivalentes a 10,6% de la población colombiana.

En Colombia estos grupos han creado una identidad cultural que mantiene sus raíces africanas y a la cual se le han ido agregando una serie de matices propios de esta nación. Hoy por hoy encontramos diversos géneros musicales, bailes, ritos, modos de apropiación y uso de los recursos naturales llenos de color y sonido que enriquecen la diversidad cultural del país.

### 1.3.2 Educación

La formulación y puesta en marcha del Plan Decenal de Educación<sup>23</sup> ha incrementado la cobertura del sistema educativo básico de 9.994.404 alumnos en el año 2002, a 11.043.845 alumnos en el año 2007, representando un incremento de 5 puntos porcentuales en la tasa de cobertura neta que ha alcanzado 89,3% para el año 2007. De acuerdo con las cifras del Ministerio de Educación Nacional, en el nivel de primaria 9.170.199 estudiantes fueron atendidos en establecimientos oficiales y 1.873.646 en establecimientos no oficiales en el año 2007. La tasa de cobertura en educación superior también se ha incrementado pasando de 20,6% en 2002 a 31,8% en el año 2007 (Ministerio de Educación Nacional, 2008).

La tasa de analfabetismo a nivel nacional para personas mayores de 15 años alcanzó 6,9% en el año 2008, mostrando una disminución de 0,8 puntos porcentuales en comparación con el año 2003 (7,7%). En la cabecera, esta tasa fue de 4,7%, es decir 0,1 puntos porcentuales por encima de la registrada en el 2003 (4,6%). Las mayores tasas de analfabetismo se presentaron en el "resto", con 18,0% en el 2003 y 14,8% en el 2008. Véase la Figura 1.7.

<sup>22</sup> Es un territorio con límites establecidos por la ley, ocupado por uno o más pueblos indígenas, con organización social propia y con títulos de propiedad colectiva, inembargable e intransferible (DANE, 2007).

<sup>23</sup> Es el conjunto de propuestas, acciones y metas que expresan la voluntad educativa del país de cara a los siguientes 10 años: 2006-2016 (Ministerio de Educación Nacional, s.f.)



En referencia al número de años de educación, en el conjunto nacional, cabecera y resto, se encuentra que en el grupo de 20 a 34 años se alcanza el mayor número de años de educación, mostrando, además, incrementos en todos ellos entre los años 2003 y 2008. Ver la Figura 1.8.

Figura 1.7 Tasa de analfabetismo total nacional, cabecera y resto

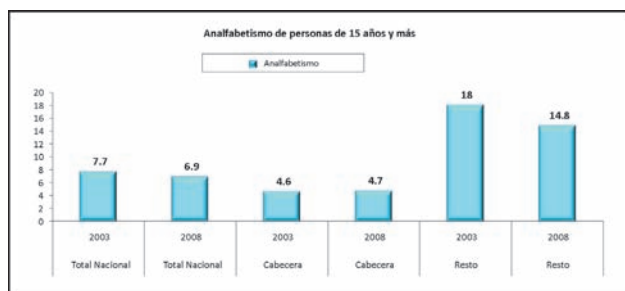
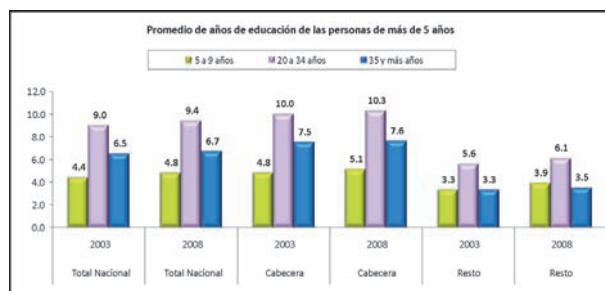


Figura 1.8 Años de educación de las personas



Fuente: Construido con datos de DANE, 2009.

### 1.3.2.1 Educación de alto nivel, investigación, ciencia y tecnología

Según la clasificación internacional normalizada de la educación (CINE, 1997 citado por UNAL, 2009), los niveles educativos se clasifican en: (0) educación preescolar; (1) educación primaria o primer ciclo de la educación básica; (2) primer ciclo de la educación secundaria o segundo ciclo de la educación básica; (3) segundo ciclo de la educación secundaria; (4) educación postsecundaria no terciaria; (5) primer ciclo de la educación terciaria, que incluye especializaciones y maestrías; (6) segundo ciclo de la educación terciaria que conduce a una calificación de investigación avanzada en la que están los doctorados.

De dicha estructura se pueden asociar los retos de la investigación y avances frente a las encrucijadas de la sociedad, pues los estudiosos del nivel 5 y especialmente el nivel 6 son los encargados de investigar los temas más complejos e interdisciplinarios como por ejemplo la problemática del cambio climático.

De acuerdo con el Iesalc<sup>24</sup> (citado en UNAL, 2009), entre 2005 y 2006 en América Latina y el Caribe se contaban 17.017.198 estudiantes matriculados en 8.910 instituciones de educación superior, de las cuales 1.231 eran universidades y centros universitarios; cifras que contrastan con 37.184.726 personas analfabetas. El posgrado participó con 4,2% del promedio total de matrículas en la región (674.215). En las tablas 1.6 y 1.7, se muestran las principales estadísticas compiladas por la Universidad Nacional de Colombia (2009).

Tabla 1.6 Posgrados en Colombia, América Latina y el Caribe 2005 - 2006

Descripción	México	Brasil	Argentina	Venezuela	Perú	Colombia	Cuba	Chile
Núm. matrículas de posgraduados	183.572	125.426	89.639	68.203	59.989	56.901	38.061	26.085
Núm. matrículas de doctorados	13.458	44.466	11.548	3.085	5.334	484		2.617
Núm. de titulación doctoral	611 (5%)	9.366 (21%)	685 (6%)	386 (13%)		39 (8%)		

Fuente: Construido con información de la UNAL (2009).

Las cifras indican que en el 2008, la oferta de programas de posgrado de la educación superior nacional ascendió a 1.934, equivalente a 31,54% del total de carreras ofrecidas por la educación superior. El nivel de pregrado ofreció 6.133 programas, equivalente a 68,46%. En la Tabla 1.7, se muestra la evolución de los programas desde el año 2002.

Tabla 1.7 Número de programas de posgrado por nivel de formación entre 2002 y 2008

Descripción	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Especialización	1.793	1.992	1.845	1.002	1.012	1.379	1.477
Maestría	244	307	316	237	239	334	373
Doctorado	32	42	43	40	49	72	84
<b>Total</b>	<b>2.069</b>	<b>2.341</b>	<b>2.204</b>	<b>1.279</b>	<b>1.300</b>	<b>1.785</b>	<b>1.934</b>

Fuente: Ministerio de Educación Nacional - SINIES en UNAL (2009).

En materia de formación de alto nivel o científica y técnica, se encuentra un mayor número de graduados en el nivel de maestría y doctorados, no obstante, a pesar de mejorar la situación, el número de personas que se graduaron en las diferentes áreas de 2000 al 2007 se considera bajo. En las conclusiones positivas del estudio adelantado por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, los autores de los "Indicadores de ciencia y tecnología: Colombia 2008", destacan el incremento de los programas nacionales de doctorado, que pasaron de 43 a 73 en el periodo de referencia, pese a mantenerse con un incremento de un programa entre 2000 y 2003; condición que se superó significativamente a partir de 2004, llegando a 22 programas en tres años hasta 2007 (Salazar, 2008 citado por UNAL, 2009).

De acuerdo con Colciencias<sup>25</sup> (citado por UNAL, 2009), con la aprobación de la Ley 1286 de 2009 se contribuirá a darle forma a una política de formación de recursos humanos debido a que el país busca incrementar el número de investigadores, para lo cual se están tomando medidas. Actualmente, el gobierno trabaja en la construcción de un programa de formación de nuevos investigadores que tendrá como fin incrementar el número de estudiantes de doctorado anualmente a 500 por un periodo de cinco años. Sin embargo, se considera insuficiente ya que la inversión requerida para alcanzar estándares similares a los de países vecinos en investigación y desarrollo debe ser cercana a 1% del PIB (Salazar, 2008 citado por UNAL, 2009). A pesar de esto Colombia en los últimos 6 años ha presentado un inversión del PIB menor al 1% en investigación y desarrollo: 2004 (0,158%), 2005 y 2006 (0,160%), 2007(0,161%), 2008 (0,152%) y 2009 (0,161%) (Lucio *et al.*, 2009).

### 1.3.3 Calidad de vida

Con el fin de identificar las condiciones socioeconómicas de los hogares colombianos, se toman los resultados de las encuestas de calidad de vida<sup>26</sup> 2003-2008, realizadas por el DANE (2009); se presentan a continuación los indicadores más sobresalientes.

#### 1.3.3.1 Número de hogares por vivienda

El número de hogares por vivienda en el país para el período de la encuesta se redujo de 1,1 a 1,0. Este cambio se observa en la cabecera municipal, no así en el resto del municipio donde este indicador no varió durante el periodo. En número de personas por hogar en Colombia pasó de 3,9 personas en el año 2003 a 3,7 en el año 2008, diferenciándose las cabeceras municipales con 3,8 (2003) a 3,6 (2008), mientras en el resto de los municipios se redujo de 4,2 (2003) a 4,0 personas por hogar (2008).

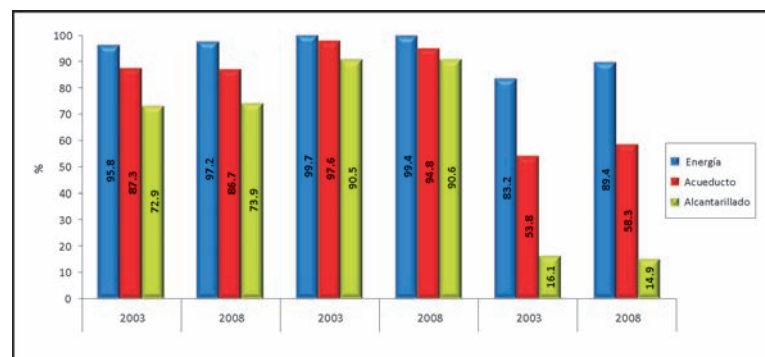
#### 1.3.3.2 Acceso a servicios públicos, privados o comunales

La encuesta sobre calidad de vida mencionada también revela que el servicio de energía eléctrica registró un aumento de la cobertura a nivel nacional de 1,4% en los cinco años producto del aumento del cubrimiento del servicio en las zonas rurales de los municipios, pasando de 83,2 % en 2003 a 89,4% en 2008.

El gas natural, como servicio público de los hogares, incrementa su cobertura a nivel nacional tanto en las cabeceras como en el resto de los municipios, pasando de 35,3% en el 2003 a 47,4% en el 2008. En la cabecera, el incremento es de 14,2 puntos porcentuales con respecto al 2003, y representa una cobertura del 59,8% de los hogares, mientras que en el resto el incremento alcanza 1,4 puntos porcentuales, representando una cobertura de 3,4% de los hogares.

En la Figura 1.9 se puede observar el comportamiento del acceso a los servicios públicos en unidades porcentuales durante los años 2003 a 2008.

Figura 1.9 Acceso a energía, acueducto y alcantarillado



Fuente: Construido con datos de DANE, 2009.

<sup>25</sup> Actualmente "Departamento administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación"

<sup>26</sup> La metodología aplicada por el DANE se basó en una encuesta de muestreo probabilístico, estratificada de conglomerados y polietápico, sobre 14.000 hogares aproximadamente. La unidad de muestreo, segmento o conglomerado, conformado en promedio por diez hogares, correspondiendo la unidad de análisis a viviendas, hogares y personas. La información obtenida fue expandida con proyección de la población, con base en los resultados del Censo 2005 (DANE, 2009).

La encuesta de calidad de vida 2008 (DANE, 2009), arroja una reducción de la tenencia del servicio telefónico fijo y muestra un aumento significativo de hogares que disponen de teléfono celular, tanto a nivel nacional, como cabecera y resto de los hogares del país con respecto a 2003. El 83,8% de los hogares menciona que algún miembro del hogar cuenta con teléfono celular para uso personal o del hogar, mientras que en el 2003 era de 17,7%.

### 1.3.3.3 Tendencia de bienes y servicios

La encuesta de calidad de vida (DANE, 2009) muestra que en el país se han dado cambios importantes en la posesión de algunos bienes y servicios, como son:

- La televisión por suscripción aumentó 12,8 puntos porcentuales, pasando de 35,5% en el año 2003 a 48,3% en el año 2008.
- El acceso a Internet registró un incremento significativo en los registros nacionales y cabecera, al pasar de 5,5% en el año 2003 a 12,8 en el año 2008 en el nivel nacional, mientras en las cabeceras se incrementó 9,3 puntos porcentuales, para alcanzar la cifra de 16,4% en el año 2008.
- El computador, que inicialmente registró 11,2% en 2003, incrementó su participación a 22,8% en 2008. Véase la Figura 1.10.

Las anteriores condiciones reflejan, de manera proporcional, la forma como las campañas, programas y otros instrumentos de capacitación van logrando una mayor penetración en los diferentes espacios y formas de comunicación. Tal referente deberá ser considerado en el diseño de los medios a usar para comunicar al público en general la información sobre el cambio climático. En últimas, la televisión guarda una diferencia significativa con respecto al computador y el canal más utilizado de difusión como es el Internet.

En la Figura 1.11 (Der.) se destaca el aumento del carro particular y motocicletas en los hogares que pasaron de 8,5% del año 2003 a 15,1% en el 2008.

Figura 1.10 Distribución porcentual de computador, Tv a color, Tv por suscripción e Internet

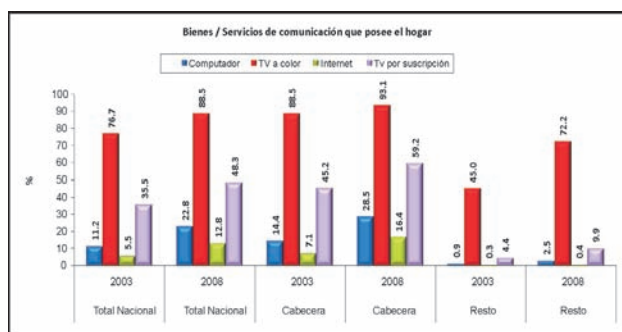
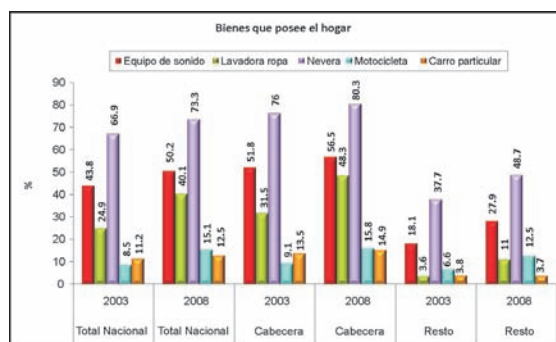


Figura 1.11 Distribución porcentual de bienes que posee el hogar



Fuente: Construido con datos DANE, 2009.

### 1.3.3.4 Pobreza

La opinión de los jefes de hogar o su conyuge sobre "el nivel de vida actual" comparado con el que tenía cinco años atrás, es más optimista que la expresada en la encuesta de calidad de vida del año 2003. A nivel nacional, los hogares que consideran que sus condiciones de vida mejoraron con respecto a las que tenían cinco años atrás, se incrementan al pasar de 36,2% en 2003 a 45,9% en 2008. De manera complementaria, los hogares que opinan que sus condiciones de vida actual son peores comparadas con las de cinco años atrás, muestran una reducción al pasar de 30,3% en 2003 a 15,9% en 2008 (DANE, 2009).

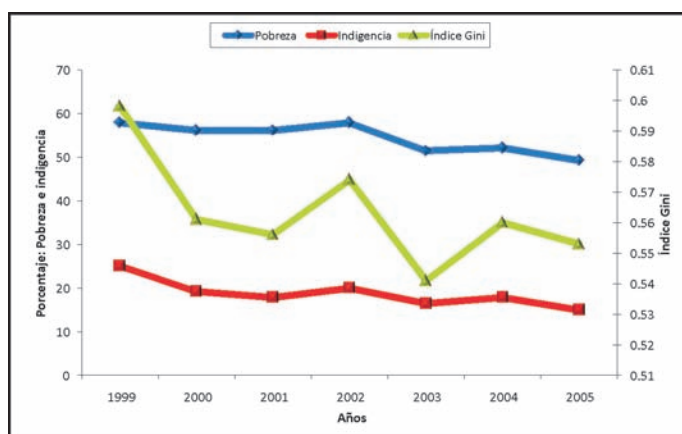
La percepción optimista de los jefes de hogar o su cónyuge se mantiene en la cabecera y el resto, donde 47,9% y 38,8% respectivamente, declaran que sus condiciones de vida mejoraron en 2008.

En la Figura 1.12 el Departamento Nacional de Planeación DNP (2009) establece que la pobreza e indigencia tienden a disminuir en el período analizado de 1999 a 2005; Asimismo, se observa que no obstante Colombia presenta un índice Gini<sup>27</sup> muy bajo en el contexto internacional, estando entre los 10 países con mayor desigualdad en el mundo<sup>28</sup>, este índice ha mejorado en los últimos años.

27 El coeficiente Gini mide el grado de desigualdad en la distribución del ingreso en una sociedad determinada

28 World Bank (2009d). "World Development Indicators". Washington DC: World Bank. Recuperado de <http://hdrstats.undp.org/es/indicadores/161.html>

Figura 1.12 Pobreza, indigencia y Gini



Fuente: DNP, 2006. ENH sept. (1992-2000), ENH 3er Trim. (2001-2005). Las cifras 2002-2005 se ajustaron a cuentas nacionales de las cuentas nacionales definitivas 2002 y en las reestimaciones del PIB para 2003 y 2004, publicadas en enero de 2006; el dato de 2005 es provisional.

### 1.3.4 Salud pública

En los inicios de la década de 1990, la Ley 100 de 1993 respaldó por medio de una decisión política aumentar los recursos financieros para cumplir los objetivos para la cobertura universal de un mecanismo de seguro que garantizara el acceso, la eficiencia y la calidad en los servicios del país (Barón, 2007).

Durante el periodo de 1993 - 1999 aumentó la cobertura de 6.2% a 9.5%; para el periodo 2000 - 2003 disminuyó, manteniendo un promedio de 7,7% (Barón, 2007).

Según el DANE (2009), el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) ha logrado un incremento de 24,4% entre 2003 y 2008, alcanzando este último año una cobertura nacional de 86,0%.

## 1.4 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

### 1.4.1 Producto interno bruto

En términos estructurales, el Producto Interno Colombiano está representado en buena medida por el sector servicios en el que se ha observado un crecimiento constante desde la década de los cincuenta, impulsado primordialmente por los servicios financieros y la ampliación en la cobertura de los servicios públicos. En tal sentido, la participación de la producción primaria y manufacturera se han disminuido y estabilizado dentro de la estructura de generación de valor en Colombia (Ortiz *et al.*, 2009).

La producción de bienes primarios provenientes de la agricultura, silvicultura, caza y pesca han perdido su peso relativo dentro de la estructura del PIB de manera sostenida, mientras que las actividades mineras, aunque marginales en dicha estructura, han crecido sostenidamente durante las dos últimas décadas debido a las ventajas comparativas del país para la extracción de carbón y petróleo, y las más abiertas características comerciales que facilitan su exportación. En cuanto a su industria manufacturera, el país vivió un importante periodo de industrialización hasta la década de los años setenta que posteriormente disminuyó y se congeló (años ochenta) debido a la falta de exposición a la competencia internacional. La apertura económica evidenció una industria nacional poco competitiva que sin mayores herramientas para competir vió como su participación en el PIB disminuyó ante el incremento de las importaciones en la década de los noventa (Ver Figuras 1.13 y 1.14).



Figura 1.13 Participación sectorial en el PIB 1970

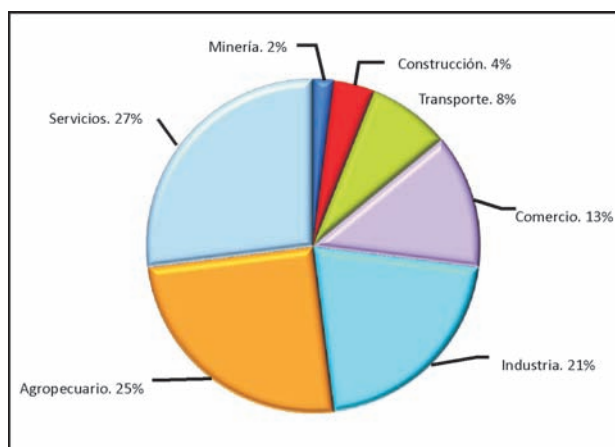
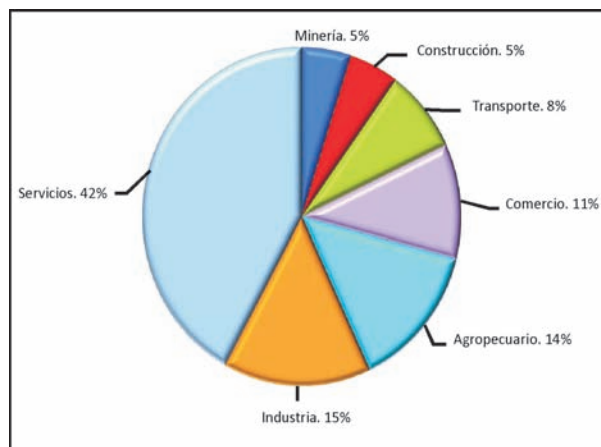


Figura 1.14 Participación sectorial en el PIB 2003



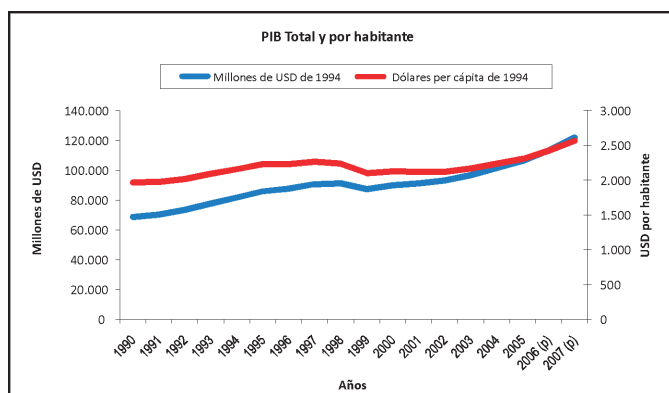
Fuente: Cárdenas, 2007.

En la primera década del siglo XXI (hasta el 2008), el país vivió un crecimiento económico sostenido que permitió su recuperación de la crisis alcanzada en 1999, causada, entre otros factores, por la desaceleración de la demanda interna, motivada por la liberalización de la economía, un desbalance en las cuentas fiscal y corriente, y los efectos de la crisis regional y mundial. Después de presentar en 1999 una variación anual negativa en 4,2%, el PIB inició una lenta recuperación desde el año 2000, presentando en el año 2001 el mismo valor del PIB registrado en 1998. En el año 2006 se presentó un crecimiento de 6,84% que evidencia una fase expansiva impulsada entre otros factores por las exportaciones a pesar de la revaluación de la moneda (DNP, 2006).

Los ajustes financieros realizados a partir de la crisis de 1999, permitieron la reactivación paulatina de la demanda interna y, a su vez, el crecimiento del comercio, la industria y el sector agropecuario. En 2001, el sector de la construcción que fue el más afectado por la crisis, debido al colapso de su esquema de financiación, inició su recuperación y durante el periodo 2000 a 2006 fue fundamental para el crecimiento de la economía en general.

Con base en las estadísticas preparadas por el DANE y Banco de la República (s.f.), la economía del país ha mostrado una recuperación de su producto interno bruto a partir del año 2000, al pasar de \$89.968 millones de pesos (constantes de 1994) a \$121.924 millones de pesos en el año 2007; que corresponde a un incremento del PIB per cápita (en dólares a precios de 1994) de \$2.126 (2000) a USD \$2.566 (2007<sup>29</sup>). La Figura 1.15 muestra el PIB total y el PIB per cápita a precios constantes de 1994.

Figura 1.15 Producto interno bruto total y por habitante a precios constantes de 1994



Fuente: DANE & Banco de la República, s.f.

Nota: PIB en dólares de 1994 = PIB en millones de pesos de 1994 sobre la tasa de cambio nominal promedio de 1994.

No obstante, el año 2009 se caracterizó por la disminución del crecimiento luego de un importante periodo de expansión económica, haciendo de éste posiblemente el primer año de un ciclo de desaceleración ocasionado por la crisis económica mundial. Si bien el crecimiento del PIB colombiano es relativamente sensible a la aversión global al riesgo, no es de esperarse que dicho impacto sea significativo en la economía nacional por las siguientes razones (Universidad Sergio Arboleda, 2009): la economía ha crecido más rápido que el déficit en el balance entre exportaciones e importaciones; los análisis realizados por el Banco de la República mencionan que no existe evidencia de que la actual tasa de cambio con respecto al dólar se encuentre sobrevalorada; y, por último, la productividad del país ha crecido significativamente luego de la crisis de los noventa.

## 1.4.2 Análisis sectorial

Los sectores que se presentan a continuación están relacionados de manera general con la organización de los módulos del inventario de los gases de efecto invernadero para los años 2000 y 2004, por lo tanto, como contexto del inventario el periodo de análisis sectorial corresponde al periodo 2000 al 2005.

### 1.4.2.1 Industrial

El PIB creció 5,7% durante el primer semestre de 2006, 54 puntos básicos (pb) por encima del crecimiento registrado en el mismo período un año atrás. Para lograr este significativo aumento, la producción industrial nacional registró un crecimiento de 8,32% durante el primer semestre de 2006 y de 13,61% entre julio de 2005 y julio de 2006 (Banco de la República & Proexport Colombia, s.f.).

Según la encuesta nacional manufacturera (DANE, 2009a), la producción industrial presentó la siguiente participación: fabricación de productos de la refinación del petróleo (12,5%); otros productos químicos (7,7%); elaboración de bebidas (5,8%); industrias básicas de hierro y acero (5,4%); molinería, alimentos, almidones y derivados del almidón y alimentos preparados para animales (5,0%); productos minerales no metálicos (4,7%); sustancias químicas básicas (4,3%); productos plásticos (4,2%); vehículos automotores (4,0%), papel y cartón (4,0%).

En términos generales, desde mediados de la década de 1970, la composición de la estructura industrial colombiana ha evolucionado muy lentamente, concentrándose en actividades intensivas en recursos naturales, las cuales presentan los mayores niveles de producción y empleo (Garay, 1998:457-461 citado por Amézquita, 2008).

De otra parte, con base en la metodología empleada por la CEPAL (Cimoli *et al.*, 2005 citado por Amézquita, 2008) expone la forma como el valor agregado industrial se ha concentrado en más de 50% en las actividades intensivas en recursos naturales durante el periodo 1990-2005. Véase la Tabla 1.8.

Tabla 1.8 Participación de los distintos tipos de actividades en el valor agregado industrial (VAI) y empleo industrial (EI)

Actividades intensivas en recursos naturales	Sectores CIUU que comprende	VAI 1990 (%)	EI 1990 (%)	VAI 1995 (%)	EI 1995 (%)	VAI 2000 (%)	EI 2000 (%)	VAI 2005 (%)	EI 2005 (%)
Recursos naturales	Industrias de alimentos y bebidas, productos de la refinación del petróleo, metales y sus productos, productos minerales no metálicos, papel, cartón y productos de papel y cartón, productos de tabaco, madera y sus productos	51,68	41,28	54,25	40,74	57,33	41,68	60,06	38,51
Mano de obra	Textiles, confecciones, impresión, edición y artes gráficas, industrias manufactureras cuero, calzado, marroquinería y muebles.	19,58	31,67	16,43	31,67	16,38	33,67	14,68	34,67
Conocimientos y tecnología	Industrias de químicos y plásticos, maquinaria y equipos.	28,72	25,41	29,31	26,28	26,27	24,64	25,24	26,81

Fuente: Amézquita (2008) con base en datos del DANE y CEPAL.

De la Tabla 1.8 se destaca la reducción de más de tres puntos porcentuales desde 1995, las actividades intensivas en mano de obra y en conocimientos y tecnología.

Asimismo, según Garay (1998 citado por Amézquita 2008) el empleo industrial constituye una importante fuente de ocupación dentro de la economía nacional, aportando cerca de 20% del total de los puestos de trabajo. A su vez, durante el periodo 1990-2005, cerca de 40% del empleo industrial se concentró en las actividades intensivas en recursos naturales.

### 1.4.2.2 Energía

Para el periodo 2000 - 2006, la producción total de energía primaria creció a una tasa promedio de 1,6%, explicado por el crecimiento en la producción de carbón (8,1%), gas natural (1,8%) y la generación hidroeléctrica (4,6%) (Ideam *et al.*, 2009). Por su parte el consumo interno presentó un promedio anual de crecimiento de 1,9%, pasando de 222.271 a 231.603 teracalorías<sup>30</sup> para el periodo en mención. De éste, el consumo industrial es responsable por 26,6% del consumo energético final, después del sector transporte. Igualmente, la composición de las fuentes de energía ha cambiado, dando una mayor participación al gas natural como resultado de los programas de gestión racional de energía, acompañadas de políticas para incrementar su uso en los sectores residencial, industrial y de transporte, pasando de 18,6% de participación, al inicio del periodo, a 29,7% para el último año del mismo.

<sup>30</sup> Véase el Glosario y Siglas, acrónimos y conversiones.

La repotenciación de vehículos de transporte público y los precios de los combustibles modificaron la dinámica del sector. Se destaca el incremento en la participación del aceite combustible para motores - ACPM - y la disminución en el consumo de gasolina.

### 1.4.2.3 Agropecuario

Según cifras del MADR (2005), en Colombia se utilizaron cerca de cuatro millones de hectáreas (ha) en la actividad agrícola, con alrededor de 44% en cultivos transitorios o de economía campesina (algodón, arroz total, papa, tabaco rubio, cebada, frijol, maíz total, sorgo y trigo), el 39% en cultivos comerciales (banano de exportación, cacao, caña de azúcar, tabaco negro de consumo interno y exportación, palma africana, caña panelera, cocotero, plátano, yuca, frutales y cacao), y el 17% al cultivo de café (Ideam *et al.*, 2009a).

Entre los años 2000 y 2005 se registró un incremento de 38.855 ha de la superficie cosechada en cultivos permanentes y transitorios. Los años 2002, 2003 y 2004 fueron los de mayor incremento (MADR, 2005). La dinámica de crecimiento se interrumpió en el 2005 por la depreciación del peso frente al dólar, las bajas cotizaciones internacionales y el aumento del precio sostenido de los agroquímicos (SAC, 2006).

Para el periodo 2000-2005 se presentó un crecimiento de 10,2% en la producción agrícola incluyendo la producción de los cultivos transitorios y permanentes; es decir, un aumento de 2.282.357 (t), que corresponde a una producción absoluta de 24.700.803 t en 2005. Entre los años 2000 y 2003 el crecimiento anual sostenido fue de 2,3%, mientras que en el año 2004 alcanzó su mayor crecimiento 4,1%, por ser el año de mayor cosecha y producción. Para el año 2005, se observa una caída en el área cosechada, que representa una disminución en la producción nacional de 1,32% con respecto al año 2004.

Del total de la producción, los cultivos transitorios aportaron en promedio 35,5% y los cultivos permanentes 64,5%. Es decir, los cultivos de ciclo largo presentaron una producción promedio anual de 15.303.709 (t), y los cultivos transitorios llegaron a 8.440.333 toneladas (Ideam *et al.*, 2009a).

Dentro de los cultivos transitorios o de economía campesina se encuentra el algodón, el arroz, la papa, el tabaco, la cebada, el frijol, el maíz, el sorgo y el trigo; los cuales son de gran importancia ya que están ligados a la seguridad alimentaria y en el Capítulo de Vulnerabilidad se analizarán los efectos del cambio climático sobre éstos.

Igualmente, de acuerdo a la encuesta nacional agropecuaria del año 2001, en Colombia, alrededor de 74% de la superficie que se destinó al uso agropecuario (37.609.795 ha), se encontraba en pastos, superando en nueve veces el área dedicada a la agricultura (8,15%). Al área agrícola correspondió una superficie de 4.135.021 hectáreas del total del área en uso agropecuario a nivel nacional (DANE, 2001).

Con respecto a la producción de leche, se presentó un aumento continuo a una tasa promedio de 2,5% para el periodo 2000-2003, mientras que para el siguiente año la tasa de crecimiento de la producción no fue mayor a 0,57%. En promedio la producción anual fue de 6.369 millones de litros<sup>31</sup>.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que los sistemas ganaderos bovinos incluyen una inmensa variedad de arreglos productivos manejados por distintas etnias y grupos sociales con variados niveles de inserción en la economía de mercado, situados en distintos biomas terrestres y, por lo tanto, enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales (Murguieitio & Calle, 1999). Existen dos finalidades en estas actividades: 1) una relacionada con un propósito económico comercial derivado de la explotación ganadera y 2), una actividad ganadera como estrategia de ocupación del territorio.

- Economía campesina

Las agriculturas campesinas alternativas surgen como reacción a las agriculturas químicas (revolución verde); las de tipo empresarial son certificadas y las de enfoque comunitario tienen como fundamento los postulados de salud con base en alimento sano y alimento sano para todos como derecho humano (Mejía, 2004 citado por Moreno, 2009), no obstante, este tipo de agricultura no ha contado con los suficientes recursos y apoyo que permita una mayor presencia en el territorio nacional; el enfoque cultural, económico y ecológico planteado en este tipo de agricultura resulta fundamental para efecto de implementar medidas de adaptación al cambio climático que permitan atender las necesidades de alimento y nutrición de las poblaciones campesinas.

31 Este comportamiento obedece a las políticas sobre las licencias previas de importación de leche (leche y nata-crema, concentradas, o con adición de azúcar u otro edulcorante), con la finalidad de mantener la estabilidad del mercado interno de la leche y frenar las importaciones de leche en polvo. Estas políticas se establecieron a través de los Decretos: 1310 de 2003 y 1963 de 2004.

La sociedad que hace parte de las agriculturas campesinas son propietarios de pequeñas áreas o arrendatarios, aparceros y/o colonos, o campesinos sin tierra (quedando como jornaleros o como desplazados hacia zonas marginales urbanas por lo regular).

Desde el punto de vista de la formación de capital, existen tres diferentes tipos de unidades productivas (Machado, 1991 citado por Moreno, 2009): a) Economía campesina plena: utiliza mano de obra familiar que obtiene los alimentos básicos para autoconsumo, quedando un excedente que se comercializa, con saldos financieros muy bajos para acumular; b) Economía campesina con excedentes: presenta las mismas características de la anterior, pero con escalas de producción para el mercado que aunque pequeñas les permite acumular y utilizar trabajo asalariado. Su principal objetivo es cubrir costos y mejorar la productividad y c) Productores semi-jornaleros: campesinos con pequeñas parcelas que no permiten sostener a su familia, por lo tanto, deben ocuparse además como asalariados temporales (Moreno, 2009).

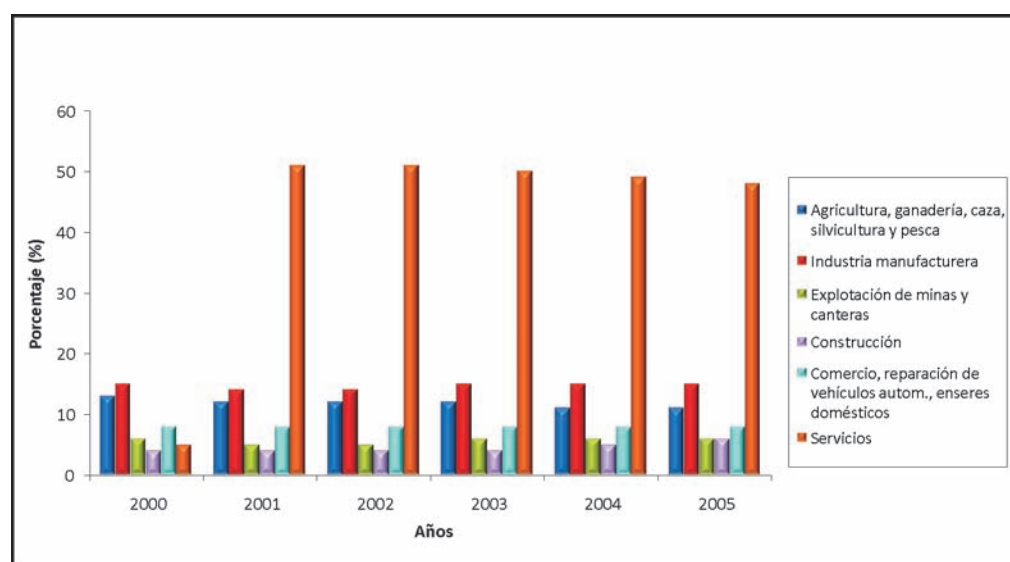
La producción de las agriculturas campesinas tiende a ser mixta y rotatoria: policultivos o cultivos asociados y ganadería que genera alimentos y energía para transporte y labranza del suelo; lo cual es un buen precedente de sostenibilidad; además, a pesar de la presión política y el desplazamiento forzado sustentan la seguridad, diversidad y soberanía alimentaria del país. Más de 90% de lo que producen los campesinos va al mercado y menos de 10% al autoconsumo. Según investigaciones realizadas por Forero (2004 citado por Moreno, 2009), Colombia debería contar con 17 millones de hectáreas sembradas en alimentos para seres humanos, sin embargo, sólo se cuentan con cinco millones sembradas para ese propósito (Forero, 2002 citado por Moreno, 2009), y más de 50% de la población colombiana se encuentra en niveles de inseguridad alimentaria.

#### 1.4.2.4 Construcción

El sector de la construcción ascendió en la participación del PIB desde el año 2000 y alcanzó en el año 2005 un valor por encima del 6%. Véase la Figura 1.16.

En el cuarto trimestre de 2008, el PIB del sector de la construcción (serie desestacionalizada) sólo representó el 5,0% del PIB a precios del 2000, explicado por el decrecimiento de los subsectores de obras civiles y edificaciones en 12,6% y en 0,6%, respectivamente.

Figura 1.16 Participación de las ramas de la actividad económica en el PIB 2000-2005



Fuente: Cifras Banco de la República y Cuentas Nacionales del DANE compiladas por Amézquita (2008).

#### 1.4.2.5 Generación de residuos

La Tabla 1.9, tomada del informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales en Colombia, presenta la generación total y per cápita de residuos sólidos ordinarios en las cabeceras municipales de Colombia.



Tabla 1.9 Generación de residuos sólidos ordinarios

Año	Generación de residuos sólidos	
	t/año	kg · hab <sup>-1</sup> · día <sup>-1</sup>
1998	7.263.420	0,69
1999	7.884.203	0,73
2000 <sup>32</sup>	7.921.034	0,72
2001	8.015.854	0,71
2004 <sup>33</sup>	8.558.981	0,72

Fuente: Ideam *et al.*, 2004 con base en datos de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).

La cobertura en el país del servicio de recolección y transporte de residuos sólidos para el año 2001, alcanzó 98% en los grandes centros urbanos, 91% en los medianos y 95% en los municipios pequeños, para un promedio nacional de 94,6%. Para el año 2003, la cobertura en transporte y recolección a nivel nacional, alcanzó 95% (SSPD, 2002 citado por Ideam *et al.*, 2004).

## BIBLIOGRAFÍA

- Alemaný, C. (1986). Diccionario de meteorología. (Autor, Ed.) Madrid: Alhambra.
- Amézquita, C. (2008). La industria manufacturera en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Rev. Fac. Ciencias económicas. Vol. 25 (2). 2008. p. 61-78. Recuperado en octubre 2009, de <http://www.umng.edu.co/www/resources/art-04.pdf>
- Banco de la República & Proexport Colombia. (s.f.). Colombia un vistazo a la economía - Segundo semestre de 2006. Recuperado en junio de 2009, de [http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/vistazo/2006/proexport\\_II\\_06\\_espanol.pdf](http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/vistazo/2006/proexport_II_06_espanol.pdf)
- Banco Mundial & Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento [BIRF]. (2008). Informe sobre el crecimiento. Estrategias para crecimiento sostenido y el desarrollo incluyente. Comisión sobre el crecimiento y desarrollo. Bogotá: Banco Mundial y Mayol ediciones S.A. p. 160.
- Barón, G. (2007). Cuentas de salud de Colombia 1993 -2003 - El gasto nacional en salud y su financiamiento. Bogotá: Ministerio de la Protección Social y Programa de Apoyo a la Reforma de Salud.
- Calderón, E., Galeano, G., García, N. (2002). Eds. Libro Rojo de Plantas Fanerógamas de Colombia. Volumen 1: Chrysobalanaceae, Dichapetalaceae y Lecythidaceae. La serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente. p. 218.
- Cárdenas, J. C. (s.f.). Territorios Colectivos en Colombia. Universidad de los Andes. Recuperado en diciembre de 2009, de <https://egresados.uniandes.edu.co/volver3/documentos/territorios-colectivos.pdf>.
- Cárdenas, M. (2007). Introducción a la Economía Colombiana. Primera Edición. Bogotá: Ed. Alfaomega, Fedesarrollo.
- Convenio de Diversidad Biológica [CDB]. (2007). Cambio Climático y Diversidad Biológica. Recuperado en agosto de 2009, de <http://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-es.pdf>
- Chaves M.E. & Arango N. Eds. (1998). Informe Nacional sobre el estado de la Biodiversidad 1997-Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (2001) Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (2005). Censo Nacional de Colombia. (DANE, Ed.) Bogotá: Colombia. Documento digital, recuperado en junio de 2009, de [www.dane.gov.co](http://www.dane.gov.co)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (2007). Colombia: Una Nación multicultural su diversidad étnica. Dirección de Censos y demografía. [DANE, Ed.] Bogotá: DANE. p. 45. Recuperado en septiembre de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/censo2005/etnia/sys/colombia\\_nacion.pdf](http://www.dane.gov.co/files/censo2005/etnia/sys/colombia_nacion.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (2007a) Proyecciones de población. Proyecciones nacionales y departamentales de población. 2006-2020. Recuperado en septiembre de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/7Proyecciones\\_poblacion.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7Proyecciones_poblacion.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (2007b). Conciliación censal 1985-2005 - Colombia estimación de la fecundidad 1985-2005. Recuperado en junio de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/conciliacenso/4Fecundidad85\\_05.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/conciliacenso/4Fecundidad85_05.pdf)

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2009). Encuesta de calidad de vida 2008. Boletín de prensa del 18 de marzo de 2009. Recuperado en junio de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones\\_vida/calidad\\_vida/Boletin\\_Prensa\\_ECV\\_2008.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Boletin_Prensa_ECV_2008.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2009a). Encuesta anual manufacturera - EAM 2007. Boletín de prensa 4 de septiembre de 2009. Bogotá. Recuperado en octubre de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet\\_eam\\_2007.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/eam/bolet_eam_2007.pdf)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (s.f.). Información estadística Colombia: estimaciones 1985-2005 y Proyecciones 2006-2020 anualizadas por sexo y edad. Recuperado en septiembre de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85\\_20/EstimacionesProyecciones1985\\_\\_020.xls](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/seriesp85_20/EstimacionesProyecciones1985__020.xls)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE]. (s.f.a). Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU Revisión 3.4 adaptada para Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. [DANE] y Banco de la República. (s.f.). Producto interno bruto total y por habitante a precios constantes de 1994. Recuperado en mayo de 2009, de [www.banrep.gov.co/estad/dsbb/srea1\\_008a.xls](http://www.banrep.gov.co/estad/dsbb/srea1_008a.xls)
- Departamento Nacional de Planeación de Colombia [DNP]. (2006). Misión para el diseño de una estrategia para la reducción de la pobreza y la desigualdad. Departamento Nacional de Planeación, Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación de Colombia [DNP]. (2009). Misión para el empalme de las series de empleo, pobreza y desigualdad (MESEP). Resultados fase I - Empalme de las series de mercado laboral, pobreza y desigualdad (2002-2008). Resumen Ejecutivo. Recuperado en octubre de 2009, de <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=0vZIGUqDrMU%3d&tabid=36%20>
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. Zapata y S. Zea. (2000). Áreas coralinas de Colombia. Serie Publicaciones Especiales. INVEMAR. 5. p 176.
- Eslava, J. (1994). Climatología del Pacífico colombiano. Academia colombiana de ciencias geofísicas [ACCG]. Colección Eratóstenes. Bogotá: ACCG. p. 79
- FAO. (2005). Evaluación de los recursos forestales mundiales.
- FAO. (2009). Entrevista a: Mette Lojyche Wilkie, oficial superior del departamento forestal de la FAO. En: Boletín electrónico de la FAO. Recuperado en abril de 2009, de [www.fao.org/climatechange/newsletter/es](http://www.fao.org/climatechange/newsletter/es)
- Gilman, E.L, J. Ellison, N.C. Duke and C. Field. (2008). Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany* 89. p. 237-250
- Gómez, D. (Ed.). (2007). Estado de las praderas de pastos marinos. Pp. (99-105). En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No. 9. En prensa. Santa Marta.
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos [Invima] & Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2009). Medidas sanitarias y fitosanitarias en la Unión Europea. Proexport Colombia. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia. Recuperado en agosto de 2009, de <http://www.proexport.com.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo10429DocumentNo8468.PDF>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2001). Indicadores relacionados con los suelos - Degradación de los suelos por erosión, remoción en masa y sedimentación. Recuperado en junio de 2009, de <http://www.ideam.gov.co/indicadores/suelos2.htm>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2002). Estudio Nacional del Agua. Recuperado en enero de 2010, de <http://www2.ideam.gov.co/publica/ena/enacuadros.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2005). Atlas climatológico de Colombia. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2009). Glaciares colombianos. Sin publicar. Documento interno del Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (s.f.). Presentación - SINA. Recuperado en octubre de 2009, de <http://www.ideam.gov.co/sina/index4.htm>

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (s.f.a) Contextualización - Normatividad sobre Cambio Climático. Recuperado en octubre de 2009 de <http://www.cambioclimatico.gov.co/normatividad.html#colombia>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (s.f.b). El clima - Factores climáticos. Recuperado en octubre 2009, de <http://www.cambioclimatico.gov.co/cambio.html>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2008). Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia - Estudio nacional del agua - Relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [Invemar], Instituto de Investigación de Recursos Biológicos [IAvH], Instituto Amazónico de Investigaciones [Sinchi], Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann [IIAP], Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales [UAESPNN], Instituto geográfico Agustín Codazzi [Igac] & Asocar. (2004). Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Bogotá: Autores, Ed.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] & Universidad Nacional de Colombia [UNAL]. (2005). Informe de evaluación del cambio climático en Colombia. Documento digital elaborado en el marco del contrato firmado entre Conservación Internacional [CI] Colombia y la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Depto. de Geografía para el Ideam. Bogotá: Ideam. p. 62.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Instituto de Investigación de Recursos Biológicos [IAvH], Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann [IIAP], Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [Invemar], Instituto Amazónico de Investigaciones [Sinchi], Instituto geográfico Agustín Codazzi [Igac]. (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá: Autores, Ed.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2001). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Inventario Nacional de GEI 1990 y 1994. Trade Link Ltda. Bogotá: Autores. 221 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2009). Inventario Nacional de fuentes y sumideros de GEI. Módulo de energía. Capítulo 2. p. 80. <http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos%5CInventarioGasesEfectoInvernadero/IDEAM%202.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2009a). Inventario Nacional de fuentes y sumideros de GEI. Módulo de agricultura. Capítulo 4. p. 184. <http://www.cambioclimatico.gov.co/documentos%5CInventarioGasesEfectoInvernadero/CAPITULO%204%20-%20AGRICULTURA.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2009b). Glaciares colombianos. (Sin publicar). Documento interno del Ideam. Subdirección de ecosistemas.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac]. (1987). Cartografía básica a escala 1:500.000 del año 1987. Bogotá: Igac.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac]. (1992). Atlas de Colombia. Cuarta Edición. Santafé de Bogotá: Editorial Laser Ltda. P 106.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac]. (2003). Atlas de Colombia. (Igac, Ed.) Bogotá: Igac. Recuperado en mayo de 2009, de [http://www.igac.gov.co:8080/igac\\_web/contenidos/plantilla\\_general\\_titulo\\_contenido.jsp?idMenu=212](http://www.igac.gov.co:8080/igac_web/contenidos/plantilla_general_titulo_contenido.jsp?idMenu=212)
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac] & Corpoica. (2002). Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia. CD. Bogotá, Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac], Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Instituto de Investigación de Recursos Biológicos [IAvH], Instituto Amazónico de Investigaciones [Sinchi], & Cormagdalena. (sin publicar). Mapa de coberturas de la tierra para Colombia a escala 1: 100.000 del año 2000.
- INVEMAR. 2003. Programa holandés de asistencia para estudios en cambio climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su



- adaptación., in Programa para Investigación Marina y Costera - GEZ, M.P. Vides, Editor. Santa Marta, Colombia. p. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD Atlas digital.
- INVEMAR. 2005. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. Serie de publicaciones periódicas/INVEMAR; No.8 Santa Marta. p. 360.
- INVEMAR 2007. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2006. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. p. 378.
- INVEMAR 2009. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2008. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta. p. 244.
- IPCC. (2002). Cambio climático y biodiversidad. Documento Técnico. P 93.
- Maldonado-Ocampo, J., R. Vari y J. S. Usma. (2008). Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2): 143-237.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2005). Anuario estadístico del sector agropecuario. Bogotá.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo [MCIT]. (s.f). Acuerdo Comercial entre la unión Europea y Países Andinos. Relaciones Comerciales y de Inversión. Colombia-Unión Europea. República de Colombia. 5 p. Recuperado en agosto de 2009, de <http://www.mincomercio.gov.co/eContent/documentos/RelacionesComerciales/UnionEuropea/UEPerfil.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional. (2008). Educación básica y media - Cobertura nacional 2002-2008. Recuperado en junio de 2009, de [http://menweb.mineducacion.gov.co/infosector/estadisticas/excel/resume\\_basica.htm](http://menweb.mineducacion.gov.co/infosector/estadisticas/excel/resume_basica.htm)
- Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). Plan Decenal de Educación 2006-2016. Recuperado en junio de 2009, de <http://www.plandecenal.edu.co/html/1726/article-158430.html>
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. (2001). Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Panamericana Formas e Impresos S.A. Bogotá: MMA, p. 95
- Mittermeier, R., Goetsch de M, C., & Robles P. (1997). Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo. México: Agrupación Sierra Madre, S.C y Cemex.
- Montealegre, O.P. 2002. Consideraciones sobre la susceptibilidad de las formaciones coralinas y los manglares al ascenso en el nivel del mar, golfo de Morrosquillo, Caribe colombiano. Trabajo de grado presentado para optar al título de Biologo Marino. Fundacion Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. p.116.
- Montoya, G. (2008). Lecciones de meteorología dinámica y modelamiento atmosférico. Colección notas de clase. Departamento de Geociencias, Fac. Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Bogotá: Universidad Nacional. p. 322.
- Montoya, G. (2009). Principios físicos e incertidumbre en el calentamiento global y el cambio climático. En: Revista La Tadeo. Calentamiento global. Más ciencia, mejores políticas. Núm. 74. 2009. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 33-48.
- Morales M., Otero J., Van Der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., Posada E. Y Cárdenas L. (2007). Atlas de páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. p. 208.
- Moreno, G. (2009). Vulnerabilidad y estrategias de adaptación para la agricultura en Colombia. Documento interno sin publicar en formato digital, como aportes a la SCN. Subdirección de Estudios Ambientales del Ideam. Bogotá: Ideam. p. 21.
- Murgueitio, E y Calle Z. (1999). Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. Cipav, Cali.
- Navas, R. y A. Rodríguez (Eds). 2007. Estado de los Arrecifes Coralinos. Pp. (59-71). En: INVEMAR. 2007. Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No. 9. En prensa. Santa Marta.
- Lucio J., Usgame D., Usgame G., Arenas G., Bernal E., Daza S., Guerrero J., Pardo M. (2009). Indicadores de ciencia y tecnología, Colombia 2009. Edición de Bolsillo. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. p. 132.

- Ong, J.E. 2002. The Hidden Costs of Mangrove Services, Use of Mangroves for Shrimp Aquaculture Intl. Science Roundtable for the Media, 2002.
- Ortíz, C.H., Uribe, J.I., & Vivas, H. (2009). Transformación industrial, autonomía tecnológica y crecimiento económico: Colombia 1925-2005. En: Archivos de Economía. Departamento Nacional de Planeación. Documento 352. 15 de enero de 2009. Recuperado en junio de 2009, de <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/LinkClick.aspx?fileticket=%2bMfnGFpPNoc%3d&tabid=897>
- Pérez, S.J. (2001). Modelo para evaluar la erosión hídrica en Colombia utilizando sistemas de información geográfica. Tesis de grado para optar al título de especialista en Ingeniería Ambiental. Universidad Industrial de Santander - Escuela de Ingeniería Química.
- Renjifo, L.M., Franco-Mata, A.M., Amaya-Espinel, J.D., Kattán, G.H., López-Lanús, B. (2002). Eds. Libro rojo de aves de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos biológicos Alexander von Humboldt. Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá. CO. p. 562.
- República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia de 1991. Recuperado en mayo de 2009, de <http://web.presidencia.gov.co/constitucion/index.pdf> documento digital actualizado en mayo de 2008.
- Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., Romero, M. (2006). Ecosistemas de los Andes Colombianos. Segunda Edición. Instituto de Investigación Alexander von Humboldt. Bogotá, DC. CO. p. 154.
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. (Autor, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Romero, M., Cabrera, E., & Ortiz, N. (2008). Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia: 2006-2007. (IAvH, Ed.) Bogotá, Colombia: IAvH.
- Short F.T. and H.A. Neckles. 1999. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany* 63 169±196
- Sociedad de Agricultores de Colombia [SAC]. (2006). El desempeño del sector agropecuario 2002-2005. En: *Revista Nacional de Agricultura SAC*. Agosto de 2006: 946.
- Sistema de Información Ambiental [SIAC]. (2002). Perfil del estado de los recursos naturales y el medio ambiente en Colombia 2001. Tomo 3. Colombia: Trade Link Ltda.
- Spalding, M.D., Ravilious C. & Green E.P. (2001). *World atlas of coral reefs*. Univ. Berkeley, USA: California Press. P 424.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (s.f.). Sistema único de información SIU - Aseo/Técnico-operativo/Sitios de disposición final. Recuperado en junio de 2009, de [http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ase\\_tec\\_054](http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ase_tec_054)
- Tragsa, Tragsatec & Ministerio del Medio Ambiente de España. (1998). Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión. Ingeniería medioambiental. 2ª Ed. Madrid: Ediciones Mundi-prensa. p. 13-19
- Universidad Nacional de Colombia [UNAL]. (2009). Claves para el debate público. Mayo 2009. Vol. 25. Núm. 25. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, Unimedios.
- Universidad Sergio Arboleda. (2009). La Economía Colombiana. Observatorio económico, financiero y empresarial. Recuperado en octubre de 2009, de [http://www.usergioarboleda.edu.co/observatorio\\_economico/reporte\\_macroeconomico/enero/enero\\_%20andres.html](http://www.usergioarboleda.edu.co/observatorio_economico/reporte_macroeconomico/enero/enero_%20andres.html)
- Van der Hammen, T. (s.f.). La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana. En: *Palimpsestos V: Tolerancia, diversidad, pluralismo*. Publicación de la Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia. P 286-291.
- Vargas, G. (1999). Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. (GTZ & Autor Ed.) Villavicencio, Meta: Proyecto Río Guatiquía - GTZ. p. 30-33, 55-74 y 174.
- Wilches-Chaux, G. (2009). Ese océano de aire en que vivimos. Origen, evolución, estado actual y futuros posibles de la atmósfera terrestre. Ideam, Prud & MAVDT (Unidad técnico de ozono [UTO], Dirección Desarrollo Sectorial Sostenible), [Rev. Técnica]. Bogotá: MAVDT. p. 76.





# CAPÍTULO DOS

## INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

---

### AUTORES

DALIA MERCEDES BUITRAGO BENAVIDES,  
MAURICIO CABRERA LEAL, MARÍA CECILIA CARDONA R.,  
SHIRLEY CASTILLO DÍAZ, MARTHA DUARTE O.,  
MARÍA MARGARITA GUTIÉRREZ ARIAS,  
PEDRO SIMÓN LAMPREA QUIROGA,  
RICARDO JOSÉ LOZANO P., HELMUTH E. NIEVES O.,  
CLAUDIA PATRICIA OLARTE V., LUIS GABRIEL PADILLA  
TENJO, ADRIANA PEDRAZA GALEANO,  
ANA DERLY PULIDO GUÍO, JULIANA EDITH RODRÍGUEZ,  
GABRIEL DE JESÚS SALDARRIAGA OROZCO,  
MAGDA MALLEN SIERRA URREGO, LUZ DARY YEPES



### Colaboradores

Abonos Colombianos S.A. (Abocol S.A.), Acerías de Caldas S.A. (ACASA S.A.),  
Acerías Paz del Río, Asociación Colombiana de Industrias Plásticas  
(Acoplásticos), Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), ARGOS S.A.,  
Asociación de Ganaderos de Córdoba (Ganacor), Asociación Nacional de  
Industriales (ANDI), Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos  
Domiciliarios y Actividades Complementarias e Inherentes (Andesco), Autoridades  
Ambientales de Grandes Centros Urbanos, Avianca, Brinsa S.A., Caldesa S.A.,  
Centrales Eléctricas de Nariño S.A. - ESP,  
Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), Cerromatoso S.A.,  
Codensa S.A. - ESP, Compañía de Electricidad de Tuluá S.A. (CET S.A.),  
Conservación Internacional (CI), Corporación Autónoma Regional del Valle del  
Cauca (CVC), Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá),  
Corporación Autónoma Regional de Chivor (Corpochivor), Corporación Autónoma  
Regional de Cundinamarca (CAR), Corporación Autónoma Regional de la  
Orinoquia (Corporinoquia), Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA),  
Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga  
(CDMB), Corporación Carbono y Bosques (C&B), Corporación Colombiana  
Internacional (CCI), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
(Corpoica) - Centro de Investigación La Libertad y Turipán, Corporación Nacional  
de Investigación y Fomento Forestal (Conif), Departamento Nacional de  
Planeación (DANE), Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de  
Barranquilla (DAMAB), Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de  
Colombia (DIAN), Ecopetrol S.A., Electrificadora del Caquetá, Electrificadora del  
Meta S.A. - ESP, Emgesa, Empresa de Energía de Bogotá S.A. - ESP, Empresa  
de Energía del Pacífico S.A., Empresa de Energía del Putumayo S.A. - ESP,  
Empresas Municipales de Cartago S.A. - ESP, Empresas Públicas de Medellín  
(EPM), Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA Cartagena),  
Federación Ganadera y Fondo Ganadero del Meta, Federación Nacional de  
Cafeteros de Colombia, Federación Nacional de Cultivadores de Cereales  
(Fenalce), Federación Nacional de Ganaderos (Fedegan), Federación Nacional  
de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma), Fondo Ganadero de Córdoba,  
Gobernación del Meta, Secretaría de Agricultura y Ganadería, Grupo Siderúrgico  
(DIACO S.A.), Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi),  
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Instituto Colombiano de Desarrollo Rural  
(Incoder), Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC), Instituto de  
Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), Instituto Geográfico Agustín  
Codazzi (IGAC), Interconexión Eléctrica S.A. - ESP, Isagen, Jardín Botánico de  
Bogotá José Celestino Mutis, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR),  
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Ministerio de  
Comercio Exterior, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Transporte,  
Monómeros Colombo Venezolanos S.A., Oficina contra la Droga y el Delito de las  
Naciones Unidas (Unodc), Proyecto Sistema Integrado para el Monitoreo de  
Cultivos Ilícitos -Simci II, Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA),  
Siderúrgica de Occidente S.A., Siderúrgica Nacional (Sidenal S.A.),  
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), Transelca S.A. -  
ESP, Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNNC), Unidad de Planeación  
Minero Energética (UPME), Universidad de Córdoba, Departamento de Ciencias  
Pecuarias, Universidad del Tolima (UT), Universidad Distrital Francisco José de  
Caldas (UDFJC), Universidad Industrial de Santander (UIS)  
- Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales (Ceiam),  
Universidad Nacional de Colombia.

### Coordinación y supervisión

Mauricio Cabrera L.  
Martha Duarte O.  
María Margarita Gutiérrez A.  
Ricardo José Lozano P.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	123
<b>2.1 METODOLOGÍA</b> .....	123
<b>2.2 MESAS TÉCNICAS DE TRABAJO PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES</b> .....	124
2.2.1 Alcance y estructura del inventario según las directrices del IPCC .....	125
<b>2.3 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GEI PARA COLOMBIA</b> .....	126
2.3.1 Emisiones de GEI por módulo y categoría año 2000 .....	126
2.3.2 Emisiones de GEI por módulo y categoría año 2004 .....	127
2.3.3 Participación de cada módulo en las emisiones totales por año .....	128
2.3.4 Emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo .....	129
2.3.5 Emisiones de Colombia frente al total mundial y regional .....	130
2.3.6 Emisiones totales de Colombia frente a los reportes de otros países de América Latina .....	132
2.3.7 Gases más representativos en el país y totales emitidos por año .....	134
2.3.8 Módulo de energía .....	137
2.3.9 Módulo de procesos industriales .....	139
2.3.10 Módulo de agricultura .....	140
2.3.11 Módulo uso del suelo (USCUSS) .....	143
2.3.12 Módulo de residuos .....	145
<b>2.4 CONCLUSIONES GENERALES DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b> .	147
2.4.1 Módulo de energía .....	148
2.4.2 Módulo de procesos industriales .....	148
2.4.3 Módulo de agricultura .....	149
2.4.4 Módulo de USCUSS .....	149
2.4.5 Módulo de residuos .....	150
2.4.6 Necesidades de información .....	150
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	150

	Página
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	
Tabla 2.1 Potencial de calentamiento global en unidades de CO <sub>2</sub> eq para los diferentes GEI .....	124
Tabla 2.2 Principales Módulos y Categorías / actividades aportantes de GEI, año 2000 .....	126
Tabla 2.3 Principales Módulos y Categorías / actividades aportantes de GEI, año 2004 .....	127
Tabla 2.4 Comparación de emisiones GEI, años 1990 y 2000; Mundial - América Latina y el Caribe - Colombia .....	136
Tabla 2.5 Principales Módulos y Categorías / % de CO <sub>2</sub> eq, año 2004 .....	148
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	
Figura 2.1 Entidades participantes en las mesas de trabajo de cada uno de los módulos .....	125
Figura 2.2 Emisiones totales GEI en CO <sub>2</sub> eq por módulo. ....	128
Figura 2.3 Reparto de emisiones totales de GEI por módulo .....	128
Figura 2.4 Participación de cada módulo (sector) y emisión total de GEI año 2004 .....	129
Figura 2.5 Emisiones mundiales de GEI antropógenos .....	130
Figura 2.6 Emisiones totales de CO <sub>2</sub> eq con USCUSS de los principales países del Anexo I .....	130
Figura 2.7 Emisiones de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O global sin USCUSS .....	131
Figura 2.8 Emisiones de PFC, HFC y SF <sub>6</sub> en el mundo .....	131
Figura 2.9 Participación de Colombia con respecto con las emisiones mundiales de GEI .....	131
Figura 2.10 Principales países emisores de GEI en América Latina (sin USCUSS). Años 1990 a 2005 .....	132
Figura 2.11 Comportamiento de las emisiones por módulo y años de algunos países de Latinoamérica .....	132
Figura 2.12 Emisiones totales / año de GEI de algunos países de América Latina (con USCUSS). ....	133
Figura 2.13 Emisiones totales de GEI de algunos países de América Latina (con USCUSS) .....	133
Figura 2.14 Participación de Colombia comparado con las emisiones de países de Latinoamérica .....	133
Figura 2.15 Participación de los principales GEI en Colombia .....	134
Figura 2.16 Participación de los GEI en Colombia. Año 2004 .....	134
Figura 2.17 Emisiones de CO <sub>2</sub> en cada módulo (sector) de algunos países de Latinoamérica .....	134
Figura 2.18 Emisiones de CH <sub>4</sub> en CO <sub>2</sub> eq de cada módulo (sector) de algunos países de Latinoamérica .....	134
Figura 2.19 Emisiones de N <sub>2</sub> O en CO <sub>2</sub> eq de cada módulo (sector) de algunos países de Latinoamérica .....	135
Figura 2.20 Emisiones per cápita de GEI en Colombia en CO <sub>2</sub> eq .....	135
Figura 2.21 Emisiones per cápita de GEI en regiones .....	135
Figura 2.22 PIB per cápita y PIB Total en PPP (USD) .....	136
Figura 2.23 Emisiones per cápita y kg de CO <sub>2</sub> eq / USD del PIB .....	136
Figura 2.24 Participación de las emisiones de CO <sub>2</sub> eq de cada módulo para algunos países de Latinoamérica .....	136
Figura 2.25 Comparación porcentual por años de emisiones totales en CO <sub>2</sub> eq categorías Módulo de energía .....	138
Figura 2.26 Comparación (%) por años de emisiones totales en CO <sub>2</sub> eq categorías Módulo de procesos industriales .....	140
Figura 2.27 Comparación (%) por años de emisiones totales en CO <sub>2</sub> eq categorías del Módulo de agricultura .....	142
Figura 2.28 Participación Módulo de energía por categoría, año 2000 .....	143
Figura 2.29 Participación Módulo de agricultura por categoría, año 2004 .....	143
Figura 2.30 Aporte porcentual de CH <sub>4</sub> por Módulo por año .....	143
Figura 2.31 Aporte porcentual de N <sub>2</sub> O por Módulo por año .....	143
Figura 2.32 Comparación porcentual por años de las emisiones totales en CO <sub>2</sub> eq categorías del Módulo USCUSS .....	145
Figura 2.33 Participación Módulo de residuos, categoría año 2004 .....	146
Figura 2.34 Participación Módulo de procesos industriales, categoría año 2004 .....	146
Figura 2.35 Comparación porcentual por años de las emisiones totales en CO <sub>2</sub> eq categorías del Módulo de residuos .....	147
<b>CONTENIDO DE CUADROS</b>	
Cuadro 2.1 Unidades, equivalencias y formas de expresión común .....	126
Cuadro 2.2 Principales cambios observados en el clima y sus efectos. ....	129
Cuadro 2.3 El proceso de desnitrificación. ....	142
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 2.1 Portada del Capítulo: Árbol del Puy (Tabebuia sp.) Jagua de Ibirico (Cesar) Pedro Simón Lamprea Q., 2007 .....	119

## INTRODUCCIÓN

De conformidad con las directrices y las Guías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) acerca de las buenas prácticas y el manejo de la incertidumbre, Colombia realizó el inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) para los años 2000 y 2004. Lo anterior teniendo en cuenta que para la Segunda Comunicación Nacional (SCN) las partes no incluidas en el Anexo I, adquirieron el compromiso de proporcionar el reporte correspondiente del inventario nacional de GEI para el año 2000<sup>1</sup>, quedando por consiguiente el año 2004 como un aporte discrecional que mejora el análisis y proyección para el país.

A Colombia, por sus condiciones de desarrollo económico, le corresponden las directrices para las Partes no incluidas en el Anexo I de la convención, por consiguiente, de conformidad con lo dispuesto en el inciso a) del párrafo 1 del Artículo 4 y en el inciso a) del párrafo 1 del artículo 12 de la Convención: "cada parte comunicará a la conferencia de las partes, un inventario nacional de las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero (GEI) no controlados por el Protocolo de Montreal, en la medida en que sus posibilidades lo permitan, ateniéndose a lo dispuesto en las presentes directrices".

En este capítulo se presenta un resumen con los resultados más relevantes de cada uno de los módulos y sectores, según las metodologías del IPCC y se analizan estas emisiones con respecto a otros países según ámbitos regionales y globales. Los módulos a los cuales se calcula las emisiones de GEI son: Energía; Procesos industriales; Agricultura; Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUSS<sup>2</sup>) y Residuos.

El lector que esté interesado en obtener los detalles del proceso, la metodología y los análisis para cada uno de los módulos o sectores, puede consultar la publicación correspondiente que se tituló: Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000 y 2004.

### 2.1 METODOLOGÍA

La descripción de la metodología para la estimación del inventario nacional de emisiones de GEI para los años 2000 y 2004, tiene como fundamento lo expresado en la Decisión 17/COP.8 "Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I de la Convención", resultado del octavo periodo de la Conferencia de las partes, celebrado en el año 2002.

En dicho sentido, las directrices del IPCC<sup>3</sup> proponen a las Partes, el uso de diferentes métodos o niveles, priorizando los que produzcan las estimaciones más exactas de acuerdo con las circunstancias nacionales y la disponibilidad de datos. Asimismo, se anima a las partes a que utilicen metodologías nacionales cuando estimen que reflejan mejor su situación nacional, siempre que esas metodologías sean coherentes y transparentes y estén bien documentadas. Además, ofrecen una metodología que comprende factores de emisión por omisión o datos de actividad por omisión o defecto, cuando no se tiene información detallada para las condiciones nacionales.

En concordancia con lo establecido por las directrices del IPCC, el inventario es el resultado del ejercicio participativo de las instituciones que tienen pertinencia en el tema del módulo en particular, con las cuales se realizó la conformación de mesas interinstitucionales de trabajo.

1 Naciones Unidas, Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático UNFCCC/CP/2002/7/Add.2 del 28 de enero de 2003. "Decisión 17/CP.8. Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el anexo I de la Convención."

2 También aparece con las siglas en inglés: Lulucf. (Land use, land use-change and forestry)

3 El Ingei ha sido preparado de acuerdo con las directrices del IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de GEI (Revised, 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories), las orientaciones del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero (Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories) y la guía de buenas prácticas para el Módulo de uso de la tierra, cambios en el uso de la tierra y silvicultura (Good practice guidance for land use, land use change and forestry).



En el presente inventario se estiman emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Además, se estiman las emisiones por fuente de hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), así como los precursores de GEI como monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM). También se incluyen otros gases no controlados por el Protocolo de Montreal como son los óxidos de azufre (SOx), que figuran en las directrices del IPCC.

Por otra parte, se adjuntan como partidas informativas las estimaciones de las emisiones generadas por los combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional que, por directriz del IPCC, no se incluyen en los totales nacionales.

Los potenciales de calentamiento global (PCG<sup>4</sup>) utilizados para informar de las emisiones expresadas en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq), están basados en los efectos de los gases de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años, los cuales se relacionan en la Tabla 2.1, donde se presentan las respectivas equivalencias.

Tabla 2.1 Potencial de calentamiento global en unidades de CO<sub>2</sub> eq para los diferentes GEI

Nombre	Fórmula Química	Potencial de Calentamiento Global (PCG ó GWP)
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310
Tetrafluoruro de carbono (PFC)	CF <sub>4</sub>	6.500
Hexafluoruro de carbono (PFC)	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9.200
Hexafluoruro de azufre	SF <sub>6</sub>	23.900
Trifluorometano	HFC-23	11.700
Difluorometano	HFC-32	650
Pentafluoroetano	HFC-125	2.800
Trifluoroetano	HFC-143 <sup>a</sup>	3.800
Difluoroetano	HFC-152 <sup>a</sup>	140
Tetrafluoroetano	HFC-134 <sup>a</sup>	1.300

Debido a la variabilidad existente entre las actividades radiativas de los diferentes GEI y sus tiempos de residencia atmosférica, es necesario hacer la conversión de las emisiones de cada uno de los GEI en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes (CO<sub>2</sub> eq), lo cual permite integrar los efectos de las emisiones de varios gases con el fin de ser comparados. Este reporte presenta resultados globales para la totalidad de los GEI anteriormente mencionados en unidades de CO<sub>2</sub> eq usando los potenciales de calentamiento global (GWP) para un horizonte de 100 años contenidos en el "1995 IPCC Second Assessment Report (IPCC 1996)".

Para cada uno de los módulos (o sectores), se realizó el cálculo de incertidumbre asociado con los datos del inventario. Dicha prueba se orientó a establecer las actividades que se deben efectuar para mejorar la producción de información estadística necesaria por categoría de fuente, además de enfocar los esfuerzos de los recursos e investigación aplicada para los inventarios futuros. Los resultados obtenidos se presentan de conformidad con las recomendaciones y directrices del IPCC.

Más adelante, en el presente capítulo, se describe el alcance y estructura de la información (categorías) por fuentes y sumideros (absorciones) de gases de efecto invernadero.

## 2.2 MESAS TÉCNICAS DE TRABAJO PARA EL CÁLCULO DE LAS EMISIONES

El ejercicio de la estimación del inventario de GEI fue coordinado por el Ideam, con el fin de obtener resultados consensuados con las entidades sectoriales pertinentes y entregar un documento que exprese los resultados desarrollados por el país. Para tal propósito se crearon "mesas técnicas de trabajo interinstitucionales" donde se abordaron los diferentes temas relacionados con el inventario. En la Figura 2.1, se presentan las entidades que conformaron las mesas técnicas de trabajo por módulo.

4 Una emisión de CO<sub>2</sub> equivalente (eq); es la cantidad de emisión de CO<sub>2</sub> que ocasionaría durante un horizonte temporal dado, el mismo forzamiento radiativo integrado a lo largo del tiempo que una cantidad emitida de un GEI de larga permanencia o de una mezcla de GEI. Para un GEI, las emisiones de CO<sub>2</sub> eq se obtienen multiplicando la cantidad de GEI emitida por su potencial de calentamiento global (PCG) para un horizonte temporal dado. Para una mezcla de GEI, se obtienen sumando las emisiones de CO<sub>2</sub> eq de cada uno de los gases. Las emisiones de CO<sub>2</sub> eq constituyen un valor de referencia y una métrica útil para comparar emisiones de GEI diferentes, pero no implican respuestas idénticas al cambio climático. (IPCC, 2007).

Figura 2.1 Entidades participantes en las mesas de trabajo de cada uno de los módulos

ENERGÍA	PROCESOS INDUSTRIALES	AGRICULTURA	USO DE LA TIERRA, CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	RESIDUOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Minas y Energía</li> <li>Ministerio de Transporte</li> <li>Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)</li> <li>Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol)</li> <li>Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS)</li> <li>Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)</li> <li>Distribuidores de combustibles: TERPEL, EXXON MOBIL y CHEVRON TEXACO</li> <li>Universidad Nacional de Colombia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial (MAVDT) Unidad Técnica de Ozono (UTO)</li> <li>Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)</li> <li>Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol)</li> <li>Administrativo Nacional de Estadística (DANE)</li> <li>Instituto Nacional de Vías (INVIAS)</li> <li>Ministerio de Comercio (Base de datos BACEX)</li> <li>Departamento de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)</li> <li>Federación colombiana de Industrias Metalúrgicas (FEDEMETAL)</li> <li>Asociación Nacional de Industriales(ANDI), Cámara de Pulpa, Papel y Cartón</li> <li>Asociación Colombiana de productores de plásticos ( ACOPLÁSTICO\$</li> <li>Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC)</li> <li>Empresas: Abocol, Monómeros, Caldesa Propa, Diaco Siderúrgica Nacional, Acasay Brinsa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</li> <li>Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)</li> <li>Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)</li> <li>Corporación Autónoma Regional del Valle de l Sinú y San Jorge (CVS)</li> <li>Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía</li> <li>Gobernación del meta (Secretaría de Agricultura y Ganadería)</li> <li>Federación Ganadera de Córdoba (GANACOR)</li> <li>Centro Colombiano de Investigaciones Agropecuarias (CORPOICA)</li> <li>Federación Ganadera del Meta</li> <li>Universidad de Córdoba, Departamento de Ciencias Pecuarias</li> <li>Fondos Ganaderos de Córdoba y Meta</li> <li>Corporación Colombia Internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial (MAVDT)</li> <li>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural</li> <li>Corporación Nacional de Investigación y Fomento forestal (CONIF)</li> <li>Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)</li> <li>Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)</li> <li>Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI)</li> <li>Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP)</li> <li>Parques Nacionales de Colombia</li> <li>Jardín Botánico José Celestino Mutis</li> <li>Universidades Distrital, del Tolima y Nacional (sede Medellín)</li> <li>Unidad de Planeación Minera Energética (UPME)</li> <li>Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible</li> <li>Unidades Ambientales de Grandes Centros Urbanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Departamento nacional de Planeación (DNP)</li> <li>Ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo Territorial (MAVDT); Vice ministerio de Agua y Saneamiento Básico; y Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible</li> <li>Universidad Nacional de Colombia, Programa de Investigación de Residuos Sólidos</li> <li>Corporaciones Autónomas Regionales</li> <li>Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Dirección Técnica de Aseo, Dirección Técnica de Alcantarillado</li> </ul>

Fuente: Ideam, 2008

El ejercicio interinstitucional con las mesas de trabajo permitió, además del suministro de información para la estimación del Inventario de GEI, constituirse en un espacio de discusión y concertación de resultados. Las principales actividades se orientaron en la coordinación de reuniones, ajuste y precisión de conceptos y resultados, además de la determinación de las fuentes primarias de información. La obtención de los resultados consensuados no hubiese sido posible sin el concurso oportuno de las entidades funcionales y competentes en la temática de cada uno de los módulos, y la información de muchas otras instituciones.

## 2.2.1 Alcance y estructura del inventario según las directrices del IPCC

Con base en las orientaciones del IPCC sobre las buenas prácticas, las Partes no incluidas en el Anexo I, deben hacer, en lo posible, todos los análisis de las fuentes esenciales, de tal forma que se reflejen las circunstancias nacionales.

En el inventario se tienen en cuenta las fuentes esenciales, como aquellas que son prioritarias dentro del sistema nacional del inventario, debido a que su estimación tiene mayor influencia en el valor total del inventario de GEI del país en términos del nivel absoluto de emisiones, de la tendencia de las emisiones o ambos. Con la identificación de las fuentes esenciales en el inventario nacional, los países pueden darle prioridad a los esfuerzos para mejorar sus estimaciones totales. Tal proceso lleva a mejorar la calidad, además de dar una mayor confianza en las estimaciones de sus emisiones.

Es importante resaltar que en la medida en que se elaboren inventarios con un mejor grado de detalle y mayor periodicidad, se pueden precisar las tendencias de las emisiones de GEI, lo que permite conocer los avances y visualizar los esfuerzos y beneficios que se realizan en materia de mitigación.

Con base en la Primera Comunicación Nacional (PCN), Colombia reportó la información estimada para los años 1990 y 1994; para esta Segunda Comunicación Nacional (SCN), se presentan los resultados obtenidos para los años 2000 y 2004.

En el Cuadro 2.1 se muestran las principales unidades, equivalencias y formas de expresión de uso común en la estimación y cálculos de las emisiones de gases de efecto invernadero. El manejo de tales unidades sin duda facilitará la lectura del documento.

Cuadro 2.1 Unidades, equivalencias y formas de expresión común

Factor de multiplicación	Notación	Prefijo o Unidad	Símbolo	Otra forma de expresión
1 000 000 000 000 000	10 <sup>15</sup>	peta	P	miles de billones
1 000 000 000 000	10 <sup>12</sup>	tera	T	Billones (millones de millones)
1 000 000 000	10 <sup>9</sup>	giga	G	miles de millones (en las expresiones estadounidenses equivale a billones)
1 000 000	10 <sup>6</sup>	mega	M	millones
1 000	10 <sup>3</sup>	kilo	k	miles
Las unidades de expresión común en el inventario de GEI				
	1	gramo	g	
	1	gigagramo	Gg	miles de toneladas o kilotoneladas
	100 <sup>3</sup>	gigagramos	Gg	100 millones de toneladas ( megatoneladas)
	1	teragramo	Tg	millones de toneladas o megatoneladas (Mt)

Fuente: Adaptado por los autores, 2009; tomado de diferentes fuentes.

## 2.3 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GEI PARA COLOMBIA

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de los inventarios de gases de efecto invernadero para cada módulo, en esta sección se presenta una relación de las cifras obtenidas en los años 2000 y 2004, tanto en el ámbito interno del país como en el regional y global.

A continuación se relacionan los resultados obtenidos del inventario para los años 2000 y 2004, en las categorías principales. Los detalles se pueden consultar en el anexo correspondiente.

### 2.3.1 Emisiones de GEI por módulo y categoría año 2000

Los resultados obtenidos para el año 2000 del inventario de gases de efecto invernadero (INGEI) para cada uno de los módulos se presentan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Principales Módulos y Categorías / actividades aportantes de GEI, año 2000

Módulos y Categorías de fuentes y sumideros de Gases de Efecto Invernadero (2000)	CO <sub>2</sub> equivalentes (Gg)	% de Participación respecto a las emisiones totales	% de Participación de la categoría respecto al módulo
<b>TOTALES NACIONALES</b>	<b>177.575,35</b>	<b>100,00%</b>	
<b>1. ENERGÍA</b>	<b>65.507,35</b>	<b>36,89%</b>	<b>100,00%</b>
-----	57.268,11	32,25%	87,42%
1.A.1. Consumo de combustibles fósiles en Industrias de Generación de Energía (centrales térmicas, autoprodutores, centros de tratamiento de gas, refinerías, altos hornos y coquerías)	16.845,83	9,49%	25,72%
1.A.2. Consumo de combustibles fósiles con fines energéticos en Industrias Manufacturera y Construcción.	13.940,66	7,85%	21,28%
1.A.3. Consumo de combustibles fósiles en el Sector Transporte (Aviación Nacional, Transporte por carretera, Transporte Ferroviario, Navegación Nacional).	19.987,37	11,26%	30,51%
1.A.4. Consumo de combustibles fósiles con fines energéticos en otros sectores (Comercial / Institucional, Residencial, Agropecuario y otros).	6.494,25	3,66%	9,91%
1.B. Emisiones fugitivas.	7.523,64	4,24%	11,49%
1.B.1. Minería de carbón.	3.279,99	1,85%	5,01%
1.B.2. Petróleo y gas natural.	4.243,65	2,39%	6,48%
1.C. Quema de biomasa.	715,60	0,40%	1,09%
<b>2. PROCESOS INDUSTRIALES (Transformación física y química de materias primas).</b>	<b>7.343,99</b>	<b>4,14%</b>	<b>100,00%</b>
2.A. Producción de minerales no metálicos (cemento y clinker, cal y usos del carbonato de sodio).	3.263,05	1,84%	44,43%
2.B. Producción de químicos (amoníaco, ácido nítrico, usos de carburo de calcio, negro de humo, coque y metanol).	482,70	0,27%	6,57%
2.C. Producción de metales (hierro, acero, aleaciones ferrosas y aluminio).	2.633,85	1,48%	35,86%
2.D. Uso de SF <sub>6</sub> (uso de SF <sub>6</sub> en equipos eléctricos).	717,00	0,40%	9,76%
2.E. Utilización de Sustitutos SAO. /Usos para: producción de espumas, como solventes, refrigeración móvil, refrigeración fija, aerosoles y extintores de incendios).	247,39	0,14%	3,37%
<b>3. AGRICULTURA</b>	<b>65.169,47</b>	<b>36,70%</b>	<b>100,00%</b>
3.A. Fermentación entérica (ganado bovino, búfalos, ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos y cerdos).	30.928,80	17,42%	47,46%
3.B. Manejo del estiércol (bovinos, búfalos, ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos, cerdos, aves de corral y almacenamiento en sólido).	1.137,67	0,64%	1,75%
3.C. Cultivos de arroz (irrigado y seco).	1.274,91	0,72%	1,96%

(Continúa)

Módulos y Categorías de fuentes y sumideros de Gases de Efecto Invernadero (2000)	CO <sub>2</sub> equivalentes (Gg)	% de Participación respecto a las emisiones totales	% de Participación de la categoría respecto al módulo
3.D. Suelos agrícolas (utilización de fertilizantes nitrogenados)	31.697,50	17,85%	48,64%
3.E. Quema prescrita de sabanas.	61,80	0,03%	0,09%
3.F. Quema en el campo de residuos agrícolas.	68,79	0,04%	0,11%
<b>4. USO DE LA TIERRA, CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (USCUSS)</b>	<b>30.238,90</b>	<b>17,03%</b>	<b>100,00%</b>
4.A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.	6.412,76	3,61%	21,21%
4.B. Conservación de bosques y praderas.	16.639,67	9,37%	55,03%
4.C. Abandono de tierras cultivadas.	-150,47	-0,08%	-0,50%
4.D. Emisiones y absorciones de CO <sub>2</sub> del suelo.	7.336,94	4,13%	24,26%
<b>5. TRATAMIENTO DE RESIDUOS</b>	<b>9.315,64</b>	<b>5,25%</b>	<b>100,00%</b>
5.A. Disposición de residuos sólidos (en tierra).	8.236,62	4,64%	88,42%
5.B. Tratamiento de aguas residuales (domésticas, comerciales e industriales).	391,44	0,22%	4,20%
5.C. Manejo de aguas servidas humanas.	687,58	0,39%	7,38%

Fuente: IDEAM, 2008.

Al sumar la participación en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes de los Módulos de agricultura y USCUSS, con respecto a las emisiones totales, permite ver el aporte significativo en la emisión de gases del sector agropecuario (alrededor del 53%) en los años de inventario (2000 y 2004).

### 2.3.2 Emisiones de GEI por módulo y categoría año 2004

En la Tabla 2.3, se presenta el resumen agregado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) obtenidas para el año 2004; en esta tabla se presentan las categorías más relevantes según el aporte de emisiones obtenido a través del cálculo.

Tabla 2.3 Principales Módulos y Categorías / actividades aportantes de GEI, año 2004

Módulos y Categorías de fuentes y sumidero de Gases de Efecto Invernadero (2000)	CO <sub>2</sub> equivalentes (Gg)	% de Participación respecto a las emisiones totales	% de Participación de la categoría respecto al módulo
<b>TOTALES NACIONALES</b>	<b>180.008,18</b>	<b>100,00%</b>	
<b>1. ENERGÍA</b>	<b>65.971,11</b>	<b>36,65%</b>	<b>100,00%</b>
1.A. Quema de combustibles fósiles	56.208,44	31,23%	85,20%
1.A.1. Consumo de combustibles fósiles en Industrias de Generación de Energía (centrales térmicas, autoproducción, centros de tratamiento de gas, refinerías, altos hornos y coquerías)	15.281,57	8,49%	23,16%
1.A.2. Consumo de combustibles fósiles con fines energéticos en Industrias Manufacturera y Construcción.	13.097,50	7,28%	19,85%
1.A.3. Consumo de combustibles fósiles en el Sector Transporte (Aviación Nacional, Transporte por carretera, Transporte Ferroviario, Navegación Nacional).	21.768,68	12,09%	33,00%
1.A.4. Consumo de combustibles fósiles con fines energéticos en otros sectores (Comercial / Institucional, Residencial, Agropecuario y otros).	6.060,69	3,37%	9,19%
1.B. Emisiones fugitivas.	9.153,11	5,08%	13,87%
1.B.1. Minería de carbón.	4.617,27	2,57%	7,00%
1.B.2. Petróleo y gas natural.	4.535,84	2,52%	6,88%
1.C. Quema de biomasa.	609,56	0,34%	0,92%
<b>2. PROCESOS INDUSTRIALES (Transformación física y química de materias primas).</b>	<b>9.179,61</b>	<b>5,10%</b>	<b>100,00%</b>
2.A. Producción de minerales no metálicos (cemento y clinker, cal y usos del carbonato de sodio).	3.505,93	1,95%	38,19%
2.B. Producción de químicos (amoníaco, ácido nítrico, usos de carburo de calcio, negro de humo, coque y metanol).	600,79	0,33%	6,54%
2.C. Producción de metales (hierro, acero, aleaciones ferrosas y aluminio).	3.782,41	2,10%	41,20%
2.D. Uso de SF <sub>6</sub> (uso de SF <sub>6</sub> en equipos eléctricos).	717,00	0,40%	7,81%
2.E. Utilización de Sustitutos SAO. /Usos para: producción de espumas, como solventes, refrigeración móvil, refrigeración fija, aerosoles y extintores de incendios).	573,48	0,32%	6,25%
<b>3. AGRICULTURA</b>	<b>68.565,58</b>	<b>38,09%</b>	<b>100,00%</b>
3.A. Fermentación entérica (ganado bovino, búfalos, ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos y cerdos).	33.258,54	18,48%	48,51%
3.B. Manejo del estiércol (bovinos, búfalos, ovejas, cabras, caballos, mulas, asnos, cerdos, aves de corral y almacenamiento en sólido).	1.187,91	0,66%	1,73%
3.C. Cultivos de arroz (irrigado y seco).	1.372,14	0,76%	2,00%
3.D. Suelos agrícolas (utilización de fertilizantes nitrogenados)	32.593,40	18,11%	47,54%
3.E. Quema prescrita de sabanas.	61,80	0,03%	0,09%
3.F. Quema en el campo de residuos agrícolas.	91,79	0,05%	0,13%
<b>4. USO DE LA TIERRA, CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (USCUSS)</b>	<b>26.014,53</b>	<b>14,45%</b>	<b>100,00%</b>
4.A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa.	2.130,90	1,18%	8,19%
4.B. Conservación de bosques y praderas.	16.639,67	9,24%	63,96%
4.C. Abandono de tierras cultivadas.	-100,39	-0,06%	-0,39%
4.D. Emisiones y absorciones de CO <sub>2</sub> del suelo.	7.344,35	4,08%	28,23%
<b>5. TRATAMIENTO DE RESIDUOS</b>	<b>10.277,35</b>	<b>5,71%</b>	<b>100,00%</b>
5.A. Disposición de residuos sólidos (en tierra).	9.048,25	5,03%	88,04%
5.B. Tratamiento de aguas residuales (domésticas, comerciales e industriales).	457,82	0,25%	4,45%
5.C. Manejo de aguas servidas humanas.	771,28	0,43%	7,50%

Fuente: IDEAM, 2008.



Después del aporte del Módulo agropecuario (Agricultura y USCUS: 53%), la quema de combustibles fósiles (31%), representa en el Módulo de energía un significativo aporte en la emisión de GEI respecto a las emisiones totales (37%).

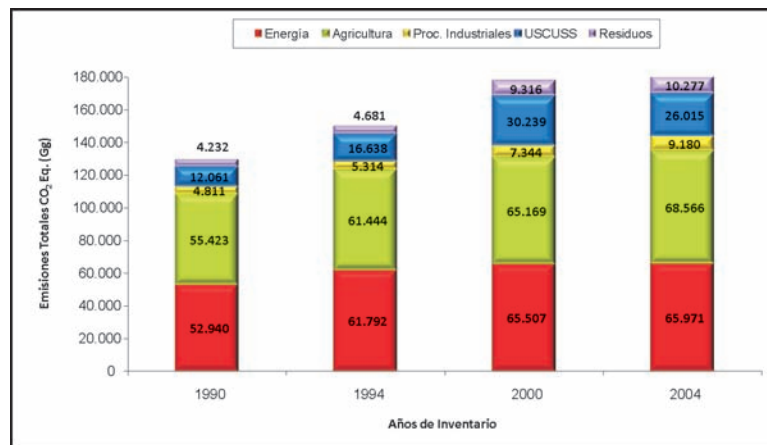
### 2.3.3 Participación de cada módulo en las emisiones totales por año

Las emisiones totales para los años 1990 y 1994 fueron 129.368,4 Gg y 149.867,8 respectivamente y para el año 2000 fue de 177.575,35 Gg CO<sub>2</sub> eq y para el 2004 180.008,18 Gg CO<sub>2</sub> eq.

La contribución de cada módulo (sector) en la emisión de GEI, tanto del primer inventario (1990 y 1994) como del segundo (2000 y 2004), se puede observar en las Figuras 2.2 y 2.3.

De la Figura 2.2, que presenta los valores de las emisiones en gigagramos, se puede apreciar el incremento anual similar en las emisiones totales derivadas de los Módulos de energía (930 Gg/año); agricultura (938 Gg/año); Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (996 Gg/año); y, en menor proporción, las emisiones provenientes del Módulo de residuos (432 Gg/año) y Procesos Industriales (312 Gg/año).

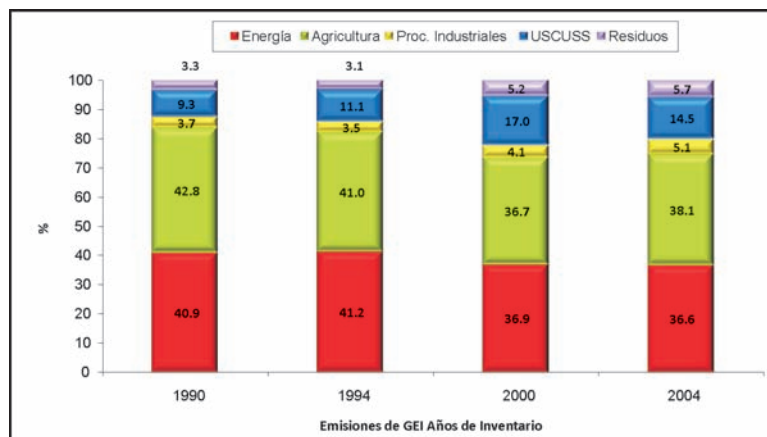
Figura 2.2 Emisiones totales GEI en CO<sub>2</sub> eq por módulo.



Fuente: Los autores, 2009

En la Figura 2.3, se presenta el reparto porcentual de cada módulo (sector) dentro del año del inventario. Al tomar los promedios de los años iniciales (1990 y 1994), con respecto a los dos últimos años de inventario (2000 y 2004), se puede notar una disminución en la participación de los sectores de energía (-4,3%) y agricultura (-4,5%); cifras que se distribuyen principalmente en el incremento de los módulos de Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (+5,6%), y el resto en menor proporción en los Procesos Industriales (+1,0%) y Residuos (+1,9%).

Figura 2.3 Porcentaje de emisiones totales de GEI por módulo



Fuente: Los autores, 2009

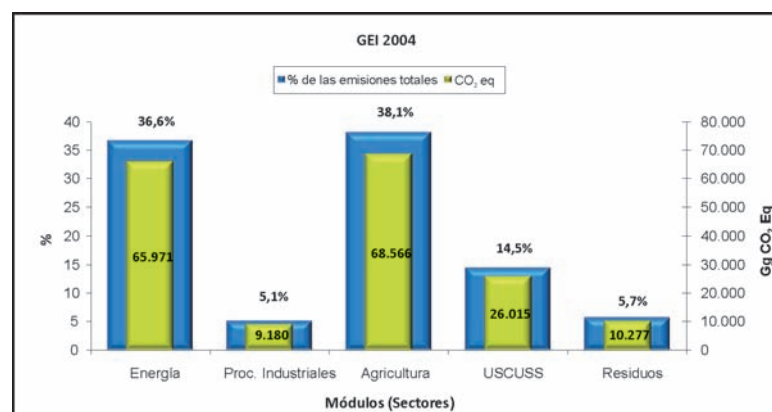
Los valores de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq por sector con sus respectivos porcentajes para el año 2004, se presentan en la Figura 2.4.

Algunos de estos cambios reflejan no sólo el aumento neto de emisiones del país, sino una mayor y mejor investigación en el inventario de GEI, lo cual se traduce en la incorporación y precisión de información para los cálculos correspondientes.

De la Figura 2.4, que ilustra la participación en porcentaje en el año 2004, junto con el aporte en gigagramos de los diferentes módulos o sectores en las emisiones totales de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq, se destaca lo siguiente:

- La alta participación de los Módulos de agricultura (38,1) y energía (36,6), con respecto al total de las emisiones nacionales, que en similares proporciones alcanzan, entre los dos, el 75% del total de las emisiones.
- El aporte significativo de las actividades agropecuarias (38%), las cuales, junto con el Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (USCUSS, 14%), suman 52%, con respecto a las emisiones totales (94.580,11 Gg de CO<sub>2</sub> eq). Es preciso anotar que en el Módulo de agricultura están incluidas las actividades agrícolas y ganaderas, por lo tanto, el análisis conlleva al contexto agropecuario, según las denominaciones de estas actividades en Colombia.
- El aporte de emisiones similares en unidades de CO<sub>2</sub> eq, de los Módulos de proceso industriales (5,1%) y residuos (5,7%), con respecto al total emitido en el año 2004.

Figura 2.4 Participación de cada módulo (sector) y emisión total de GEI año 2004



Fuente: Los autores, 2009

### 2.3.4 Emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo

Las emisiones mundiales de GEI han crecido en el mundo desde la época preindustrial, observándose un incremento del 70% entre 1970 y el 2004. La tasa de crecimiento de las emisiones en unidades de CO<sub>2</sub> eq fue de 0,92 gigatoneladas por año durante la década de 1995 a 2004, mientras que en los años de 1970 a 1994, alcanzó 0,43 gigatoneladas por año<sup>5</sup>. En el Cuadro 2.2, se destacan los principales cambios observados en el clima y sus efectos.

Cuadro 2.2 Principales cambios observados en el clima y sus efectos.

De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005), cifrada en 0,74°C [entre 0,56°C y 0,92°C] es superior a la tendencia correspondiente de 0,6°C [entre 0,4°C y 0,8°C] (1901-2000) indicada en el Tercer Informe de Evaluación (TIE). Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos.

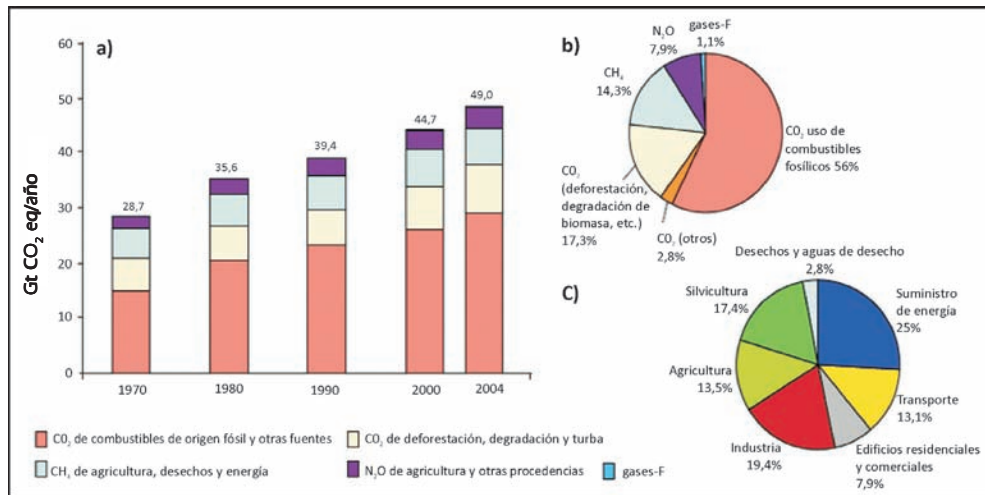
Las cifras entre corchetes indican un intervalo de incertidumbres del 90% en torno a una estimación óptima; es decir, una probabilidad estimada de 5% de que su valor real supere el intervalo señalado entre corchetes, y una probabilidad de 5% de que dicho valor sea inferior. Los intervalos de incertidumbre no son necesariamente simétricos en torno a la estimación óptima correspondiente.

Fuente: IPCC, 2007.

5 IPCC, Climate change 2007, Synthesis Report, p. 5.

En el contexto global, el total emitido en el año 2004 fue de 49 gigatoneladas (Gt) de CO<sub>2</sub> eq (ó 49.000 millones de toneladas), donde la emisión de CO<sub>2</sub> por el uso de combustibles fósiles alcanzó el 56,6%; seguido por la emisión de CO<sub>2</sub> por la deforestación y degradación de biomasa (17,3%), la emisión de metano (14,3%), óxido nitroso (7,9%), CO<sub>2</sub> de otras procedencias (2,8%) y gases con flúor (1,1%). La participación sectorial del total emitido se distribuyó de la siguiente forma: suministro de energía (25,9%), transporte (13,1%), edificios residenciales y comerciales (7,9%), industria (19,4%), agricultura (13,5%), silvicultura (17,4%) y manejo de desechos y aguas residuales (2,8%). En la Figura 2.5, se presentan las proporciones antes mencionadas de las emisiones para cada sector.

Figura 2.5 Emisiones mundiales de GEI antropógenos



Fuente: IPCC, 2007. Cuarto informe de evaluación. Síntesis del informe

### 2.3.5 Emisiones de Colombia frente al total mundial y regional

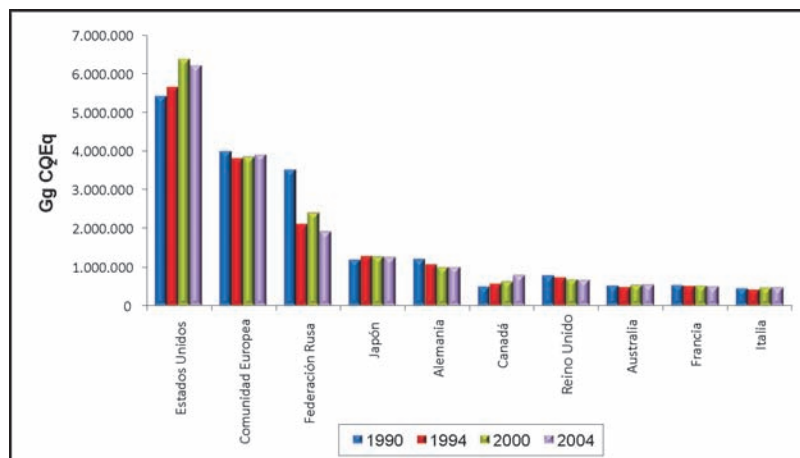
De acuerdo con el presente inventario estimado para el año 2004, Colombia aporta el 0,37% (0,18 gigatoneladas) del total emitido en el mundo (49 gigatoneladas).

Con base en los resultados de emisiones de gases de efecto invernadero, encontrados en la página WEB de la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), se tienen los datos por año de cada país, tanto para las partes del Anexo I, como países no partes del Anexo I.

La evolución por año (1990, 1994, 2000 y 2004) de las emisiones totales, en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes, de los principales países emisores del Anexo I, se muestra en la Figura 2.6. De dicha presentación se destacan los aportes significativos de los tres estados o naciones agregadas (Estados Unidos, Comunidad Europea y Federación Rusa). Asimismo, vale destacar la relativa estabilidad de la Comunidad Europea y el descenso de la Federación Rusa, respecto al año 1990.

La Figura 2.6 permite hacer una reflexión general del monto de emisiones colombianas (180.008,18Gg de CO<sub>2</sub> eq) frente a dichos países desarrollados.

Figura 2.6 Emisiones totales de CO<sub>2</sub> eq con USCUS de los principales países del Anexo I

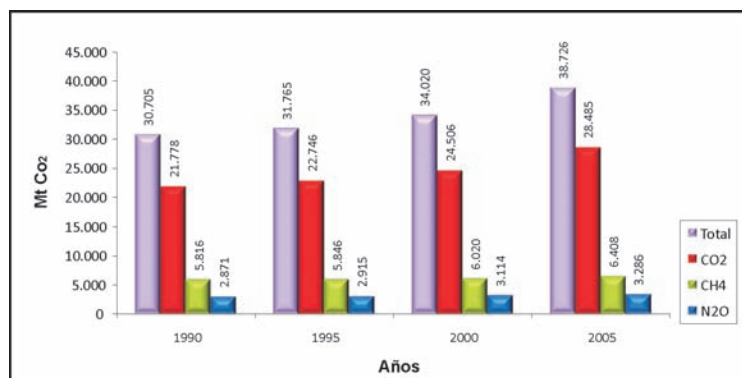


Fuente: Los autores, 2009. Con datos de la UNFCCC, 2009.

La participación de los principales gases de efecto invernadero (en CO<sub>2</sub> eq) a través de los años 1990, 1995, 2000 y 2005; de todo el globo (sin incluir el Uso del suelo, cambio del uso de suelo y silvicultura, USCUS), se muestra en la Figura 2.7.

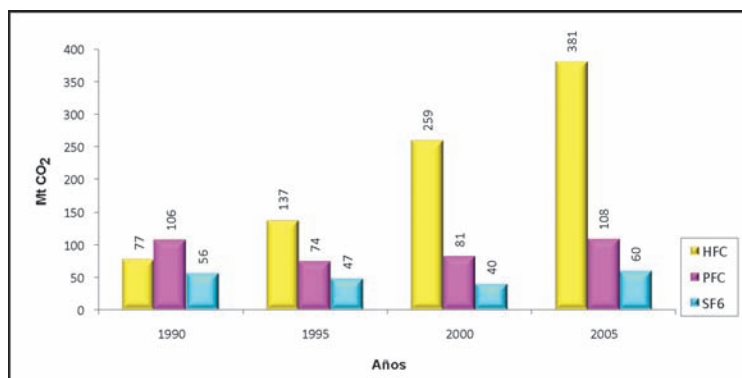
Del promedio de los datos compilados por el Instituto de los Recursos Naturales (WRI, 2009), se encuentra que la emisión de CO<sub>2</sub> (72%), domina ampliamente a los otros gases: metano (18%) óxido nitroso (9%). El 1% restante se compone de los gases perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)<sup>6</sup>. Una visión de la participación de estos gases en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes, sin el USCUS, se puede ver en la Figura 2.8.

Figura 2.7 Emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O global sin USCUS



Fuente: Los autores, 2009. Con datos de WRI, 2009.

Figura 2.8 Emisiones de PFC, HFC y SF<sub>6</sub> en el mundo



Fuente: Los autores, 2009. Con datos de WRI, 2009.

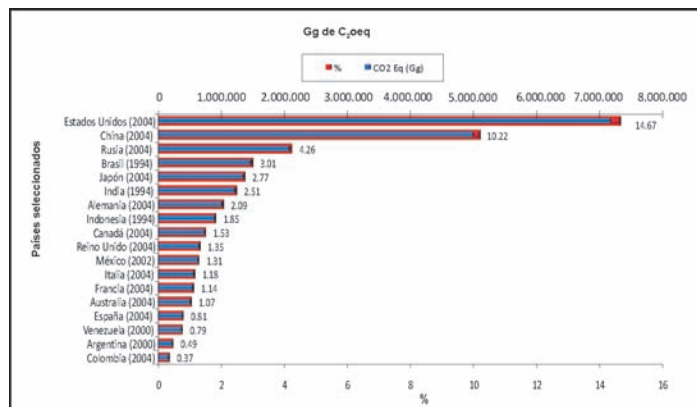
\* El total de las emisiones de los gases HFC, PFC y SF<sub>6</sub>, de la Figura 2.8 se encuentran contempladas en el total de las emisiones globales sin USCUS de la Figura 2.7.

En la Figura 2.8 se puede observar el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq de los hidrofluorocarbonos (HFC) y el comportamiento relativamente estable de perfluorocarbonos (PFC) y del hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), gases que tienen un potencial de calentamiento mucho más elevado que los HFC, cuyo promedio es de alrededor de dos y siete veces mayor, respectivamente. Al comparar las cifras del total emitido por Colombia en el año 2004, y presentar las emisiones de algunos países, podemos resaltar los siguientes aspectos:

- La significativa diferencia de los principales países emisores de GEI, con respecto al resto de países.
- Entre los Estados Unidos y China, se encuentra el 25% de las emisiones totales del globo.

En la Figura 2.9 se presentan las emisiones totales de dióxido de carbono en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes de Colombia, donde se relacionan, además, algunos países que tienen una participación significativa dentro del contexto mundial.

Figura 2.9 Participación de Colombia con respecto con las emisiones mundiales de GEI



Fuente: Autor, 2009

6 Cifras compiladas con base en la información de: WRI. (CAIT), versión 6. Washington: 2009.

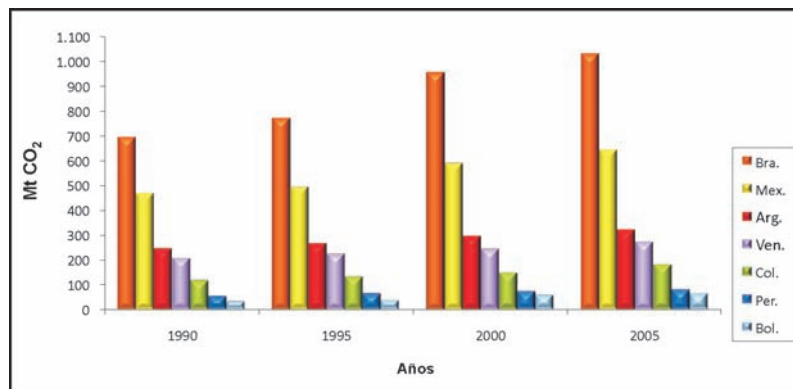


### 2.3.6 Emisiones totales de Colombia frente a los reportes de otros países de América Latina

Teniendo en cuenta los valores de emisiones de GEI, acopiados tanto del Instituto de los Recursos Mundiales (WRI), a través de su herramienta para el análisis de los indicadores del clima (CAIT), versión 6, del año 2009, como la información compilada de la página de la Secretaría, se realizan las siguientes consideraciones.

En la Figura 2.10 se puede observar el comportamiento de las emisiones calculadas para los años 1990 a 2005 para algunos de los países más emisores de GEI de Latinoamérica: Brasil, México, Argentina, Venezuela, Colombia, Perú y Bolivia; ubicándose Colombia en la quinta posición dentro del periodo confrontado.

Figura 2.10 Principales países emisores de GEI en América Latina (sin USCUS). Años 1990 a 2005



Fuente: Los autores, 2009. Con base en WRI, 2009.

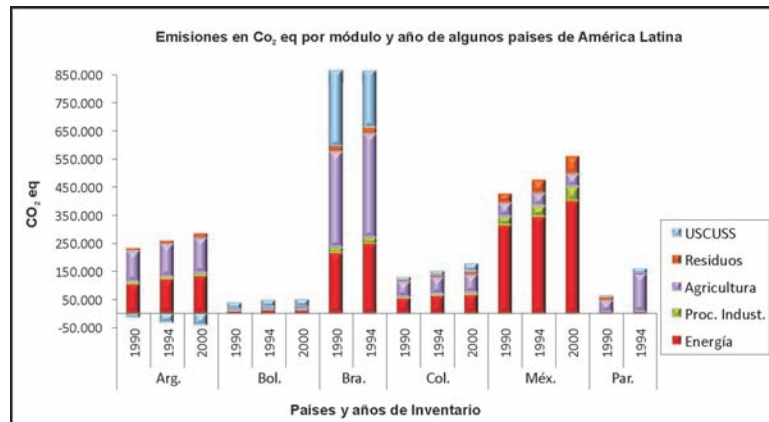
En la Figura 2.11 se muestra el comportamiento a través de los años (1990, 1994, 2000 y 2004) de las emisiones por módulo (sector) de algunos países de América Latina. En dicha figura se puede apreciar el peso significativo del Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura en Brasil. Adicionalmente, se destacan las emisiones por el sector energético en México, las cuales muestran un valor e incremento por encima de Brasil y Argentina. En Colombia, si bien dista de las emisiones con respecto a los más emisores, es significativa la participación en los sectores energético y agrícola.

De la Figura 2.11 se destacan las cifras significativas de Brasil con respecto a los módulos de USCUS y agricultura en el contexto Latinoamericano. Por tal razón, para facilitar la lectura, además de la comparación con países similares en cuanto al comportamiento de las emisiones en el contexto de América Latina, se excluye a dicho país en las siguientes figuras.

En la Figura 2.12, se puede ver el comportamiento de las emisiones de algunos países de Latinoamérica a través de los años (1990 a 2000), donde se aprecia la tendencia al crecimiento de la mayoría de los países, con excepción de Uruguay.

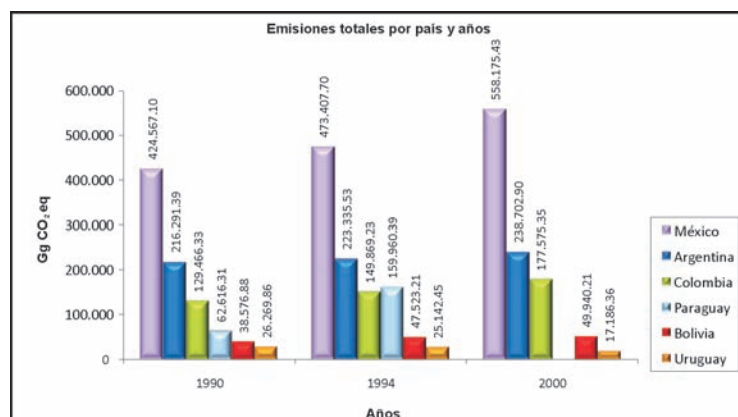
En la Figura 2.13, se destaca la ubicación de Colombia (5°) entre otros países de Latinoamérica, encontrándose una gran distancia con países como Brasil y México. Al respecto, es necesario destacar la relación directa entre emisiones de GEI y el Producto Interno Bruto expresado en la Paridad del Poder Adquisitivo (PPP por sus siglas en inglés), el cual se analiza más adelante, teniendo en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> eq per cápita.

Figura 2.11 Comportamiento de las emisiones por módulo y años de algunos países de Latinoamérica



Fuente: Los autores, con información compilada de UNFCCC, 2009<sup>7</sup>.

Figura 2.12 Emisiones totales / año de GEI de algunos países de América Latina (con USCUS).

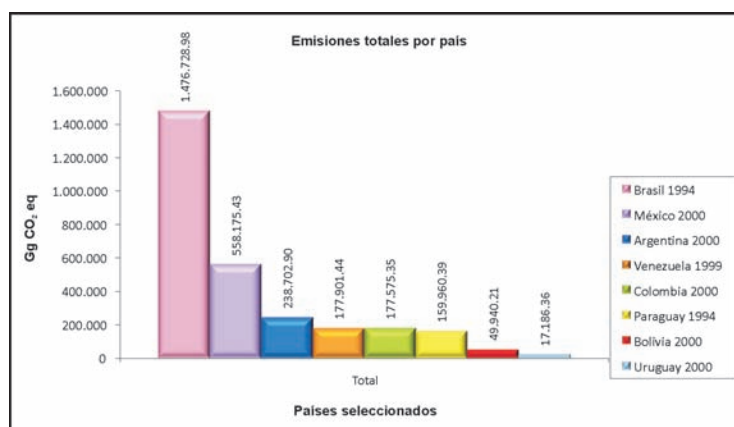


Fuente: Los autores con información compilada de UNFCCC, 2009.

Al ampliar el número de países de Latinoamérica y observar la participación de GEI, respecto al total en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes y emisiones per cápita, se puede ver en la Figura 2.14 la ubicación de algunos países de América Latina frente al conjunto mundial, según las cifras del WRI, 2009.

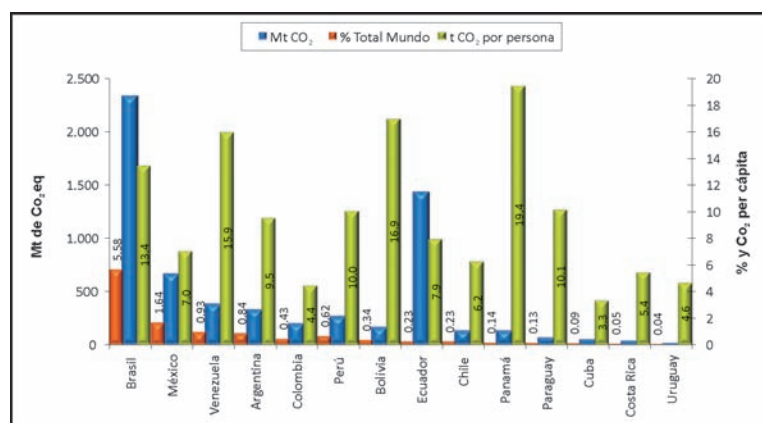
De esa manera, con respecto al año 2000, Colombia, una vez realizados los ajustes en las cifras de emisiones (concordantes con el presente documento), con un 4,41 t CO<sub>2</sub> eq/persona estaría cerca de la posición de otros países como Uruguay (4,6 t CO<sub>2</sub> eq/persona) y Costa Rica (5,4 t CO<sub>2</sub> eq/persona); pero distante de Paraguay (10,1 t CO<sub>2</sub> eq/persona), Panamá (19,4 t CO<sub>2</sub> eq/persona), Bolivia (16,9 t CO<sub>2</sub> eq/persona), Brasil (13,4 t CO<sub>2</sub> eq/persona), Ecuador (7,9 t CO<sub>2</sub> eq/persona), México (7,0 t CO<sub>2</sub> eq/persona), por ejemplo.

Figura 2.13 Emisiones totales de GEI de algunos países de América Latina (con USCUS)



Fuente: Los autores, con información compilada de UNFCCC, 2009.

Figura 2.14 Participación de Colombia comparado con las emisiones totales mundiales y per cápita de países de Latinoamérica



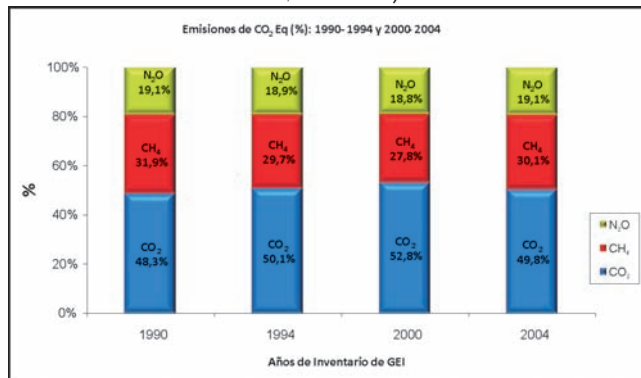
Fuente: Los autores, 2009. Con datos de WRI, 2009.

### 2.3.7 Gases más representativos en el país y totales emitidos por año

Con referencia al peso o representatividad del aporte de cada uno de los gases de efecto invernadero (GEI), alrededor del 99% de las emisiones colombianas, en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes, se componen del dióxido de carbono (50%), metano (30%) y óxido nitroso (19%); quedando el 1% para el resto de gases que causan efecto de invernadero y que no están dentro del Protocolo de Montreal (halocarbonos y hexafluoruro de azufre). En la Figura 2.15 se puede apreciar la distribución porcentual para los cuatro años del inventario de GEI. Luego, en la Figura 2.16, se presenta el detalle de todos los gases y su participación en el año 2004.

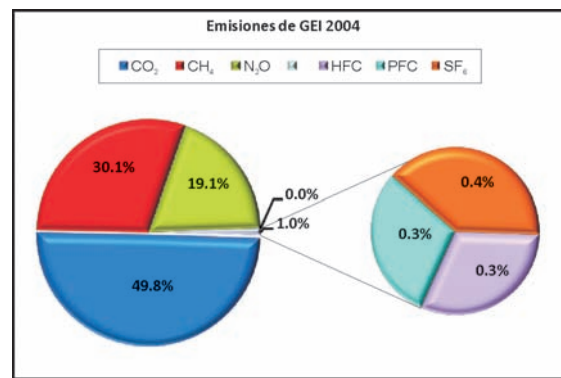
Con base en los inventarios adelantados por el país para los años 1990 (129.466 Gg de CO<sub>2</sub> eq), 1994 (149.869 Gg de CO<sub>2</sub> eq), 2000 (177.575 Gg de CO<sub>2</sub> eq) y 2004 (180.008 Gg de CO<sub>2</sub> eq), si bien se aprecia un aumento en valores absolutos en las emisiones, es preciso mencionar que la tasa de variación anual viene descendiendo, con valores que van del orden del 3,94% para el primer lapso (1990 a 1994); y 2,79% para el intervalo 2000 a 2004.

Figura 2.15 Participación de los principales GEI en Colombia (1990-1994; 2000-2004)



Fuente: Los autores, 2009

Figura 2.16 Participación de los GEI en Colombia. Año 2004

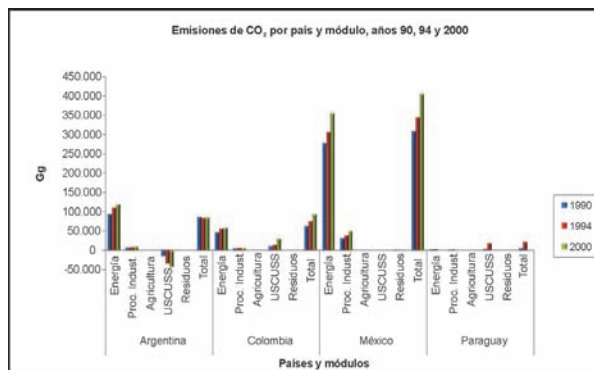


Fuente: Los autores, 2009

Si se comparan las anteriores figuras con las presentadas para el contexto mundial, se puede advertir cómo la composición de las emisiones colombianas de CO<sub>2</sub> son menores que las de los países más desarrollados (alrededor del 22%), y presentamos valores promedio mayores en metano (12%) y en el óxido nitroso (10%). Tal composición se explica, en parte, por el uso de combustibles fósiles en los países más desarrollados, contrario a lo que ocurre con los países con mayor dependencia del sector agropecuario, donde el metano y el óxido nitroso tienen un mayor peso porcentual.

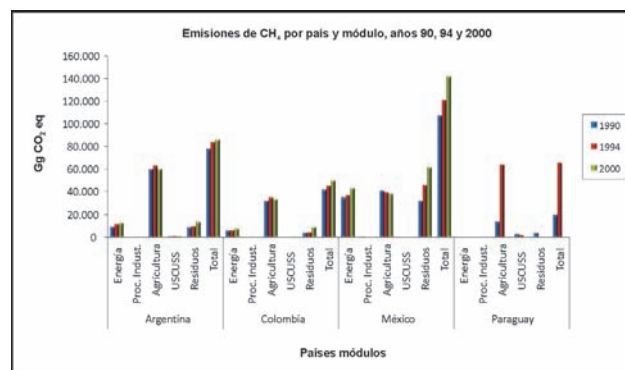
Adicionalmente, al realizar la confrontación de las emisiones de Colombia por tipo de gas para los años 1990, 1994 y 2000, frente a otros países de Latinoamérica, podemos resaltar lo siguiente, con base en las figuras 2.17 a 2.19: El relativo distanciamiento en las emisiones de CO<sub>2</sub> de Colombia con respecto a países con mayor desarrollo industrial, como México, el cual se ve representado con mayor peso en el sector energético, se debe a que Colombia tiene una matriz energética que se fundamenta en hidroenergía (alrededor del 78%).

Figura 2.17 Emisiones de CO<sub>2</sub> en cada módulo (sector) de algunos países de Latinoamérica



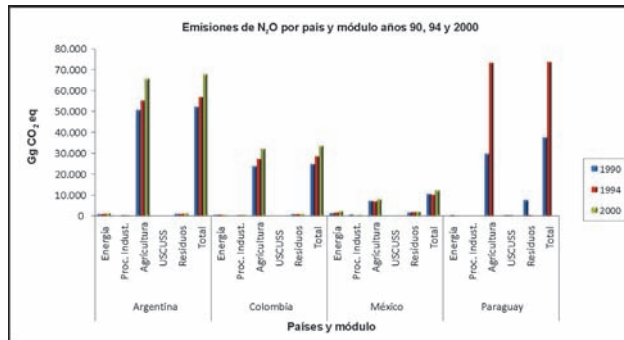
Fuente: Los autores, con información compilada de UNFCCC, 2009.

Figura 2.18 Emisiones de CH<sub>4</sub> en CO<sub>2</sub> eq de cada módulo (sector) de algunos países de Latinoamérica



Fuente: Los autores, con información compilada de UNFCCC, 2009.

Figura 2.19 Emisiones de N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> eq de cada módulo (sector) de algunos países de Latinoamérica



Fuente: Los autores, con información compilada de UNFCCC, 2009.

Con respecto a las emisiones de CH<sub>4</sub>, se puede observar una relativa estabilidad en los resultados obtenidos de los inventarios de los años 1990, 1994 y 2000, en países como Argentina, Colombia y México. Véase la Figura 2.18.

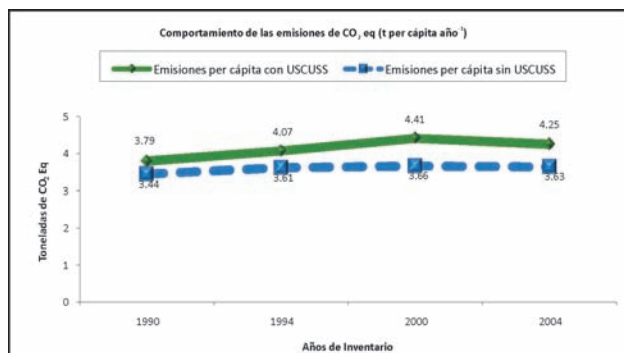
Al comparar las emisiones de N<sub>2</sub>O, se encuentra un comportamiento similar en el incremento registrado en el sector agrícola para los inventarios de 1990, 1994 y 2000, para Argentina y Colombia; mientras Paraguay muestra un incremento de más del doble en dicho sector. Véase la Figura 2.19.

Al comparar la distribución porcentual de los tres gases principales (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>) con los datos compilados por la UNFCCC para algunos países de Latinoamérica,

encontramos una mayor proporción en los aportes de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en los países donde se desarrollan más las actividades agropecuarias, como Argentina, Paraguay y Colombia.

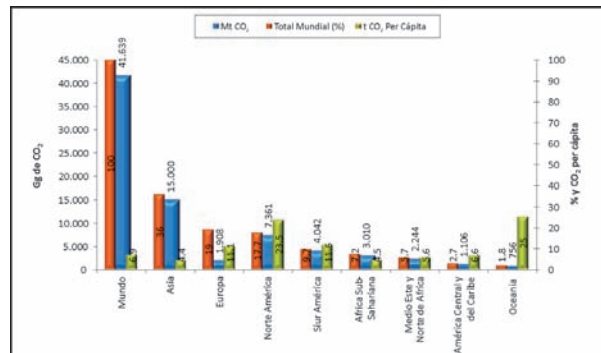
El desempeño colombiano de las emisiones per cápita (t CO<sub>2</sub> eq per cápita año<sup>-1</sup>) sin el Módulo de Uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura (USCUISS) para los años 1990 (3,44), 1994 (3,61), 2000 (3,66) y 2004 (3,63 t CO<sub>2</sub> eq per cápita año<sup>-1</sup>) se expone en la Figura 2.20. Después de esta gráfica se muestran los datos compilados por regiones mundiales, sin contabilizar el Módulo del uso de la tierra, cambio en el uso de la tierra y silvicultura. Al comparar las cifras de Colombia en el año 2000 (3,66 t CO<sub>2</sub> eq/persona) con los reportes de las diferentes regiones del mundo, podemos ubicar las emisiones de Colombia (per cápita) por debajo del valor medio mundial, y muy distante de los valores registrados por el WRI en el año 2000 para Europa, Asia y Norteamérica. Véase la Figura 2.21.

Figura 2.20 Emisiones per cápita de GEI en Colombia en CO<sub>2</sub> eq



Fuente: Los autores, 2009.

Figura 2.21 Emisiones per cápita de GEI en regiones



Fuente: Los autores, 2009. Con datos del WRI. Climate Analysis Indicator Tool (CAIT). Versión 6. Washington, 2009

Con el fin de comparar las emisiones per cápita de Colombia con respecto al producto interno bruto (PIB), se utilizó el indicador económico basado en la paridad del poder adquisitivo (PPP por sus siglas en inglés)<sup>8</sup>.

Si bien tanto el producto interno bruto (PIB) per cápita (en USD de paridad de poder adquisitivo, PPP), como el PIB total en PPP de Colombia muestran un incremento anual (según los años de inventario), las emisiones de CO<sub>2</sub> eq por dólar de PIB en PPP, registran una disminución entre los años de inventario (-2,97% entre 1990 y 1994), siendo especialmente significativa para el periodo 2000 a 2004 (-4,40%). Véanse las Figuras 2.22 y 2.23. Tal comportamiento se puede explicar por el mayor aumento relativo registrado del PIB en el último periodo, frente a la reducción en la variación porcentual negativa (-0,9%) de las emisiones per cápita entre los años 2000 y 2004.

En otras palabras, desde 1990, Colombia viene emitiendo menos emisiones por cada dólar del PIB per cápita (en paridad de poder adquisitivo, PPP); es decir, que se emitieron menos gases de efecto invernadero por persona en el último periodo (2000 a 2004) por cada dólar del PIB del país (en paridad de poder adquisitivo, PPP).

<sup>8</sup> La paridad del poder adquisitivo (PPA) o *purchasing power parity* (PPP) es un indicador económico que compara de una manera realista el nivel de vida entre distintos países, tomando como referencia el Producto Interno Bruto per cápita en términos del costo de vida de cada país, con respecto a una canasta de precios de los Estados Unidos. Por esta razón permite realizar comparaciones de las emisiones de GEI per cápita, en términos de CO<sub>2</sub> equivalente entre los diferentes países. Adaptado de Taylor, A. & Taylor, M. Working paper 10607, y de Index mundi.com.



Figura 2.22 PIB per cápita y PIB Total en PPP<sup>9</sup> (USD)

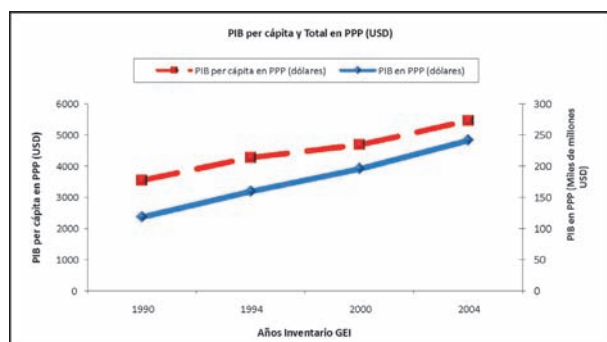
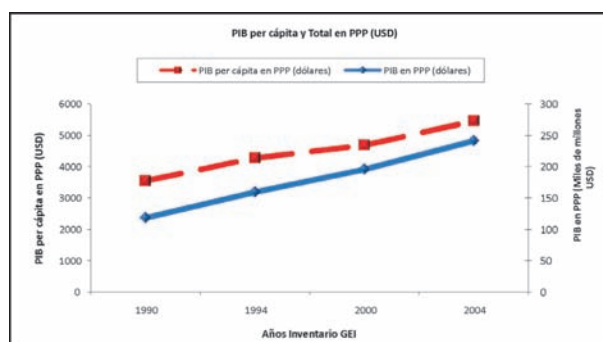


Figura 2.23 Emisiones per cápita y kg de CO<sub>2</sub> eq / USD del PIB



Fuente: PIB año 1990, Banco de la República. Grupo de estudios de crecimiento económico colombiano. El desempeño macroeconómico colombiano. Series estadísticas (1905 - 1997). Emisiones obtenidas del INGEI, IDEAM, 2008.

Por otra parte, según el Instituto de los Recursos Mundiales (WRI, versión 5, 2008), las emisiones totales per cápita de gases efecto invernadero en América Latina y el Caribe fueron 9,9 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes (año 2000) per cápita, incluyendo el cambio del uso de la tierra, mientras el promedio mundial llegó a 7,2 t CO<sub>2</sub> eq. Al tomar estas cifras de emisión por persona año como referencia, significa que Colombia (4,40 t CO<sub>2</sub> eq/persona) emite un 41% menos con respecto a las cifras mundiales y un 57% más bajo que el promedio latinoamericano. Véase la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Comparación de emisiones GEI, años 1990 y 2000; Mundial - América Latina y el Caribe - Colombia

Emisiones anuales de GEI		1990			2000		
		Mundo	América Latina y el Caribe	Colombia	Mundo	América Latina y el Caribe	Colombia
Emisiones sin cambio de uso del suelo	Total de Mt CO <sub>2</sub> Eq	33.295,60	2.152,10	117,39	35.865,20	2.766,90	147,34
	Porcentaje del Total mundial	100,00%	6,46%	0,35%	100,00%	7,71%	0,41%
	t CO <sub>2</sub> eq per cápita	6,30	4,90	3,40	5,90	5,40	3,66
Emisiones con cambio de uso del suelo	Total de MtCO <sub>2</sub> Eq	41.213,70	5.511,70	129,46	43.483,90	5.124,10	177,58
	Porcentaje del Total mundial	100,00%	13,37%	0,31%	100,00%	11,78%	0,41%
	t CO <sub>2</sub> eq per cápita	7,80	12,60	3,80	7,20	9,90	4,40

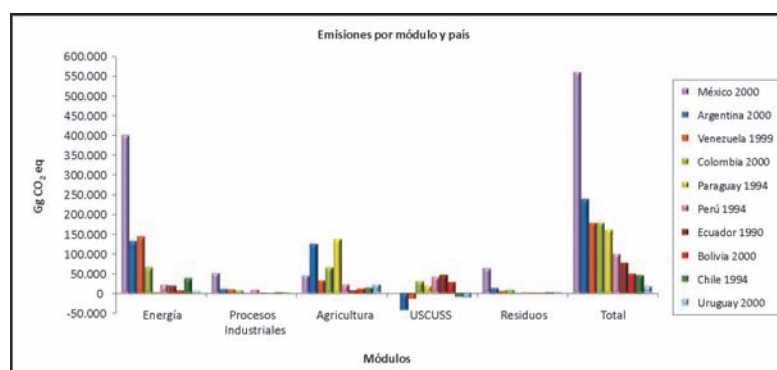
Fuente: Los autores, 2009. Con datos de WRI, 2008. Completada en el campo correspondiente de Colombia.

En el conglomerado de Suramérica se debe tener en cuenta el peso significativo que involucra el aporte de Brasil, en cuanto al Módulo del Uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura, dada la dinámica existente en las extensas áreas de bosques que posee este país. Véase la Tabla 2.4, que compara las emisiones de gases efecto invernadero, años 1990 y 2000, donde se muestran las emisiones del mundo, América Latina y el Caribe, y Colombia. La Figura 2.21 es otra imagen que permite la comparación.

A continuación se realiza una síntesis por módulo, de los resultados obtenidos en la estimación del inventario de GEI de Colombia para los años 2000 y 2004.

La comparación de las emisiones de Colombia en el año 2000, con las emisiones de otros países de Latinoamérica entre los diferentes módulos se puede observar en la figura 2.24.

Figura 2.24 Participación de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq de cada módulo para algunos países de Latinoamérica



Fuente: Los autores, con información compilada de UNFCCC, 2009.

De la Figura 2.24 se resalta la preponderancia de México, seguido por Venezuela y Argentina, en las emisiones de CO<sub>2</sub> eq, derivadas del sector energético. Las emisiones de Colombia en el contexto Latinoamericano para el año 2000, sobresalen en el sector agrícola, no obstante por debajo de las registradas por Paraguay (1994) y Argentina (2000); Brasil no se incluyó debido a su significativo aporte de emisiones. Como se observa, México presenta emisiones muy por encima del resto de países latinoamericanos. Se encuentra un segundo grupo liderado por Argentina dentro del cual se aprecia una estrecha diferencia entre Colombia (2000) y Venezuela (1999), seguidos por Paraguay (1994). Por último, se observa un tercer grupo con menores emisiones, como son: Perú (1994), Ecuador (1990), Bolivia (2000) y Chile (1994).

A continuación se presentan los resultados y conclusiones para cada uno de los módulos.

### 2.3.8 Módulo de energía

En el Módulo de energía se agrupan las actividades humanas que utilizan materias primas, principalmente combustibles fósiles para la producción y uso de energía, en el cual están las categorías denominadas quema de combustibles fósiles, emisiones fugitivas y quema de biomasa.

#### 2.3.8.1 Información disponible

Con respecto a la disponibilidad de información para el cálculo de las emisiones de GEI en el Módulo de energía se destaca lo siguiente:

Se dispuso de la información necesaria para estimar las emisiones por quema de combustibles mediante las metodologías del nivel 1, que suministra el IPCC. Esta información se revisó y ajustó a los requerimientos del cálculo, con el fin de disminuir la incertidumbre por efectos de interpretación de definiciones.

Para las metodologías de nivel 1, la fuente principal de información son los Balances Energéticos Nacionales (BEN), suministrados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Otra fuente importante de información es la Empresa Colombiana de Petróleos - Ecopetrol S.A., en cuanto a las características de los combustibles, la venta de estos para la aviación internacional y la producción en refinerías de los derivados de petróleo, para el cálculo del carbono almacenado.

Para la estimación de GEI por emisiones fugitivas, la fuente principal de información es la suministrada por Ingeominas, Ecopetrol S.A. y la UPME, en producción de carbón mineral, refinación del petróleo y centros de tratamiento de gas natural.

Para realizar el cálculo mediante las metodologías detalladas (nivel 2), se requiere información más precisa sobre el uso de combustibles y tecnologías de combustión, y de control de emisiones en el sector industrial y de transporte. Para el presente inventario no fue posible estimar emisiones para el Módulo de energía por metodologías de nivel 2. Para ello, se requiere precisar y concretar con las instituciones<sup>10</sup> que por función han venido recopilando esta información, referente al ajuste del proceso de la captura, incluyendo la exhaustividad, para lograr obtener la información con el nivel de detalle necesario para aplicar las metodologías de nivel 2.

#### 2.3.8.2 Metodología

En el Módulo de energía se evaluaron las metodologías, además de realizar un ejercicio de revisión de la congruencia de las denominaciones de los combustibles propuestos por el IPCC, con las denominaciones nacionales, para homologarlas de acuerdo con los nombres comerciales usados en el país. Dicho ejercicio incluyó la identificación de los combustibles que no son usados en Colombia.

Las estimaciones de emisiones del módulo se efectuaron por dos metodologías del nivel 1 propuestas: método de referencia y método de categoría de fuente. Por lo tanto, con el fin de obtener resultados de emisiones por tipo de combustible, se usó el método de referencia; y por sectores productivos se aplicó el método de categoría de fuente.

Al realizar la comparación de las dos metodologías, el resultado obtenido para el año 2000 por el método de referencia, difiere en 2,7%, con respecto al obtenido por el método por categoría de fuente; para el año 2004, la diferencia es de 2,5%. Estas diferencias se explican, principalmente, porque la suma del consumo final sectorial de combustibles no es exactamente igual al consumo aparente nacional, además, esta última cifra involucra el combustible

<sup>10</sup> El Sistema de Información sobre Uso de Recursos -SIUR-, del Ideam, el Registro Único Nacional de Tránsito, Runt, del Ministerio de Transporte y la Encuesta Anual Manufacturera, EAM del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE.

no aprovechado, pérdidas y datos de ajuste del balance entre la oferta y la demanda. No obstante, se puede reconocer que la diferencia en los resultados no es significativa y que las dos metodologías pueden ser aplicadas en el país, dado que se cuenta con la información necesaria. En el consolidado nacional, se reportan únicamente las emisiones calculadas por el método por categoría de fuente, de acuerdo con las tablas de reporte de emisiones definidas por el IPCC, 1996.

### 2.3.8.3 Resultados

Con base en los resultados obtenidos para los diferentes años de inventario (1990, 1994, 2000 y 2004), se elaboró la Figura 2.25, donde se puede apreciar el comportamiento en conjunto y por categoría de dicho módulo o sector, con respecto al total de las emisiones obtenidas del inventario de GEI. Se destaca lo siguiente:

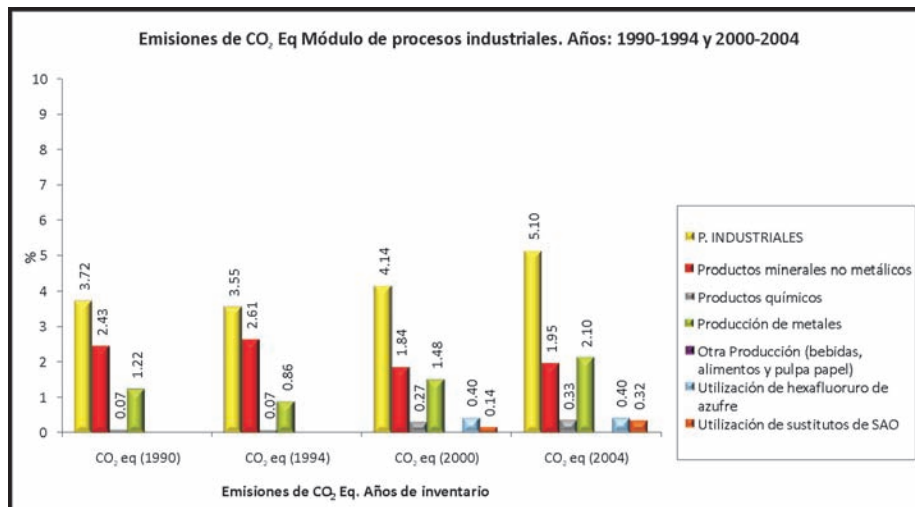
La reducción proporcional del aporte del sector de la energía, con respecto a los demás sectores o módulos en los años 1990 y 1994 (41%), y frente a los dos últimos años de inventario (37% del total nacional), está representada principalmente en la quema de combustibles fósiles (Ver las tablas 2.2 y 2.3). Tal disminución se define de manera proporcional de cara a los demás sectores dado que, en términos absolutos, se ha venido presentando un incremento en las emisiones: 466 Gg de CO<sub>2</sub> eq entre los dos últimos años de inventarios (2000 y 2004), y de 8.852 Gg de CO<sub>2</sub> eq en el periodo del año 1990 al 1994; periodo para el cual se evidenció una tasa anual mayor (2.213 Gg/año), que para los dos años más recientes de inventario (117 Gg/año entre los años 2000 y 2004).

Dentro de la quema de combustibles fósiles se tienen en el 2004 (31,2% del total anual<sup>11</sup>), los aportes derivados del transporte con 21.769 Gg CO<sub>2</sub> eq, (aviación nacional, automotor, ferroviario y navegación nacional); las industrias de generación y transformación de la energía con 15.281 Gg CO<sub>2</sub> eq, (centrales térmicas y otros centros de transformación); las industrias manufactureras y de la construcción con 13.098 Gg CO<sub>2</sub> eq; otros sectores 6.062 Gg CO<sub>2</sub> eq, (comercial e institucional; residencial; y agricultura, pesca y forestal), que representan en el mismo orden: 12,1%; 8,5%; 7,3% y 3,4% con respecto al total de emisiones en el año 2004. Las emisiones fugitivas alcanzaron en dicho año 9.153 Gg CO<sub>2</sub> eq (5,1%), derivadas de la minería del carbón (4.617 Gg CO<sub>2</sub> eq) y de la industria del petróleo y gas natural (4.536 Gg CO<sub>2</sub> eq).

En valores totales de las emisiones en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes, en el Módulo de energía se registró un incremento de 13.033 Gg; en el lapso de los años 1990 (52.940 Gg) a 2004 (65.973 Gg) encontramos una variación del 24,6%, que corresponden a un incremento anual de 1,76%. A pesar de presentarse dicho aumento en las emisiones totales, la distribución porcentual del Módulo de energía con respecto al total de las emisiones totales se ha venido reduciendo a través de dichos años de inventario.

El comportamiento de los valores totales de las emisiones se puede encontrar en la Figura 2.2 y la variación porcentual se puede observar en la Figura 2.25.

Figura 2.25 Comparación porcentual por años de emisiones totales en CO<sub>2</sub> eq categorías Módulo de energía



Fuente: Los autores, 2009

La distribución porcentual dentro del Módulo de energía para las diferentes categorías se ha mantenido relativamente estable en los cuatro años en que se realizó el cálculo del inventario.

## 2.3.9 Módulo de procesos industriales

### 2.3.9.1 Información disponible

Para obtener las emisiones de los GEI para este módulo con la metodología de nivel 1, se requiere información del total de la producción nacional en toneladas o kilogramos de los productos pertinentes al módulo, para lo cual se emplea un factor de emisión proporcionado por el IPCC.

La metodología de nivel 2 requiere, además de la información de la producción total nacional de los productos industriales pertenecientes al módulo, la información de la caracterización de esta producción, relacionada con: fracciones, porcentaje de pureza, relaciones estequiométricas de las materias primas, las tecnologías de producción y sistemas de control de emisiones, para establecer promedios nacionales que determinan mejores factores de emisión para aplicar a cada proceso, según sea posible. Si bien este nivel de cálculo mejora la incertidumbre, requiere una amplia consulta sectorial y de expertos.

Para el cálculo de las emisiones de clinker y cemento, cal, uso de sustitutos de SAO y ácido nítrico se utilizó la metodología del nivel 2, para los demás se utilizó el método de nivel 1.

### 2.3.9.2 Metodología

El Módulo de procesos industriales tiene dos niveles de detalle para el cálculo. En el nivel 1, simple o único, se multiplica la producción total nacional (en toneladas o kilogramos) de los productos pertinentes al módulo para el año del inventario, con un único factor de emisión proporcionado por el IPCC, para obtener las emisiones de los GEI.

En la determinación de las variables involucradas en cada proceso, se realizó un levantamiento de información secundaria, además de la revisión y análisis de la información existente e identificación de las principales fuentes de información institucional.

La evaluación de cada proceso industrial dentro del módulo tuvo en cuenta los siguientes criterios: participación en las emisiones del inventario, importancia en la economía nacional, efectividad en la consecución de información e innovación en el inventario. Esta evaluación estableció que los procesos con mayor prioridad para el presente inventario, coinciden con los de mayor aporte en emisiones del inventario adelantado para los años 1990 y 1994, es decir, las producciones de clinker, cal, hierro y acero, amoníaco, ácido nítrico; y las categorías nuevas: utilización de hexafluoruro de azufre y SAO.

### 2.3.9.3 Resultados

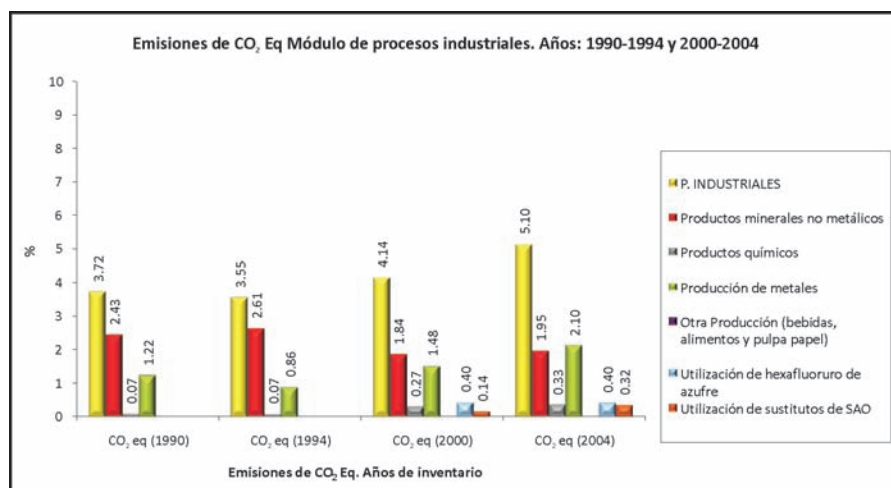
De la Tabla 2.3 se puede advertir que el Módulo de procesos industriales participa con el 5,1% (9.180 Gg CO<sub>2</sub> eq) sobre el total de emisiones en el año 2004 (180.008 Gg CO<sub>2</sub> eq).

El aporte del módulo indica un incremento en el total de emisiones (4.810 Gg CO<sub>2</sub> eq en 1990 a 9.180 Gg CO<sub>2</sub> eq en 2004), lo cual se ve reflejado con respecto a los demás sectores, al incrementarse su representación del 3,7% en el año 1990, al 5,1% en el año 2004; debido en parte a la mayor cantidad de actividades contabilizadas en este inventario, especialmente las relacionadas con los fluorocarbonos y hexafluoruro de azufre. Las categorías que más aportan dentro del Módulo de procesos industriales en el año 2004, son la producción de metales (2,1% sobre el total de GEI) y producción de minerales no metálicos (2,0%). El resto está distribuido en la utilización de hexafluoruro de azufre (0,40%); utilización de sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono y productos químicos con similar aporte cada uno (0,3%).

Las emisiones de GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq derivadas de la producción de minerales no metálicos muestran un comportamiento oscilante (3.142; 3.918; 3.263 y 3.505) a través de los años de inventario (1990, 1994, 2000 y 2004); mientras las emisiones provenientes de la producción de metales presentó una tendencia al alza, principalmente en los años 2000 y 2004 (1.575; 1.294; 2.634 y 3.782 Gg de CO<sub>2</sub> eq). En la Figura 2.26 se pueden ver proporciones dentro de cada año de inventario de las categorías del Módulo de procesos industriales.



Figura 2.26 Comparación (%) por años de emisiones totales en CO<sub>2</sub> eq categorías Módulo de procesos industriales



Fuente: Los autores, 2009

Con respecto a la variación de las cifras dentro del mismo Módulo de procesos industriales, si bien se registra un incremento significativo en el lapso de 1990 a 2004; tal cifra equivale a tan solo 2,8% con respecto al total nacional de emisiones, debido a la baja participación del módulo frente a dicho total.

El incremento registrado se debe principalmente a que el inventario de GEI para Colombia de los años 1990 y 1994, estimó las emisiones de 31 actividades productivas, mientras en el presente inventario (2000 y 2004) se reportan las emisiones de 47 actividades productivas. Bajo esta condición relativa, la comparación de los resultados debe tenerse como una aproximación o condición indicativa.

En términos de CO<sub>2</sub> equivalente, las emisiones totales del Módulo de procesos industriales muestran una tendencia creciente para el período 1990-2004. Además, no se debe perder de vista que para el inventario 2000 y 2004, se incluyeron otros gases de efecto invernadero, como son los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Tales incrementos pueden ser explicados, en parte, por la inclusión en el cálculo de las emisiones de procesos como usos de carbonato de sodio, producción de aluminio y producción de aleaciones ferrosas, no tomados en consideración en el primer inventario. También, se debe apreciar que para el inventario del 2004, la categoría de fuente más representativa fue la producción de aleaciones ferrosas, con un porcentaje de participación de CO<sub>2</sub> del 12,26%. Al respecto, es pertinente tener en cuenta que las emisiones de GEI están asociadas con la recuperación económica que mostró el país a partir del año 2002.

## 2.3.10 Módulo de agricultura

### 2.3.10.1 Información disponible

La disponibilidad de información permitió la aplicación de la metodología de nivel 2, propuesta por el IPCC para la estimación de emisiones de metano CH<sub>4</sub>, procedente de la fermentación entérica y manejo de estiércol para la categoría de ganado vacuno no lechero. Para este nivel 2, se utilizaron factores de emisión domésticos que reflejan las diferencias internas en términos de condiciones ambientales y productivas de un contexto nacional, razones por las cuales se disminuye la incertidumbre del inventario.

Para las demás categorías fuentes del módulo, por la carencia de información en las condiciones requeridas, fue necesario realizar la estimación mediante las metodologías de nivel 1.

La quema de sabanas, si bien no constituye una fuente principal de emisiones, es la categoría con mayor incertidumbre del módulo, en razón al poco conocimiento de la dinámica de los ecosistemas de sabanas en Colombia. Por lo tanto, los resultados presentados son una aproximación a las emisiones específicas generadas en esta categoría, que deben afinarse una vez se disponga de información con más detalle, bien sea procedente de investigaciones de base o del procesamiento de la captura de los registros regionales.

Ante la escasa disponibilidad de datos para la estimación de la quema de residuos agrícolas, se requiere aunar esfuerzos para mejorar la investigación de la ocurrencia e intensidad de esta actividad a nivel nacional. Dicha gestión deberá permitir establecer valores para desperdicios a partir de la relación residuos/producción, incluyendo los datos de fracción de materia seca, fracción quemada en campo y oxidada para los principales cultivos reportados por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). Los cultivos de mayor interés son: arroz, maíz, trigo, sorgo, caña panelera y caña de azúcar, según la cantidad de residuos que son susceptibles de la quema en campo y las directrices del IPCC.

Es necesario incentivar la generación de información más detallada y exacta para cada una de las categorías del módulo por parte de las instituciones y gremios del sector agropecuario. Tal ejercicio coadyuva a lograr una caracterización más precisa, la cual es necesaria para mejorar la certidumbre en los resultados de las emisiones.

### 2.3.10.2 Metodología

Con el objeto de superar las barreras e incertidumbres asociadas con el primer inventario del módulo (IDEAM, 2001), se adelantaron los procesos técnicos y gestiones necesarias para recopilar información que permitiera en la medida de las posibilidades, estimar las emisiones mediante la metodología del nivel 2.

Al respecto, las metodologías para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> derivadas de la fermentación entérica y manejo de estiércol del ganado se pueden desarrollar bajo dos niveles (niveles 1 y 2). Es decir, el nivel 2 utiliza factores de emisión domésticos que reflejan las diferencias en términos de condiciones ambientales y productivas de un contexto nacional en particular. Adicionalmente, dependiendo de la categoría que sea representativa como fuente de emisión en el país, se recomienda utilizar el nivel 2 para disminuir la incertidumbre del inventario, siendo este nivel el más exigente en cuanto a datos locales sobre el manejo técnico de una población de ganado.

Si bien en este inventario se hizo la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica y manejo de estiércol, utilizando la metodología de nivel 1, con tales condicionantes, los resultados permitieron establecer que es una categoría fuente que representa más del 50% del total de las emisiones de metano, las cuales, por su representatividad y por recomendaciones de la metodología del IPCC, se calcularon con la metodología de nivel 2. Esta metodología (nivel 2) se aplicó únicamente para poblaciones de ganado vacuno, teniendo en cuenta que exige una caracterización más detallada de la población, además de requerir variables como el promedio de alimento consumido por cada una de las subcategorías de ganado vacuno, tales, como vacas, toros y terneros. Fue así como a partir de una caracterización regional se determinó un factor de emisión nacional.

La estimación del CH<sub>4</sub> emitido por manejo de estiércol requirió parte de la información recopilada en la categoría fermentación entérica, en este caso, de la población anual para cada subcategoría de ganado vacuno, distribución por climas y sistema de producción, además, fue necesario tener información específica en cuanto al sistema de manejo de estiércol, relacionado con: a) masa de sólidos volátiles excretados por animal (Vs kg); b) capacidad máxima de producción de metano en el estiércol (Bo m<sup>3</sup> • kg<sup>-1</sup> • Vs) y c) factor de conversión del metano, definido por el sistema de manejo y clima.

Al comparar los resultados obtenidos con la metodología de nivel 1, contra el nivel 2, se encontró un aumento del 16,17% y del 21,59%, para los años 2000 y 2004, respectivamente<sup>12</sup>. Se debe tener en cuenta que el uso de factores de emisión nacionales calculados por el nivel 2, refleja la intensidad y características de la producción pecuaria nacional, además de presentar una disminución significativa en la incertidumbre, alrededor del ± 20%; según el IPCC (2006).

En el caso de otras categorías fuente como cultivos de arroz, suelos agrícolas, quema de sabanas y quema de residuos, la información disponible no permitió el mismo desarrollo metodológico (nivel 2), por lo cual se emplearon factores de emisión por omisión o defecto dados en las guías del IPCC. A pesar de lo anterior, se mejoró la información de base necesaria para el inventario en lo relacionado con su calidad y cobertura.

### 2.3.10.3 Resultados

El Módulo de agricultura (38,1%), junto con el Módulo de energía (36,6%), realizan aportes similares y significativos en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> eq. Las categorías que más aportan emisiones en el Módulo de agricultura, con respecto al total emitido en el año 2004, son la fermentación entérica<sup>13</sup> (18,5% del total) y suelos agrícolas (18,1%), con cifras del orden de los 33.258 Gg de CO<sub>2</sub> eq y 32.593 Gg CO<sub>2</sub> eq, respectivamente.

<sup>12</sup> Se resalta que los resultados obtenidos son coherentes con las conclusiones de la CMNUCC, 2007, que expone que al aplicar factores de emisión específicos para un país (nivel 2), los resultados pueden cambiar entre 20 y 30%, frente a los obtenidos mediante el nivel 1. La importancia de los resultados presentados y el grado de avance en relación con el primer inventario de GEI (Ideam, 2001), de acuerdo con el IPCC, 2000, se relaciona con una mayor incertidumbre al usar el nivel 1, la cual está alrededor del ± 30 al ± 50%.

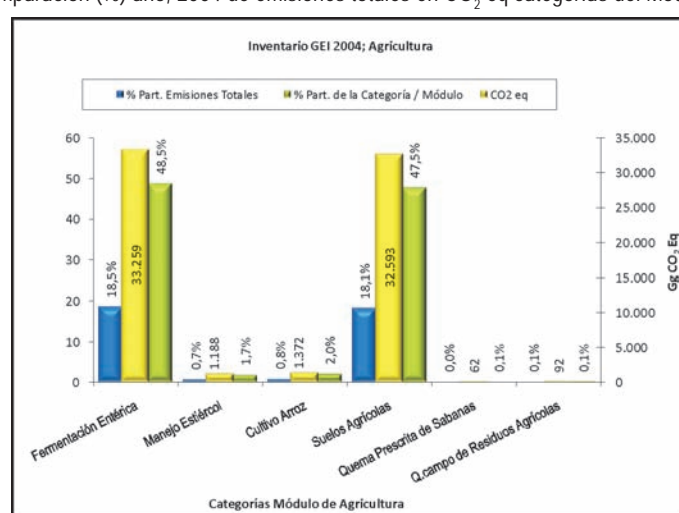
<sup>13</sup> Proviene del proceso digestivo de los rumiantes.

Estudios adelantados por la FAO (2009), indican que el sector ganadero, en el contexto mundial, es responsable del 18% de las emisiones de GEI, un porcentaje mayor que el correspondiente a los medios de transporte. Los autores del estudio mencionado consideran que el sector pecuario es responsable del 35 al 40% de las emisiones antropogénicas globales, precisando, además, que la fermentación entérica y el estiércol generan en conjunto cerca del 80% de las emisiones procedentes de la agricultura. Tales cifras muestran una buena concordancia con los resultados obtenidos en los inventarios colombianos.

En la Figura 2.27 se puede apreciar la proporción de cada categoría para el año 2004, donde se encuentra un comportamiento relativamente similar a través de este año analizado.

De manera similar al Módulo de energía, sin tener relación causal, y teniendo en cuenta el cambio en la metodología, el Módulo de agricultura proporcionalmente ha venido disminuyendo su cuota en el año 2004 (4,7% de diferencia con el año 1990), con respecto a los demás sectores, no obstante se ha incrementado la emisión en términos absolutos (13.143 Gg CO<sub>2</sub> eq de diferencia con el año 1990).

Figura 2.27 Comparación (%) año, 2004 de emisiones totales en CO<sub>2</sub> eq categorías del Módulo de agricultura



Fuente: Los autores, 2009

La tasa anual promedio de variación para el segundo periodo (847 Gg CO<sub>2</sub> eq/año) ha disminuido con respecto al primer periodo, años 1990 a 1994 (1.505 Gg CO<sub>2</sub> eq/año). El aporte significativo del Módulo de agricultura, el cual incluye las actividades pecuarias, radica principalmente en la emisión de metano y óxido nítrico, dos gases con potenciales de calentamiento global de 21 y 310 veces más efectivos que el CO<sub>2</sub> respectivamente.

El metano proveniente del Módulo de agricultura representó en el año 2004, el 66% de las emisiones totales de dicho gas; por su parte, la fermentación entérica generó 61% del total de las emisiones de metano; aportando 18,5% del total de los GEI del inventario del año 2004, al compararse en unidades de CO<sub>2</sub> eq. Es decir, con los datos del inventario, la fermentación entérica aportó en dicho año, cerca de 6,5% más gases de efecto invernadero que la categoría del transporte (21.769 Gg CO<sub>2</sub> eq). Estas distribuciones son representadas en las figura 2.27, donde se indica, además, la participación de la categoría dentro del módulo y con respecto al total de GEI emitidos en el año, en unidades de CO<sub>2</sub> eq.

Con respecto a las emisiones de óxido nítrico, es procedente tener en cuenta el proceso de desnitrificación que ocurre en los suelos agrícolas, el cual se esboza en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3 El proceso de desnitrificación.

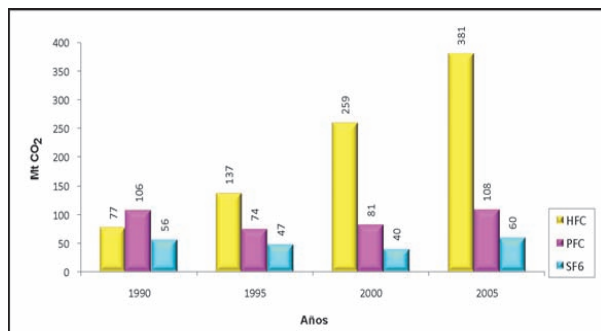
En la categoría denominada suelos agrícolas, se involucran procesos relacionados con el aporte de fertilizantes nitrogenados, los cuales pasan a formar parte del ciclo natural del nitrógeno a través del proceso de desnitrificación; transformación por medio de la cual algunas bacterias anaeróbicas se ven forzadas a usar el oxígeno del ión nitrato para sus necesidades (reducen el N<sub>5</sub>O<sub>3</sub> y N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>) y devuelven a la atmósfera el nitrógeno como N<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O. Tal proceso rápido y efectivo, significa emisiones o pérdidas en suelos cultivados (lo cual es indeseable en función de la productividad), del orden de 10 a 20% de todos los nitratos formados o añadidos como fertilizantes, llegando a ser entre 40 y 60% del nitrógeno añadido como nitrato.

Previo a ello, la nitrificación (oxidación) actúa para formar los nitritos y los nitratos a partir del amoníaco con la presencia de oxígeno.

Fuente: Adaptado de DONAHUE, R. Introducción a los suelos y al crecimiento de la plantas. Cali: Prentice-Hall, 1977, p. 130.

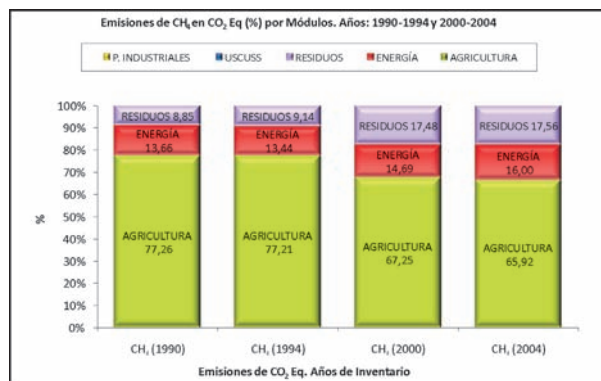
El 95,6% del óxido nitroso proviene del Módulo de Agricultura, proporción que se grafica en la Figura 2.31, advirtiendo que la ordenada (eje) inicia arriba de 90%, con el fin de poder mostrar de manera esquemática la fracción correspondiente a los demás módulos.

Figura 2.28 Participación Módulo de energía por categoría, año 2000



Fuente: Los autores, 2009

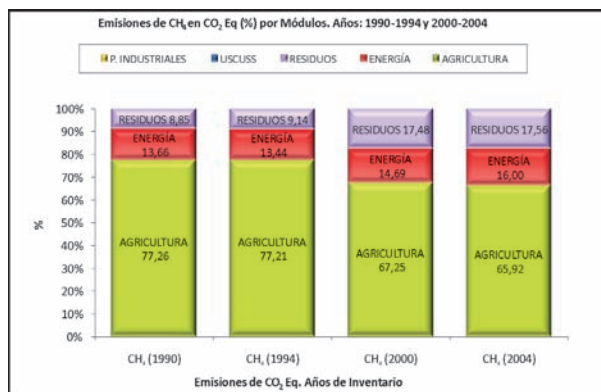
Figura 2.29 Participación Módulo de agricultura por categoría, año 2004



Fuente: Los autores, 2009

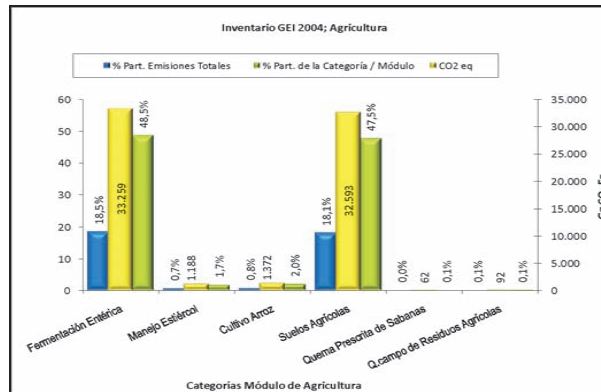
En la figuras 2.30 y 2.31, se presenta el aporte porcentual de metano y óxido nitroso para los años 1990, 1994, 2000 y 2004, estimado para cada módulo.

Figura 2.30 Aporte porcentual de CH<sub>4</sub> por Módulo por año



Fuente: Los autores, 2009

Figura 2.31 Aporte porcentual de N<sub>2</sub>O por Módulo por año



Fuente: Los autores, 2009

Abreviando el comportamiento entre los dos momentos (1990 y 2004), encontramos que el Módulo de agricultura presentó un incremento de 23,7%, adicionando alrededor de 13.143 Gg de CO<sub>2</sub> eq en el último inventario.

## 2.3.11 Módulo uso del suelo (USCUSS)<sup>14</sup>

### 2.3.11.1 Información disponible

En este módulo, el inventario avanzó con respecto al primero en la incorporación de los datos de superficie establecida con plantaciones protectoras y el número de árboles existentes en algunos centros urbanos. Aun así, es importante incorporar la información sobre el número de árboles en las zonas urbanas del resto de las ciudades del país, que no fueron incluidas en el inventario del año 2004 por no disponer de los datos correspondientes. Adicionalmente, es válido mencionar la importancia de generar cifras comparables sobre la superficie de bosques existentes para el año 2004, lo que permite contar con datos de conversión anual más propicia y diferenciable frente al año 2000.

<sup>14</sup> Se debe tener presente que los términos suelo y tierra son equivalentes en el presente documento, para facilitar la unificación y pronunciación de la sigla adoptada (USCUSS) para las naciones de lengua hispana.



Para la categoría denominada abandono de tierras cultivadas, es primordial generar información a nivel nacional de la superficie abandonada y que se encuentra en etapa de regeneración, buscando cubrir hacia el futuro un período de veinte años, en referencia con el año 2000. Lo anterior teniendo en cuenta que en las estimaciones efectuadas en los presentes inventarios (2000 y 2004), no fue posible incorporar estos valores en su verdadera dimensión, situación que podría subvalorar el potencial de captura de CO<sub>2</sub> del país por esta categoría.

Con respecto a la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en los suelos, se requiere el detalle de la superficie por el sistema de uso comparable para el 2004, de tal forma que permita establecer las diferencias con los resultados del 2000. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> por el abonado con cal de suelos agrícolas, se recomienda contar con las cantidades reales aplicadas en cada año del inventario, puesto que la información utilizada sobre venta de fertilizantes y acondicionadores podría sobrestimar las emisiones anuales.

### 2.3.11.2 Metodología

Con el apoyo de expertos se avanzó en el desarrollo de una propuesta por regiones, sobre las diferentes fracciones de biomasa perdida por la categoría de conversión de bosques (biomasa quemada in situ, biomasa quemada ex situ y biomasa abandonada). No obstante, es necesario consolidar aún más esta propuesta sobre las fracciones de biomasa, incluyendo los aportes recientes de expertos y, en lo posible, los resultados que se logren en estudios de campo.

Se avanzó en la reconstrucción y actualización del proceso metodológico desarrollado por Iverson, L. *et al.* (1994) y ajustado por Alarcón y Cardona (2001) para la estimación de la biomasa presente antes de la conversión. Sin embargo, se requiere actualizar la información sobre inventarios forestales, específicamente sobre la densidad de biomasa existente en diferentes tipos de bosque, teniendo en cuenta, además, la degradación que exista.

En la categoría emisiones de CO<sub>2</sub> en los suelos, se lograron avances relacionados con la inclusión de los orgánicos, puesto que en los años 1990 y 1994 el cálculo se basó en emisiones de suelos minerales. En los actuales inventarios se estimaron las emisiones de suelos minerales además de los suelos orgánicos y por abonado con cal. Este cálculo mostró que las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de los suelos aparentemente aumentaron en comparación con los inventarios anteriores.

No obstante el esfuerzo y los avances logrados, las emisiones del Módulo USCUS son extremadamente difíciles de cuantificar y los valores reportados por los países miembros a la CMNUCC para este sector presentan elevada incertidumbre. De ahí que este sector se excluya con frecuencia de los informes de emisiones, aunque se considere que su participación es importante (FAO, 2009)<sup>15</sup>.

### 2.3.11.3 Resultados

Como resultado de los cambios y avances en la interpretación de los procesos metodológicos del inventario de GEI, en particular de la inclusión de las emisiones de CO<sub>2</sub> por quemas de biomasa fuera del sitio de conversión, que no fueron incorporadas en los anteriores inventarios, la categoría de conversión de bosques y praderas presenta un aumento considerable en las cifras<sup>16</sup> de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de los años 2000 y 2004, comparado con los años 1990 y 1994.

Se debe tener presente que los términos suelo y tierra son equivalentes en el inventario, para facilitar la unificación de la sigla adoptada (USCUS) por la naciones de lengua hispana.

En la Figura 2.32, se observa que la participación del módulo está aumentando (alrededor de 5,6% con respecto al primer inventario (1990 y 1994); principalmente por la categoría denominada conversión de bosques y praderas (3.406 Gg CO<sub>2</sub> eq a 16.639 Gg CO<sub>2</sub> eq de 1990 a 2004). Dicho valor estimado en el inventario del año 2004 (9,4% con respecto al total de emisiones) es proporcionalmente similar al reportado a nivel mundial por la FAO (2009), quien identifica que el sector pecuario produce 9% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de origen antropógeno, la mayor parte de las cuales se debe a los cambios en el uso de la tierra (principalmente, la deforestación) causados por la expansión de pastizales y la superficie destinada a la producción de forrajes.

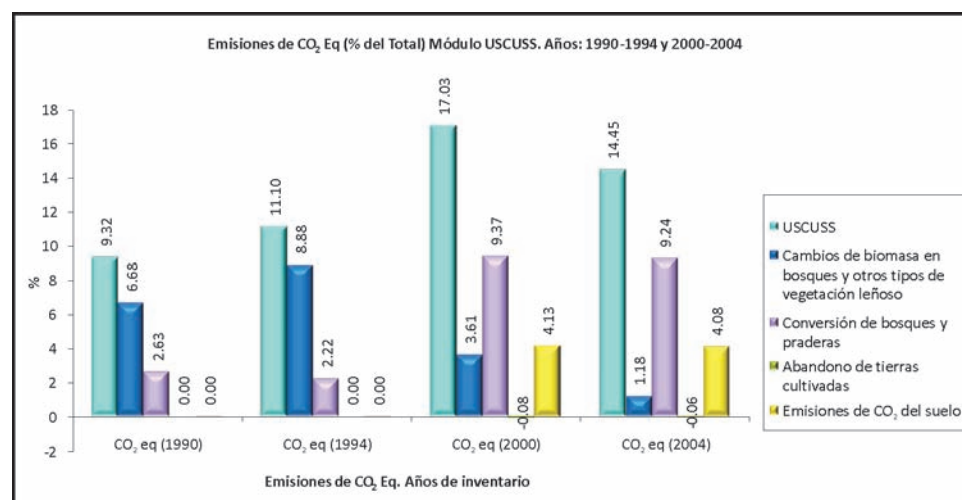
El incremento en términos de las emisiones del conjunto del módulo, es de alrededor de 100%, con respecto al primer inventario (1990 y 1994), al pasar de un aporte promedio por inventario de 14.350 Gg CO<sub>2</sub> eq a 28.127 Gg CO<sub>2</sub> eq. Adicionalmente, en la categoría de la emisión de CO<sub>2</sub> de los suelos, existen diferencias metodológicas que impiden la comparación de los inventarios.

15 FAO. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Cap. 3. El papel del ganado en el cambio climático y en la contaminación atmosférica. Roma: FAO. 2009. p. 126.

16 *Ibid.*, Sinopsis, p. 22.

No obstante lo anterior, la reducción de emisiones del módulo, entre los años 2000 y 2004, se debe fundamentalmente a la categoría cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, como resultado de la cantidad de biomasa cosechada, especialmente en el consumo de leña y por el aumento en la remoción de CO<sub>2</sub>, por el incremento en la superficie de plantaciones forestales establecidas.

Figura 2.32 Comparación porcentual por años de las emisiones totales en CO<sub>2</sub> eq categorías del Módulo USCUS



Fuente: Los autores, 2009.

En suma, el Módulo uso del suelo, cambio del uso del suelo y silvicultura, añadió en el lapso de 1990 a 2004, 13.954 Gg de CO<sub>2</sub> eq, reflejándose en un incremento de 116%.

## 2.3.12 Módulo de residuos

### 2.3.12.1 Información disponible

Para el inventario 2000 y 2004, se dispuso de mejor información comparada con la que se tuvo para los inventarios de 1990 y 1994, adicionalmente, se logró precisar en detalle la información relacionada con la fracción tratada de aguas residuales domésticas e industriales, fracción de residuos sólidos dispuestos por tipo de disposición y cargas orgánicas tratadas por el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

De otra parte, la carencia de cifras tanto actuales como históricas de las cantidades, composición y las prácticas de disposición de los residuos a lo largo de varias décadas en Colombia, no permite utilizar el método de descomposición de primer orden, según la metodología de nivel 2 del IPCC. Para lograr un perfil de emisión, es necesario detallar el tiempo transcurrido desde la disposición, de manera que refleje las verdaderas pautas del proceso de degradación a lo largo del tiempo. Para el actual inventario se utilizó el método por omisión o defecto, con la información disponible de la actividad en el país, bajo el supuesto de que la totalidad del CH<sub>4</sub> potencial se libera durante el año en el que se produce la disposición de los desechos.

### 2.3.12.2 Metodología

El inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para el Módulo de residuos, es el resultado del cálculo de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) como resultado de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos y aguas residuales domésticas e industriales, y las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) proveniente de los procesos de nitrificación y desnitrificación del contenido de nitrógeno en las excretas humanas (urea, nitratos y proteínas).

Para determinar las emisiones del Módulo de residuos se utilizó el método por defecto o nivel 1 establecido por el IPCC, el cual está basado en la suposición de que la totalidad del metano potencial se libera durante el año en el que se produce la disposición de los residuos.

Esta metodología utilizada tuvo en cuenta la recopilación de información básica, procesamiento de datos y resultados consolidados de las emisiones de metano y óxido nitroso a partir de estadísticas referentes al sector, estimaciones y

factores propuestos por el IPCC. Dicha información se consolidó a través de datos estadísticos del nivel nacional, regional y local, y del análisis de estudios e investigaciones. Adicionalmente, el procesamiento de los datos se realizó teniendo en cuenta las proyecciones y cálculos de las variables utilizadas.

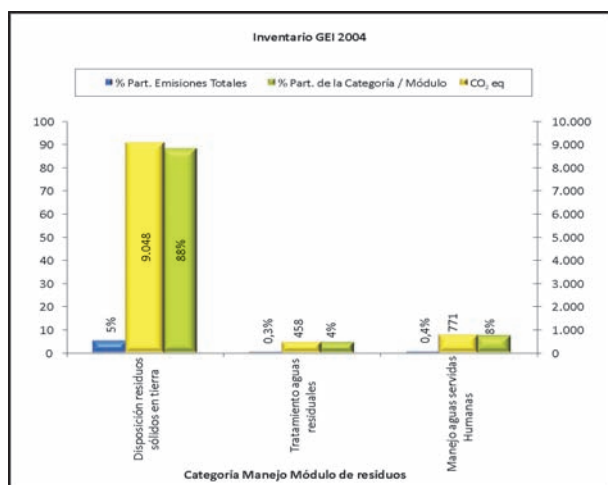
Las emisiones totales del módulo en toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, para los años 1990, 1994, 2000 y 2004 muestran una tendencia creciente, exceptuando las emisiones provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales, que entre 1990 y 1994 presentan un leve descenso principalmente por la metodología aplicada estos años de inventario, en donde se utilizaron datos de las descargas de aguas residuales industriales con base en datos estimados; mientras que para el presente inventario se contó con información de descargas de la medición real de flujos y caracterización de las aguas residuales.

Es importante desatacar que en los resultados presentados existe un avance significativo en las metodologías aplicadas con respecto al primer inventario, lo cual se refleja en las cifras de emisiones de GEI más acordes con el contexto colombiano. En este sentido, en el inventario se presentan los resultados obtenidos luego de un proceso de consulta con diversas entidades como el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Agencia de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), entre otras instituciones que estuvieron involucradas en el tema y que conformaron la mesa técnica del Módulo de residuos.

### 2.3.12.3 Resultados

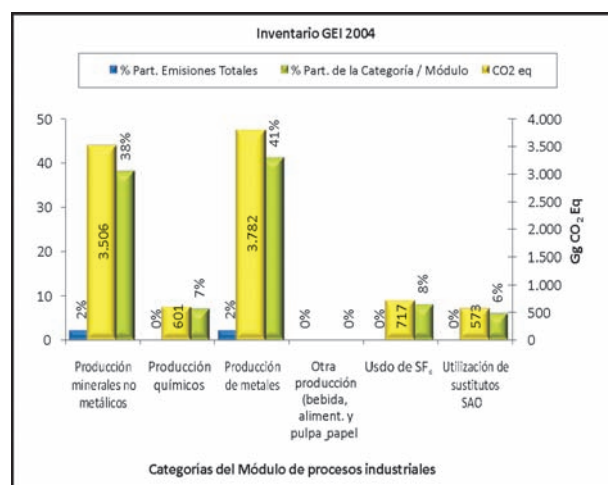
En el Módulo de residuos la categoría denominada disposición de residuos en tierra genera 88% de las emisiones, a diferencia del Módulo de procesos industriales, donde se reparte fundamentalmente en dos categorías producción de minerales no metálicos y producción de metales. Véase Figuras 2.33 y 2.34. En el año 2004, el módulo de residuos presentó, en términos globales, una contribución (5,7%) similar al Módulo de procesos industriales (5,1%); comparación que se facilita al observar en la Figuras 2.4.

Figura 2.33 Participación Módulo de residuos, categoría año 2004



Fuente: Los autores, 2009

Figura 2.34 Participación Módulo de procesos industriales, categoría año 2004

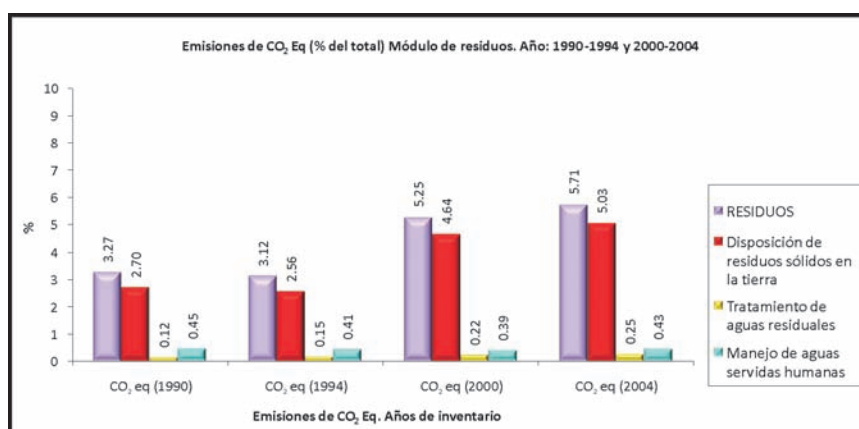


Fuente: Los autores, 2009

El comportamiento del módulo a través de los años, además de presentar un incremento en la proporción respecto a los demás módulos (3,3% a 5,7%), al tomar las emisiones del año 1990 como referencia, es el módulo con mayor incremento relativo hasta el año 2004 (143%), no obstante es muy bajo su aporte en las emisiones totales del inventario nacional. Lo anterior al tomar las cifras de dichos años en aportes de CO<sub>2</sub> eq (4.232 Gg en 1990 a 10.278 Gg en 2004).

Las categorías definidas como tratamiento de aguas residuales y manejo de aguas servidas humanas, si bien no aportan una cifra significativa dentro del total de las emisiones, es válido comentar el incremento porcentual (183%) dentro la misma categoría entre los años 1990 (162 Gg CO<sub>2</sub> eq) y 2004 (458 Gg CO<sub>2</sub> eq), para la primera categoría mencionada. Lo anterior puede explicarse en parte por la gestión adelantada por las diferentes empresas con el respectivo aporte de la información (Véase la Figura 2.35).

Figura 2.35 Comparación porcentual por años de las emisiones totales en CO<sub>2</sub> eq categorías del Módulo de residuos



Fuente: Los autores, 2009

## 2.4 CONCLUSIONES GENERALES DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

En términos generales, se dispuso de mejor información, en comparación con la obtenida para el inventario 1990 y 1994; lo anterior conlleva a obtener resultados más cercanos con la realidad nacional.

Adicionalmente, es procedente advertir que la comparación de las emisiones totales del presente inventario de GEI (2000 y 2004), con respecto al inventario de los años 1990 y 1994, debe ser cuidadosa, teniendo en cuenta tanto la variación en la metodología utilizada como la precisión en la información disponible que se usó en ambos inventarios (por ejemplo, tanto la capturada de sistemas de información como la estimada a través de factores de producción) y la utilización de los factores de emisión propuestos por el IPCC. Por tales razones, si bien en las conclusiones se presentan las variaciones o diferencias, las cifras deben tomarse de manera indicativa sin que éstas permitan su comparación directa.

Con base en los inventarios adelantados por el país para los años 1990 (129.466 Gg de CO<sub>2</sub> eq), 1994 (149.869 Gg de CO<sub>2</sub> eq), 2000 (177.575 Gg de CO<sub>2</sub> eq) y 2004 (180.010 Gg de CO<sub>2</sub> eq), si bien se aprecia un aumento en valores absolutos en las emisiones, es preciso mencionar que la tasa de variación anual viene descendiendo, con valores que van del orden de 3,94% para el primer lapso (1990 a 1994); 3,72% para el segundo (1990 a 2000) y 2,79% para el tercer intervalo (2000 a 2004).

En valores enteros, los sectores que más emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) aportaron en el año 2004 son: agricultura (38%); energía (37%) y uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (14%). Le siguen: residuos sólidos (6%) y procesos industriales (5%). Es decir, las actividades del sector agropecuario, incluyendo el USCUS, contribuyen con más de 50% de las emisiones totales de GEI. Es necesario aclarar que en el Módulo de agricultura se incluyen las actividades pecuarias. Las emisiones del sector transporte representan 12,1% dentro del total de gases.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> eq de otros países latinoamericanos como Venezuela (1999), México (2002), estuvieron mayormente representadas en el sector energético (véase la Figura 2.24). Por su parte, aquellos países donde se encuentra una alta representatividad del sector agropecuario, como Argentina, Paraguay y Colombia, el aporte por el sector agrícola tiene un peso significativo en el inventario.

Las emisiones por la fermentación entérica (18,5%), suelos agrícolas (18,1%), junto con la conversión de bosques y praderas (9,2%) y emisión de CO<sub>2</sub> del suelo (4,1%), representaron 50% de las emisiones totales en el año 2004.

En valores medios y comparándolos en unidades de CO<sub>2</sub> equivalentes, el gas que más aporta Colombia es el CO<sub>2</sub> (50%), seguido por metano (30%) y óxido nitroso (19%); aproximadamente 1% restante de las emisiones de gases de efecto invernadero se encuentra entre los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (CFC) y SF<sub>6</sub>, a pesar de tener un potencial de calentamiento mucho mayor que los tres primeros.

En la Tabla 2.5 se presentan las actividades o categorías que más aportaron GEI en unidades de CO<sub>2</sub> eq, en el año 2004. Las demás categorías se distancian significativamente de las presentadas en dicha tabla. Es decir, en dicha tabla se muestran las categorías que aportan el 80% de los GEI.



Tabla 2.5 Principales Módulos y Categorías / % de CO<sub>2</sub> eq, año 2004

Módulos y categorías principales		% de CO <sub>2</sub> eq.
Energía	Transporte	12,1
	Industrias de la energía	8,5
	Industrias manufactureras y de la construcción	7,3
Agricultura	Fermentación entérica	18,5
	Suelos agrícolas	18,1
USCUSS	Emisión de CO <sub>2</sub> del suelo	4,1
	Conversión de bosques y praderas	9,2
Residuos	Disposición de residuos sólidos en la tierra	5,0

Fuente: Los autores, 2009

De otra parte, si bien es cierto que las comparaciones no muestran todos los detalles del trasfondo de las situaciones, es pertinente destacar la relación de Colombia frente al contexto regional y mundial. Como bien se expuso antes, las emisiones individuales (per cápita) de Colombia están por debajo del valor medio mundial y muy distante de los valores registrados para Europa, Asia Occidental y Norteamérica.

En el ámbito global, las cifras (WRI, 2009) permiten hallar a Colombia más allá de la posición 115, con respecto de las emisiones per cápita para el año 2000, no obstante, con respecto al total emitido para ese año (0,42%) se ubicaría dentro de los primeros 50 países que más emiten gases efecto invernadero. En Latinoamérica, los principales países emisores son: Brasil, México, Argentina, Venezuela, Colombia, Paraguay, Perú, Ecuador, Bolivia, Chile, entre otros. Se insiste que la ordenación o localización es un referente, el cual siempre está a merced de los respectivos ajustes.

Finalmente, con el presente inventario, el país puede realizar un análisis detallado del origen de las emisiones de GEI, cuyo resultado debe ser tomado como una herramienta para la gestión empresarial, orientado principalmente en la toma de decisiones y la focalización de esfuerzos que realicen los diferentes sectores en la implementación de medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

### 2.4.1 Módulo de energía

La generación de gases efecto invernadero (GEI) en el Módulo de energía, en general, muestra una tendencia creciente en las emisiones de CO<sub>2</sub>, por quema de combustibles fósiles hasta el año 2000 y se mantiene constante en el periodo 2000 a 2004. En este periodo se adelantaron gestiones relacionadas con las políticas de sustitución de combustibles y de precios, además de fenómenos hídricos favorables, lo que explica el poco crecimiento en emisiones de GEI en este sector.

Colombia presenta una baja emisión de GEI en este sector, teniendo en cuenta que la mayor cantidad de generación energética proviene de hidroeléctricas (78%) y sólo el 5,4% es atendido por termoeléctricas que operan con carbón<sup>17</sup>.

La introducción de la política de masificación del gas en Colombia en el sector transporte, iniciada en la década de los años 90, disminuyó el uso de otras fuentes más generadoras de GEI. Dado que éste representa más de 12% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> eq la política de gasificación a través de la reconversión de combustibles produjo una reducción significativa en las emisiones. En el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006, y su estrategia impulsó la exploración y explotación de hidrocarburos y minería, se definió el programa de incremento de vehículos convertidos a gas natural. Este programa estableció como meta para el cuatrienio la conversión de 64.000 vehículos, cumpliéndose en su totalidad y superándola hasta llegar a 168.523 para diciembre de 2006. Igualmente, el PND 2006-2010 continuó con el mismo programa y estableció una meta de 160.000 vehículos convertidos, de la cual se ha logrado importantes avances, ya que para noviembre de 2008 se reportó un total acumulado de 277.685 vehículos transformados a gas natural en el país (MME, 2006 & 2008, en Nieves, 2009).

### 2.4.2 Módulo de procesos industriales

El inventario de GEI para Colombia de los años 1990 y 1994, estimó las emisiones de 31 actividades productivas; en el presente inventario para los años 2000 y 2004, se reportan las emisiones de 47 actividades productivas; bajo esta condición relativa, la comparación de los resultados debe tenerse como una aproximación o condición indicativa.

<sup>17</sup> Según datos de la UPME (2007) en términos de generación, 78% de la electricidad del país es generada con plantas hidráulicas, 16,9% con unidades térmicas (11,4% con a gas y 5,4% a carbón) y 5,1% con generación de plantas menores, cogeneradores y eólica. Ver capítulo: Mitigación, para mayor detalle.

En términos de CO<sub>2</sub> equivalente, las emisiones totales del Módulo de procesos industriales muestran una tendencia creciente para el periodo 1990-2004. No se debe perder de vista que para el inventario 2000 y 2004 se incluyeron otros gases de efecto invernadero, como son los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Tales incrementos pueden ser explicados en parte por la inclusión en el cálculo de las emisiones de procesos como son: usos de carbonato de sodio, producción de aluminio y producción de aleaciones ferrosas, no tomados en consideración en el primer inventario.

Además, se debe apreciar que para el inventario del 2004 la categoría de fuente más representativa fue la producción de aleaciones ferrosas, con un porcentaje de participación de CO<sub>2</sub> de 12,26%. Debe tenerse en cuenta que ésta presentó un aumento en la generación de GEI de 2000 (385,97 CO<sub>2</sub> eq) a 2004 (846,63 CO<sub>2</sub> eq) la cual se explica en parte con el incremento de la capacidad de beneficio de ferroníquel, teniendo en cuenta la entrada en operación de una segunda línea de producción que aumentó la misma pasando de alrededor de 28.000 t/año antes de 2001, a 53.812 t en 2004.

### 2.4.3 Módulo de agricultura

Se destaca el avance en el presente inventario del esfuerzo destinado a obtener la información necesaria para caracterizar y analizar la población ganadera en el país, lo cual permitió una estimación más precisa de los factores de emisión para Colombia. Es decir, a partir de dicha gestión se pudo utilizar la metodología de nivel 2 para la categoría de fuente: manejo de ganado doméstico comparado con los valores estimados para esta misma categoría en el inventario de los años 1990 y 1994.

En la década del noventa, las emisiones de metano procedentes de la actividad ganadera aportaron un promedio de 1.334,4 Gg, de las cuales la fermentación entérica fue la que más influyó en este comportamiento con 82,61%. Para los años 2000 y 2004, se registra un aumento de estas emisiones a 1.528,27 Gg; de éstas, 93,19% corresponde a dicha categoría.

De otro lado, frente a las emisiones totales de CH<sub>4</sub>, el manejo del estiércol representó 2,0% para los años 1990 y 1994; mientras que para los años 2000 y 2004 su contribución fue de 2,64%. Este comportamiento se relaciona con el aumento del hato ganadero, el cual pasó de 24.114.450 cabezas de ganado bovino para la década de los años noventa, a 24.550.834 de cabezas de ganado bovino reportadas para los años 2000 y 2004.

El cambio de 31.697 Gg de CO<sub>2</sub> eq en el año 2000 a 32.593 Gg de CO<sub>2</sub> eq en 2004 en la categoría de suelos agrícolas se deriva del manejo de los fertilizantes nitrogenados, debido al aumento del área cosechada entre 2000 y 2005 para alcanzar una superficie de 38.855 ha, y al incremento en la producción agrícola hasta 2.282.357 toneladas para este mismo periodo. Debe tenerse en cuenta que esta categoría representa alrededor de 48% de las emisiones de GEI dentro de la misma.

Por su parte, el aumento de la generación de GEI del inventario entre los años 2000 y 2004 se concentra en el hato no lechero que pasó de aportar 27.772 de CO<sub>2</sub> eq (equivalente a 42% de las emisiones de esta categoría) a 30.266 de CO<sub>2</sub> eq (equivalente a 44% de las emisiones de esta categoría) para estos años.

Teniendo en cuenta lo anterior y dada la importancia que el cambio climático tiene en los diferentes escenarios, además del reto que implica en materia de producción y competitividad, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, consciente de la relevancia que el cambio climático posee en el desarrollo del sector agropecuario, diseñó una estrategia de investigación ligada con las cadenas productivas, denominada Agricultura y Cambio Climático.

### 2.4.4 Módulo de USCUS

La comparación de resultados del inventario 1990 y 1994, con el actual (2000 y 2004), implica observar las diferencias en las metodologías y el detalle de la información utilizada para cada uno de ellos. Sin embargo, por circunstancias relacionadas con diferencias en las concepciones metodológicas de los dos inventarios, a partir de la aplicación de las Directrices del IPCC (Rev., 1996), no es recomendable realizar una interpretación directa de las diferencias en las emisiones a partir de los resultados del inventario de GEI de 1990 y 1994.

De igual manera, no es posible realizar una lectura directa en cuanto a las remociones de CO<sub>2</sub> que, de acuerdo con los resultados presentados en los dos inventarios, tienden a disminuir sustancialmente; no obstante, en este caso también existen diferencias metodológicas y de disponibilidad de información que no permiten una comparación meridiana entre los resultados obtenidos para los dos momentos.

Se resaltan las disminuciones en las emisiones netas de CO<sub>2</sub> para la categoría cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa; en contraste con los posibles aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub> para las categorías de conversión de bosques y praderas y de emisiones de CO<sub>2</sub> de los suelos. De nuevo, estos aumentos, así como la aparente disminución en remociones de CO<sub>2</sub>, se relacionan con cambios en la interpretación metodológica para la realización de los dos inventarios.

Comparando los resultados de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> para los años 2000 y 2004, se evidencia la disminución en 14%, atribuible principalmente a la disminución de las emisiones netas de la categoría cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, y en una menor proporción, por el aumento de las remociones de CO<sub>2</sub> en la categoría abandono de tierras cultivadas.

Adicionalmente, las menores emisiones por actividades relacionadas con los cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, resulta de la disminución en las emisiones por la cantidad de biomasa cosechada, especialmente en el consumo de leña, y por el aumento en la remoción de CO<sub>2</sub> explicada en parte por el incremento en la superficie de plantaciones forestales establecidas.

Respecto a los resultados de las categorías denominadas: conversión de bosques y praderas y, emisiones de CO<sub>2</sub> de los suelos, estas cifras no variaron sustancialmente, máxime si se tiene en cuenta que la información específica para cada año no fue lo suficientemente precisa.

#### 2.4.5 Módulo de residuos

Las emisiones totales en CO<sub>2</sub> equivalentes del Módulo de residuos para los años 1990, 1994, 2000 y 2004, muestran una tendencia creciente, exceptuando las emisiones provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales, que presenta un leve descenso entre 1990 y 1994. Este comportamiento puede explicarse, en principio, por la aplicación de la metodología utilizada. Para el primer inventario, se utilizaron descargas de aguas residuales industriales con base en productos (datos estimados), mientras que para este inventario se tiene información con descargas medidas (medición de flujos y caracterización de aguas residuales).

#### 2.4.6 Necesidades de información

Para el Módulo de energía del inventario de GEI, la mesa técnica correspondiente propuso la creación de un comité intersectorial de balances energéticos nacionales y regionales, como instancia de seguimiento de la información energética para analizar sus variaciones y tendencias. Adicionalmente, fortalecer las sinergias institucionales, mediante la participación de entidades oficiales, gremios y sector privado para el levantamiento y envío de la información con su respectiva actualización y verificación, por ejemplo en relación con información sobre biomasa y el consumo de combustibles del transporte nacional e internacional.

Además, gestionar con el DANE, el Ministerio de Transporte y demás instituciones identificadas como posibles fuentes de información para el cálculo por metodologías detalladas, la inclusión en sus instrumentos de captura de datos de la información requerida para el cálculo de emisiones de GEI. Por ejemplo, ajustar la información sobre producción de carbón requerida en el Formato Básico Minero del Ingeominas, de acuerdo con los requerimientos de la metodología del inventario.

En el Módulo de procesos industriales se estableció que se deben mejorar y fortalecer los registros emitidos por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la DIAN para obtener información desagregada sobre el uso de sustitutos de SAO y SF<sub>6</sub>, igualmente optimizar la coordinación con el sector siderúrgico, con el fin de precisar la información de tales categorías. Además, fortalecer la generación de información estadística de las Cámaras Sectoriales de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI).

Las principales necesidades de información para el cálculo del Módulo de agricultura están relacionadas con la obtención de un inventario detallado de ganado vacuno y el consumo promedio de fertilizantes nitrogenados en el país, según las clases de cultivos, región, tipo de suelo y clima. Se propone emplear como información base, las áreas sembradas contra la cantidad de nitrógeno aplicado por hectárea.

Para el cultivo arroz, dada la complejidad en la relación suelo-agua-cultivo, que determina la producción de metano, es necesario adelantar investigaciones que apunten a la precisión de los factores de emisión nacionales.

Aunque la categoría de fuente quema de sabanas, no aporta significativamente a las emisiones del módulo, sí lo hace frente a la incertidumbre del mismo, resultado del escaso conocimiento de la dinámica de los ecosistemas de sabanas. Se propone una investigación que mediante ensayos de biomasa en campo e interpretación multianual de imágenes de satélite, permita conocer de manera científica la dinámica de emisiones de GEI para esta categoría.

Aunque la quema de residuos agrícolas no constituye una fuente principal de GEI, es importante investigar la ocurrencia e intensidad de esta actividad a nivel nacional. Asimismo, establecer valores para desperdicios a partir de la relación residuos/producción, fracción de materia seca, fracción quemada en campo y oxidada (datos de mayor incertidumbre), para los principales cultivos reportados por la Encuesta Nacional Agropecuaria, como: arroz, maíz, trigo, sorgo, caña panelera y caña de azúcar.

En relación con el Módulo de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, es importante detallar la información sobre la superficie de plantaciones forestales, descontando la superficie aprovechada que existe al año del inventario, asimismo, determinar las cifras de superficie anual plantada al menos para las principales especies de la superficie ocupada. Adicionalmente, se requiere establecer la superficie de bosques intervenidos o aprovechados y las tasas de crecimiento anuales.

En el Módulo de residuos, se deben consolidar los sistemas de información de las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios y de los entes territoriales, en particular para los datos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales.

Para mejorar la certidumbre en el cálculo del inventario, es necesario que las instituciones que reportan las estadísticas provean los indicadores básicos con estadígrafos procesados desde la fuente de captura y procesamiento inicial (promedios, desviación estándar, mínimos, máximos, coeficientes de variación, etc.) y junto con ellos examinar las inconsistencias en el nivel de los datos de la actividad, con el fin de cuantificarla y controlarla.

Se requiere generar información que permita cálculos más confiables. Por ejemplo, para el Módulo de procesos industriales se utilizó como variable Proxy<sup>18</sup> de la producción, la capacidad instalada y en el Módulo de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura, como Proxy de la variable superficie total abandonada en etapa de regeneración en los últimos 20 años, el área en cultivos ilícitos. Este procedimiento puede ser útil en categorías de fuente que no son relevantes para el inventario de emisiones pero la incertidumbre en el nivel real del dato de la actividad no puede asumirse como la varianza no explicada por la variable Proxy, razón por la cual es necesario compararla con otras fuentes de información.

Para futuros inventarios, se recomienda hacer un análisis gráfico utilizando histogramas de frecuencia de las incertidumbres para el dato de la actividad y el factor de emisión por categoría de fuentes de los años 1990, 1994, 2000 y 2004, para luego determinar su función de distribución de probabilidad. De esa forma, se contaría con análisis de incertidumbres más compactas y robustas para Colombia.

<sup>18</sup> Cuando no se cuenta con la información requerida para el cálculo de las emisiones, ya sea porque el dato es inconsistente o no está registrado, es posible recurrir a otras variables que dan información aproximada: estas variables se conocen como variables Proxy.



## BIBLIOGRAFÍA

- Donahue, R. (1977). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Cali: Prentice-Hall, 1977. p. 624
- FAO. (2009). Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M. y Haan de, C. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Ed. en español. Recuperado en junio de 2009, de <http://www.fao.org/docrep/011/a0701s/a0701s00.htm>. Roma: FAO. p. 22, 87 y 126-128.
- Indxmundi. (2009). PPP per cápita Colombia GDP. Recuperado en julio de 2009.  
[http://www.indexmundi.com/colombia/gdp\\_\(purchasing\\_power\\_parity\).html](http://www.indexmundi.com/colombia/gdp_(purchasing_power_parity).html)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2009). Inventario nacional de gases de efecto invernadero, años 2000 y 2004. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. IDEAM, MAVDT y PNUD. Bogotá: Autores. p. 345
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). Cambio climático 2007. Impacto, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico. Contribución del Grupo de trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Cambridge, Reino Unido: Parry, O., et al. p. 114.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza: 2008. p. 2.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra, Suiza: IPCC.
- Nieves, H. (2009). Informe del componente de mitigación del cambio climático para la Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la CMNUCC. Documento interno para el Ideam. Bogotá: Ideam. p. 97
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2006). Estudio sectorial aseo 2002- 2005. Bogotá: SSPD.
- Taylor, A. & Taylor, M. (2009). The purchasing power parity debate. Working Paper 10607. Recuperado en julio de 2009, de <http://www.nber.org/papers/w10607>. p. 34
- UNFCCC. (2009). consultados en abril de 2009. En: [http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/time\\_series\\_annex\\_i](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i)
- UNFCCC. (2009). Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change. Greenhouse Gas Inventory Data - Detailed data by Party. Recuperado en julio de 2009, de <http://unfccc.int/di/DetailedByParty.do>.
- UNFCCC. (2009). Series estadísticas de países parte del Anexo I, de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Información obtenida de la página en abril de 2009. [On line] [http://unfccc.int/ghg\\_data/ghg\\_data\\_unfccc/ghg\\_profiles/items/](http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/ghg_profiles/items/)
- Unidad de planeación minero energética [UPME]. (2007). Plan de expansión de referencia generación transmisión 2008-2022. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía de Colombia - UPME. p. 203
- World Resources Institute [WRI]. (2008). Climate Analysis Indicator Tool (CAIT). Version 5. Washington; citado por: Naciones Unidas, Cepal & GTZ, climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. (Documento de proyecto). Recuperado en abril de 2009, de [http://www.oei.es/noticias/spip.php?article4590&debut\\_5ultimasOEI=25](http://www.oei.es/noticias/spip.php?article4590&debut_5ultimasOEI=25). Santiago de Chile: febrero de 2009. p. 111.
- World Resources Institute [WRI]. (2009). World Resources Institute. Climate Analysis Indicator Tool (CAIT). Version 6. Washington. Recuperado en abril de 2009, de <http://cait.wri.org/cait.php?page=yearly>.



# CAPÍTULO TRES

## MITIGACIÓN

---

**AUTORES**

**DIANA BARBA**

**SANDRA GARAVITO**

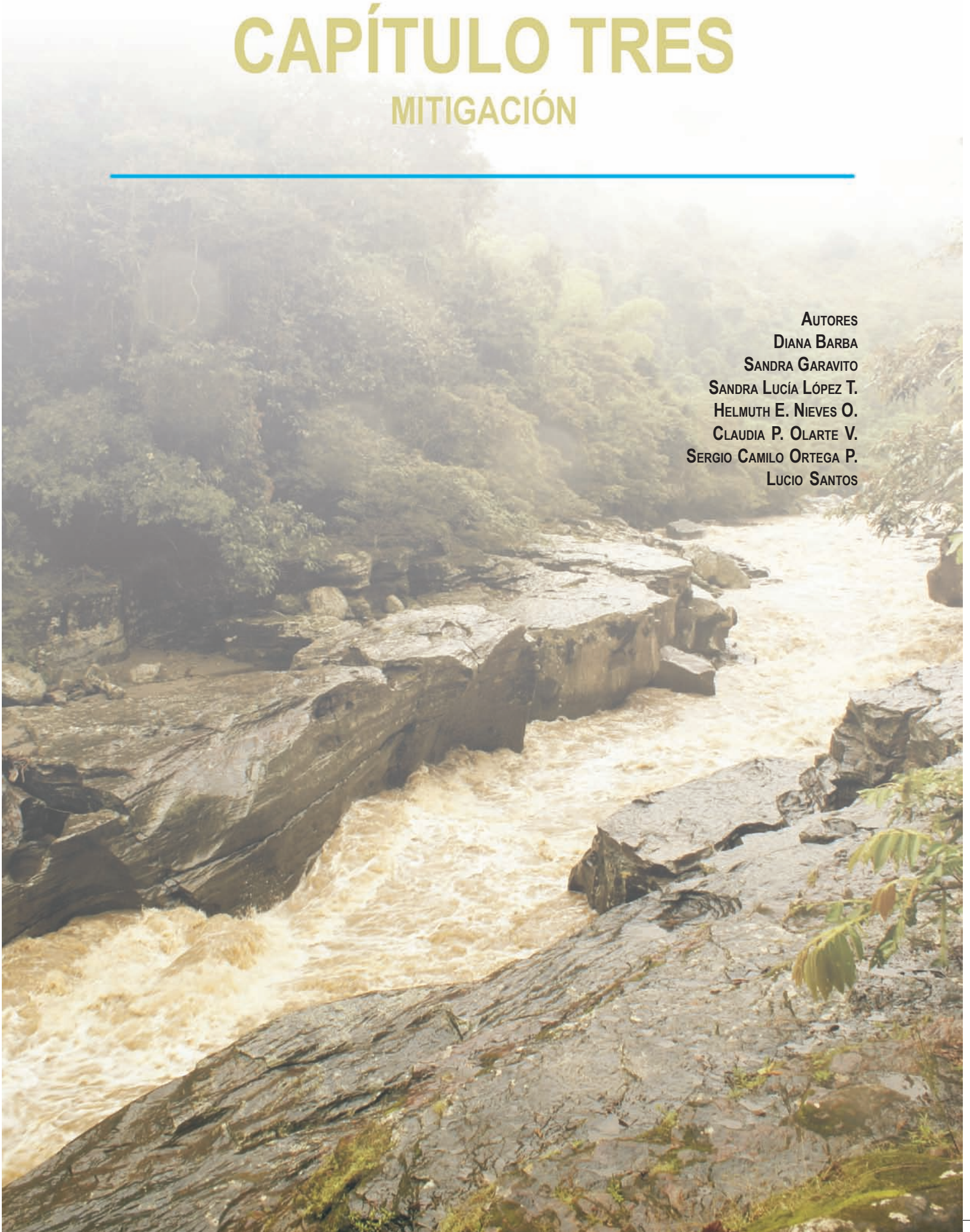
**SANDRA LUCÍA LÓPEZ T.**

**HELMUTH E. NIEVES O.**

**CLAUDIA P. OLARTE V.**

**SERGIO CAMILO ORTEGA P.**

**LUCIO SANTOS**



**Colaboradores**

**DNP - Subdirección de Desarrollo Ambiental Sostenible**

Ana María Loboguerrero, Giampiero Renzoni

**MAVDT - Grupo de Mitigación al Cambio Climático**

Andrea García

**Ideam**

Juanita González L., Pedro Simón Lamprea Quiroga, Adriana Pedraza G.,

Lina Lucía Sánchez M.

**UPME - Subdirección de Energía**

Olga Victoria González

**Banco Mundial**

Julian Chará, Enrique Murgueitio, Juan Pablo Ruiz, Adriana Soto

**Coordinación y supervisión**

Mauricio Cabrera L.

Martha Duarte O.

Margarita Gutiérrez A.

Ricardo J. Lozano P.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	157
<b>3.1 ANTECEDENTES Y MARCO GENERAL</b> .....	57
<b>3.2 POLÍTICAS Y PLANES DE CARÁCTER NACIONAL ASOCIADOS CON LA MITIGACIÓN</b> .....	158
3.2.1. Lineamientos de Política de cambio climático .....	159
3.2.2. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2002-2006. Hacia un Estado comunitario .....	160
3.2.3. Estrategia para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático .....	160
3.2.4. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010. Estado comunitario: Desarrollo para todos .....	161
3.2.5. Visión Colombia II Centenario 2019 .....	161
3.2.6. Acuerdos de cooperación multilateral .....	162
<b>3.3 ESTRATEGIAS Y PLANES SECTORIALES</b> .....	162
3.3.1 Sector energético .....	162
3.3.2 Sector transporte .....	170
3.3.3 Sector industrial .....	173
3.3.4 Sector uso del suelo, cambio de uso y silvicultura (Uscuss) .....	173
3.3.5 Sector agricultura .....	177
3.3.6 Sector residuos .....	180
<b>3.4 PARTICIPACIÓN COLOMBIANA EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO</b> .....	183
3.4.1. Instrumentos financieros asociados con la mitigación del cambio climático .....	184
<b>3.5 PRIORIDADES DE MITIGACIÓN DE ACUERDO AL INVENTARIO DE GEI</b> .....	184
3.5.1. Sector pecuario .....	185
3.5.2. Sector agrícola y forestal .....	185
3.5.3. Sector energía .....	186
<b>3.6 CONCLUSIONES</b> .....	186
<b>3.7 RECOMENDACIONES</b> .....	187
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	189



	Página
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	
Tabla 3.1 Planes, programas y medidas de mitigación del sector energético .....	165
Tabla 3.2 Potencial de reducción de emisiones por la implementación del SITM en las principales ciudades del país .....	171
Tabla 3.3 Reforestación (ha) protectora, comercial y caucho .....	174
Tabla 3.4 Portafolio colombiano de proyectos bajo el MDL .....	183
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	
Figura 3.1 Potencial de reducción de emisiones para diferentes estrategias de mitigación (Mt de CO <sub>2</sub> ) .....	166
Figura 3.2 Potencial de reducción de emisiones para diferentes estrategias de mitigación (M t de CO <sub>2</sub> ) .....	167
Figura 3.3 Radiación solar global, promedio multianual (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	168
Figura 3.4 Densidad de la energía eólica a 50 m de altura, promedio multianual .....	169
Figura 3.5. Medidas de mitigación que adoptarían los empresarios colombianos para enfrentar el cambio climático .....	173
Figura 3.6 Reforestación protectora, comercial y caucho, años: 2002-2007 .....	175
Figura 3.7 Evolución de la disposición final de residuos sólidos en Colombia: 2002-2008 .....	181
<b>CONTENIDO DE CUADROS</b>	
Cuadro 3.1 Aspectos conceptuales de la mitigación .....	158
Cuadro 3.2 El proceso de desnitrificación .....	185
Cuadro 3.3 Biofertilizantes y la agricultura .....	186
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 3.1 Portada Capítulo 3. Estrecho del Magdalena - Isnos (Huila). Mario G. González G. 2009. ....	153

## INTRODUCCIÓN

El propósito de este componente es presentar los principales instrumentos de política y las acciones que en materia de mitigación, como la intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático se han diseñado en el país y otras acciones previstas para implementar en el corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo con lo estipulado en los Artículos 4.1 y 12.1 de la CMNUCC<sup>1</sup>, se insta a las partes a desarrollar programas y medidas nacionales y regionales, donde proceda, que resulten en la mitigación del cambio climático inducido por el hombre. Tales medidas pueden contribuir a reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) o aumentar el almacenamiento terrestre de carbono (UNFCCC<sup>2</sup>, 2003). Teniendo en consideración la decisión 17 de la octava Conferencia de la Partes de la Convención, la cual orienta el desarrollo y alcance de las Segundas Comunicaciones Nacionales para países No Anexo I, este documento presenta las políticas públicas a nivel nacional y sectorial, asociadas con la visión de desarrollo del país y que, a su vez, guardan una estrecha relación y promueven la reducción de emisiones de GEI, además de políticas, planes y programas diseñados exclusivamente con dicho fin.

Colombia, si bien no tiene compromisos de reducción de emisiones y participa marginalmente en las emisiones de GEI con alrededor de 0,37% de las emisiones globales, ha desarrollado e implementado diferentes políticas que promueven el desarrollo sostenible y el crecimiento económico asociado con bajas emisiones de GEI, reflejando así una evolución en materia de mitigación a nivel nacional.

Este documento se desarrolla en siete secciones: en las dos primeras se exponen los principales antecedentes y la evolución del marco legislativo y político, generados para implementar e integrar programas y medidas que se orientan a maximizar los beneficios provenientes de la reducción de emisiones de GEI. En la tercera sección, guardando un rigor subsidiario frente a las políticas nacionales, se presentan los principales instrumentos de política de carácter sectorial, planes y programas que guardan una adecuada articulación y que contribuyen a la mitigación. En la cuarta sección se determina la participación colombiana en el mecanismo de desarrollo limpio MDL, en la quinta se presentan algunas prioridades de mitigación para el país teniendo en cuenta los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y en las últimas secciones sexta y séptima se plantean las conclusiones y recomendaciones.

Las conclusiones y recomendaciones están dirigidas hacia la formulación de líneas de investigación prioritarias para el país, lo cual mejoraría el conocimiento de la mitigación a nivel nacional, y proporcionaría mayor información a los tomadores de decisiones en relación con los sectores que requieren especial atención en el desarrollo de medidas de mitigación.

### 3.1 ANTECEDENTES Y MARCO GENERAL

Como desarrollo de la adhesión de Colombia a la CMNUCC, Colombia mediante la Ley 629 de 2000, aprobó el Protocolo de Kioto, el cual fue promulgado posteriormente a través del Decreto 1546 del 16 de febrero de 2005.

En dicho marco normativo y en respuesta a los compromisos adquiridos por el país, el Consejo Nacional Ambiental Colombiano, en junio de 2002, estableció los Lineamientos de Política de Cambio Climático y bajo el documento

1 Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático (sigla en español).

2 United Nations Framework Convention on Climate Change (sigla de la Convención en inglés).

Conpes<sup>3</sup> 3242 de agosto de 2003, determinó la Estrategia Institucional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación de Cambio Climático. Estos instrumentos serán objeto de análisis en posteriores numerales.

Para lograr dicho objetivo, la Convención reconoce el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, de tal manera que prevé un mayor esfuerzo en materia de reducción de emisiones por parte de los países desarrollados (Anexo I) y reconoce que las emisiones de los países en desarrollo (No Anexo I) aumentarán para satisfacer sus propias necesidades de desarrollo económico y social. Véase el Cuadro 3.1 referente a la definición de mitigación.

Con tal propósito, el Protocolo de Kioto estableció tres mecanismos de flexibilidad<sup>4</sup> para dar cumplimiento a las metas de reducción de emisiones de los países Anexo I, siendo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) el único que permite la participación de países en desarrollo.

Cuadro 3.1 Aspectos conceptuales de la mitigación

El IPCC define la mitigación como la intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático; abarca diferentes estrategias encaminadas a reducir las fuentes y emisiones de gases efecto invernadero y a potenciar sus sumideros.

El forzamiento radiativo es la variación de la irradiancia vertical neta expresada en W o m<sup>-2</sup> de la irradiancia neta (descendente menos ascendente) en la tropopausa, debida a una variación del causante externo del cambio climático; por ejemplo, una variación de la concentración de dióxido de carbono o de la radiación solar. El forzamiento radiativo se calcula manteniendo fijas en un valor no perturbado todas las propiedades de la troposfera y dejando las temperaturas estratosféricas, una vez perturbadas, se ajusten hasta alcanzar el equilibrio dinámico-radiativo.

En otras palabras, el forzamiento radiativo constituye una medida de cómo el equilibrio del sistema atmosférico de la tierra se comporta cuando se alteran los factores que afectan el clima. La palabra radiativo proviene del hecho de que estos factores cambian el equilibrio entre la radiación solar entrante y la radiación infrarroja saliente dentro de la atmósfera terrestre. El equilibrio radiativo controla la temperatura de la superficie terrestre.

El término forzamiento se utiliza para indicar que el equilibrio radiativo de la tierra está siendo separado de su estado normal. Cuando el forzamiento radiativo de un factor o grupo de factores se evalúa como positivo, la energía del sistema atmósfera-tierra se incrementa posteriormente conduciendo al calentamiento del sistema; por el contrario, un forzamiento radiativo negativo hará que la energía disminuya ulteriormente, conduciendo a un enfriamiento del sistema.

Por su parte, un sumidero es todo proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o alguno de sus precursores.

Fuente: IPCC, 2007.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) constituye el mecanismo más relevante para el desarrollo de proyectos de mitigación en Colombia. Éste consiste en la implementación de proyectos de reducción de emisiones antropogénicas de GEI en países No Anexo I, con el objeto de generar Certificados de Reducción de Emisiones (CER) que permitan el cumplimiento de las metas de reducción de emisiones establecidas para los países Anexo I y su vez contribuyan al desarrollo sostenible del país sede de un proyecto MDL (UNFCCC, 1998).

En coherencia con los anteriores instrumentos de política, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) expidió las resoluciones 551 y 552 de 2009<sup>5</sup>, que establecieron los requisitos y procedimientos para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al MDL, crearon el Comité Técnico Interinstitucional de Cambio Climático y definieron los parámetros que establecen la contribución al desarrollo sostenible en el marco de los proyectos MDL.

### 3.2 POLÍTICAS Y PLANES DE CARÁCTER NACIONAL ASOCIADOS CON LA MITIGACIÓN

Dando cumplimiento al anterior marco político y normativo, y en especial a los compromisos adquiridos por el país para el desarrollo e implementación del objeto de la CMNUCC<sup>6</sup>, el gobierno nacional diseñó una serie de instrumentos

3 El Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país. Para lograrlo, coordina y orienta a los organismos encargados de la dirección económica y social en el Gobierno, a través del estudio y aprobación de documentos sobre el desarrollo de políticas generales que son presentados en sesión.

4 Los mecanismos de mitigación comprenden: a) Comercio de emisiones (comercio de permisos de emisiones entre países desarrollados); b) Implementación conjunta (transferencia de permisos de emisiones entre países, Anexo I, relacionados con proyectos de reducción de emisiones específicos); y c) el Mecanismo de desarrollo limpio

5 Tales Resoluciones (551 y 552 de 2009), derogan las Resoluciones 453 y 454 de 2004.

6 El objetivo último de la Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes (COP), es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

de política que orientan y promueven el accionar nacional en materia de cambio climático y mitigación. Estos, se desarrollan bajo el quehacer del Departamento Nacional de Planeación (DNP): Lineamientos de Política de Cambio Climático, documentos Conpes, Planes Nacionales de Desarrollo y una visión que pretende consolidar las políticas de Estado relacionadas con el tema.

### 3.2.1. Lineamientos de política de cambio climático

A partir del análisis realizado por el DNP, el entonces Ministerio del Medio Ambiente (MMA<sup>7</sup>) y el Consejo Nacional Ambiental, desarrollaron los Lineamientos de Política de Cambio Climático (DNP y MMA, 2002), cuyo objeto fue identificar las estrategias requeridas para consolidar la capacidad nacional necesaria para responder a los compromisos bajo la Convención<sup>8</sup> en especial en materia de:

- Fortalecimiento de la capacidad nacional para afrontar los posibles impactos del cambio climático.
- Fomentar las oportunidades derivadas de los mecanismos financieros de la Convención.

El DNP y el MMA (2002) presentaron un diagnóstico en el cual se estableció que la capacidad institucional para abarcar los compromisos derivados de la Convención y del Protocolo de Kioto, los asumía el MMA y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y que no existía una instancia institucional específica que concentrara y articulara las acciones en mitigación con los temas de cambio climático a nivel nacional. Con base en este diagnóstico del año 2002 se creó la Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático, que hoy corresponde al Grupo de Mitigación de Cambio Climático del MAVDT.

De otro lado, el documento concluyó y propuso como estrategia, a partir de los resultados de emisiones de GEI presentados en la Primera Comunicación Nacional (Ideam et. al., 2001), la necesidad de generar en el menor tiempo, políticas y programas de reducción de emisiones de GEI, especialmente en materia de quema de combustibles fósiles, emisiones por fermentación entérica y suelos agrícolas.

Tal directriz, al ser analizada desde el ámbito de la planificación, propende por la generación de instrumentos de política que hagan frente a las principales categorías de fuentes de emisión de GEI reportadas en los inventarios nacionales de GEI, como los efectuados para los años 1990 y 1994 (Ideam et. al., 2001) y los años 2000 y 2004 (Ideam et. al., 2009)<sup>9</sup>.

Bajo dicho contexto, a partir de los estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA y Banco Mundial, 2000), en materia de viabilidad técnica y económica para implementar proyectos MDL en Colombia, así como en las investigaciones realizadas por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, en términos de opciones de reducción de emisiones para Colombia (ACCEFYN, 2000), se concluyó sobre la necesidad de establecer instrumentos de política asociados con la mitigación y de fortalecer la capacidad nacional, en términos institucionales, para responder a las disposiciones y al objeto de la Convención, y avanzar en la implementación de medidas de mitigación.

Igualmente, el estudio del MMA y el Banco Mundial (2000), antes mencionado, recomendó como estrategia la promoción de la reducción de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de GEI. Con este fin, propuso entre otras como líneas de acción:

- Mejorar el conocimiento sobre las opciones de mitigación por fuentes y por sumideros de GEI en los distintos sectores productivos del país. Que las medidas de mitigación respondan al principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y estén acordes con las prioridades y metas de desarrollo del país, manteniendo así la coherencia con la decisión 17/COP 8<sup>10</sup>.
- Desarrollar líneas base de emisiones de GEI a nivel sectorial, especialmente para energía, transporte y balances netos de emisiones para el sector agroforestal (el cual integra, el sector agrícola y forestal).
- Desarrollar oportunidades de reducción de emisiones y absorción de GEI, mediante: a) evaluación del marco regulatorio e incentivos para promover la generación de energía a partir de fuentes no convencionales, b) transferencia de tecnología, c) desarrollar y consolidar la capacidad nacional para el desarrollo del MDL y, d) fomentar y apoyar el desarrollo de medidas y proyectos que no se enmarcan dentro del MDL.

7 Hoy corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT).

8 Según el artículo 4.1 del texto de la Convención, los países que hacen parte deberán: «...Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y regionales, con medidas orientadas a mitigar el cambio climático, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático...»

9 Módulo agropecuario, Lulucf (Uscuss) y energético del inventario de gases de efecto invernadero (INGEI) para los años 2000 y 2004.

10 Conferencia de las Partes.



El documento define las líneas de acción y propone los mecanismos para financiarlas a través del presupuesto nacional y de cooperación internacional.

### 3.2.2. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2002-2006. Hacia un estado comunitario

En el marco de la estrategia de sostenibilidad ambiental, el gobierno estableció tres programas: *a)* conservación y uso sostenible de bienes y servicios ambientales; *b)* generación de ingresos y empleo verde y *c)* sostenibilidad ambiental de la producción nacional. Estos programas conciben las actividades de mitigación de cambio climático como instrumento de crecimiento económico y como respuesta a los compromisos adquiridos en el marco de la Convención y del Protocolo de Kioto.

Adicionalmente, una actividad fundamental para la implementación de dicha estrategia es la participación y seguimiento de las negociaciones internacionales, no sólo de la Convención, sino del Foro de Naciones Unidas sobre Bosques, la Organización Internacional de Maderas Tropicales y la Convención sobre Diversidad Biológica. Por lo tanto, se previó que el desarrollo y evolución de estos programas armonizaran con las decisiones tomadas en estas instancias y que defendieran los intereses del país.

En este contexto, el Plan Nacional de Desarrollo estableció diferentes acciones a implementar: *a)* desarrollo de un proyecto nacional de captura de GEI, cuya meta cuantificable fue reducir 250.000 toneladas de CO<sub>2</sub> y *b)* apoyo a iniciativas sectoriales enmarcadas bajo el MDL y otros mecanismos, con el objeto de promover la participación en el mercado de carbono. Con una dimensión sectorial, esta última meta estableció la reducción de 1.000.000 toneladas de emisiones (CO<sub>2</sub> eq) para el sector energía; dos proyectos de transporte masivo menos contaminante, con reducciones de 800.000 toneladas de CO<sub>2</sub> eq y un proyecto de aprovechamiento de metano por rellenos sanitarios, con 10.000 toneladas de reducciones (CO<sub>2</sub> eq).

En total, se definió que el país podría generar alrededor de 2.000.000 de certificados de reducción de emisiones, valoradas bajo el potencial mercado de carbono en USD \$8.000.000 de ingresos para el país (DNP, 2002).

Con respecto a lo mencionado, en relación con el desarrollo de un proyecto nacional de captura de GEI, actualmente está aprobado el primer proyecto forestal en Colombia que consiste en la reforestación de 15.000 ha en el que se estima una reducción de cinco millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq por un periodo de 20 años (MAVDT, 2009).

Adicionalmente, en relación con el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones, durante el periodo 2002-2006 fueron aprobados cuatro proyectos de energía con una reducción estimada de 233.000 toneladas de CO<sub>2</sub> eq; en transporte fue aprobado un proyecto con un potencial de mitigación de 246.563 toneladas al año de CO<sub>2</sub> eq. Los anteriores proyectos podrían generar alrededor de 872.655 certificados de emisiones e ingresos aproximados de USD\$3 millones. Si se adiciona el proyecto forestal se podrían generar alrededor de 1.123.000 certificados de emisiones e ingresos aproximados de USD\$4.5 millones (MAVDT, 2009).

### 3.2.3. Estrategia para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático

De acuerdo con lo establecido en los Lineamientos de Política de Cambio Climático (DNP y MMA, 2002) y en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2002-2006 (DNP, 2002) que definieron metas en términos de reducción de emisiones GEI bajo el programa de sostenibilidad ambiental, el Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), estableció la estrategia institucional para la venta de servicios ambientales derivados de la mitigación de cambio climático, con el objeto de impulsar una mayor participación del país en materia de MDL. Adicionalmente, propuso la generación del marco institucional necesario para que se desarrollen eficientemente las actividades de reducción de emisiones.

Con este fin, el Conpes 3242 estableció como estrategias de mitigación: *a)* definición de la política de venta de servicios de mitigación de cambio climático; *b)* consolidación de una oferta de reducción de emisiones verificadas; *c)* mercadeo internacional de la oferta de reducciones verificadas y *d)* la coordinación, seguimiento y evaluación de la estrategia. Asimismo, recomendó la creación del Comité Intersectorial de Mitigación de Cambio Climático con el fin de orientar la política nacional en dicha temática.

Además, el Conpes propuso la identificación, articulación y creación de programas a nivel interministerial para establecer medidas sectoriales de mitigación; la identificación de regulaciones sectoriales que representen barreras asociadas con el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones; la promoción del servicio ambiental de mitigación de cambio climático, así como la negociación de memorandos de entendimiento sobre comercio de reducción de emisiones con las partes del Anexo I del Protocolo de Kioto (DNP, 2003a).

Como instrumento de política el Conpes 3242, propuso los arreglos necesarios para que la mitigación al cambio climático se considere como una oportunidad económica a nivel sectorial, de acuerdo con los objetivos plasmados en el PND 2002-2006.

### 3.2.4. Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010. Estado comunitario: Desarrollo para todos

En Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 en su capítulo quinto denominado “Gestión Ambiental y del Riesgo que promueva el desarrollo sostenible”, estableció la necesidad de fortalecer la adecuada articulación de las dimensiones económica, social y ambiental con el propósito de avanzar hacia un desarrollo sostenible. Esta visión del desarrollo busca garantizar las condiciones adecuadas y seguras de calidad de vida, además de propiciar el crecimiento económico. Para el cumplimiento de los objetivos planteados se establecieron diferentes estrategias que orientaron la gestión ambiental y la promoción del desarrollo sostenible, como la estrategia de conocimiento, conservación y uso sostenible de la biodiversidad, que vincula actividades de mitigación al cambio climático como herramienta de desarrollo.

Adicionalmente, para fortalecer la oferta de bienes y servicios ambientales y por considerarse prioritaria la promoción de opciones de reducción de emisiones de GEI en el marco del MDL, se determinó la necesidad de apoyar al actual portafolio de proyectos MDL existentes (DNP, 2008). En relación con esto último, actualmente existen cinco proyectos que han emitido CER de 2007 a 2009 totalizando ingresos por USD\$55.800.000 (MAVDT, 2009).

De otra parte, al reconocer las barreras asociadas con el desarrollo de proyectos bajo el MDL, esta estrategia contempla el diseño de herramientas que permiten superar barreras técnicas, comerciales, institucionales y financieras que limiten el desarrollo y formulación de estos proyectos, en respuesta a la complejidad de las metodologías de línea base y monitoreo, y al acceso de mecanismos de financiación.

Igualmente, bajo el componente de conservación de la biodiversidad, el PND 2006-2010 propuso el desarrollo de un Conpes que defina y reglamente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), los instrumentos de sostenibilidad financiera, y plantea la ampliación a 200.000 nuevas hectáreas protegidas. Además, se establece la necesidad de desarrollar planes de ordenación y manejo de 2.000.000 ha de bosque natural (DNP, 2007).

En este contexto, desde el 2006 se han creado las siguientes nuevas áreas del Sistema: Parque Nacional Natural (PNN) Serranía de los Churumbelos Auka-Wasi, PNN Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel, PNN Yaigoje-Apaporis y Santuario de Flora Plantas Medicinales Orito Ingi-Ande. De acuerdo con lo anterior, la meta planteada en el PND supera las 200.000 nuevas hectáreas propuestas en la estrategia. La Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales contará con planes de ordenación y manejo para estas nuevas áreas.

Así las cosas, ha sido un reto para la política nacional de conservación y manejo de la biodiversidad, establecer una adecuada articulación de estas metas con la mitigación. Tal es el caso de la deforestación evitada, pues ésta puede ser una herramienta de financiamiento a largo plazo de las anteriores metas.

### 3.2.5. Visión Colombia II Centenario 2019

Este proyecto planteado, es un ejercicio prospectivo de planeación como marco de desarrollo a mediano plazo, partiendo de la idea de país que todos los colombianos desean tener para el momento de la conmemoración del segundo centenario de vida política independiente, a celebrarse el 7 de agosto de 2019 (DNP, 2009).

En materia ambiental, este proyecto previó revertir los procesos de deterioro asociados con el crecimiento económico, generando además condiciones de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales como resultado del mejoramiento ambiental para que redunde en la calidad de la vida de la población (DNP, 2007a).

Teniendo en cuenta criterios de consenso entre los diferentes actores nacionales, esta visión plantea la consolidación de una gestión ambiental para promover el desarrollo sostenible, de tal manera que asegure una política de Estado con líneas de continuidad para así superar barreras de viabilidad y continuidad asociadas a los periodos de los gobiernos.

En el tema de mitigación, reconoce el énfasis que el país ha tenido en materia de MDL desde que se asumió el Protocolo de Kioto y examina la debilidad para el desarrollo de esta clase de proyectos; por tanto, propone:

- Fortalecer la capacidad de negociación de los interesados en proyectos MDL, para evitar la intermediación en los procesos de venta de certificados de reducción de emisiones (CER);
- Gestionar los proyectos que actualmente se encuentren en el portafolio del MAVDT y que estén en proceso de formulación;

- Fortalecer la capacidad sectorial, pública o privada para identificar, formular, negociar y desarrollar proyectos elegibles, así como el apoyo a programas de investigación para el desarrollo de metodologías aplicables al MDL. Esta propuesta es prioritaria, porque le otorga un carácter más dinámico al desarrollo de proyectos MDL y supera las barreras técnicas en las etapas iniciales de formulación.

### 3.2.6. Acuerdos de cooperación multilateral

Como un gran paso hacia la implementación de los objetivos globales de reducción de emisiones de GEI, y con base en las estrategias de mutuo acuerdo y colaboración entre las partes de la convención, Colombia ha ratificado alianzas estratégicas con diferentes países como respuesta a la necesidad global de reducir la concentración de GEI en la atmósfera. Estos acuerdos han priorizado el MDL como instrumento para la mitigación eficaz del cambio climático y el desarrollo sostenible de Colombia.

Adicionalmente, se destacan los beneficios que se derivan de las agendas de trabajo que se relacionan con la construcción de capacidades tanto humanas como institucionales, y el fortalecimiento de la cooperación internacional.

Se destacan dentro de los principales acuerdos de entendimiento los siguientes:

- **Fondo Prototipo del Carbono del Banco Mundial.** Colombia hace parte del comité de países anfitriones del Fondo lo que le permite presentar proyectos del MDL para ser financiados por los fondos de carbono del banco.
- **Programa Latinoamericano del Carbono y Energías Limpias Alternativas de la Corporación Andina de Fomento (CAF).** Este programa contribuye a reducir el problema del calentamiento global y promueve el uso de energías alternativas limpias, mediante el desarrollo y financiamiento de proyectos innovadores.
- **Memorando de Entendimiento entre el Gobierno de los Países Bajos y la República de Colombia (2002-2012).** Tiene como objetivo facilitar el desarrollo e implementación de actividades en proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia y la transferencia a Holanda de la parte acordada de los certificados de reducción de emisiones resultado de estas actividades, en concordancia con el Artículo 12 del Protocolo de Kioto.
- **Memorando de Entendimiento entre el Gobierno de Francia y la República de Colombia (2003-2012).** El objetivo del acuerdo es facilitar el desarrollo e implementación, con la participación de operadores franceses, de proyectos de reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia y la transferencia a los operadores franceses de la fracción acordada de reducciones certificadas de las emisiones resultado de esas actividades, en concordancia con el Artículo 12 del Protocolo de Kioto.

## 3.3 ESTRATEGIAS Y PLANES SECTORIALES

A partir de la ratificación del Protocolo de Kioto, el país ha avanzado en las estrategias para materializar el objeto de la Convención y para propiciar una mayor participación de los diferentes sectores en actividades de reducción de emisiones de GEI. A continuación se presentan las diferentes políticas, programas y medidas sectoriales que contribuyen a la reducción de emisiones de GEI en Colombia, las cuales suponen nuevos retos y un avance en la integración de las políticas de gobierno con los sectores económicos.

### 3.3.1 Sector energético

El Plan Energético Nacional (PEN) 2006-2025, analiza las necesidades energéticas del país y las alternativas para su abastecimiento, considerando energéticos disponibles en el territorio y las posibilidades de integración energética regional e internacional. Además, incluye el concepto de sostenibilidad asociado con la producción y uso eficiente de la energía y el uso de Fuentes No Convencionales de Energía -FNCE-, el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales, y la prevención y control de la contaminación en cada uno de los eslabones de la cadena energética<sup>11</sup>.

De acuerdo con la consulta efectuada a varios expertos, en términos generales, la baja participación de las FNCE en la matriz energética colombiana se puede asociar con parcializadas o inadecuadas percepciones como: *i)* que éstas no son competitivas en el mercado interconectado de la electricidad, debido a que las inversiones iniciales para estos sistemas son muy altas y *ii)* a que la intermitencia del recurso viento o sol las harían no confiables, entre otras razones. Sin embargo, se requiere de una evaluación integral en el mediano y largo plazo que evidencie los aportes

<sup>11</sup> El Plan de Expansión de Referencia, de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica 2009 – 2023, señala que la capacidad efectiva neta instalada en Colombia, a diciembre de 2009, fue de 13,440 MW, y correspondió a plantas hidráulicas, el 66.92% incluidas las menores; las térmicas a gas el 27.54% y a carbón el 5.21%, y las demás tecnologías (cogeneración y eólica) el 0.33%. (UPME, 2008a).

de estas fuentes a la seguridad energética y la complementariedad de estos recursos con los existentes, porque se hace necesario identificar y cuantificar proyectos potenciales de FNCE bajo el MDL, con el objeto de fortalecer su financiamiento en materia de generación y sustitución de combustibles.

En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de los planes y programas del sector, así como sus objetivos y las medidas que potencialmente contribuyen con la reducción de emisiones GEI.

En cuanto a las iniciativas mencionadas, se destacan, además de la constitución de un marco legal, las caracterizaciones de los sectores residencial, terciario y de algunos subsectores industriales, a partir de las cuales se han propuesto importantes medidas para mejorar la eficiencia, ya sea recurriendo a la reconversión tecnológica, a las mejores prácticas o a la gestión energética (Ver Anexo 3.2).

De manera consecuente, se ha elaborado material didáctico sobre los diferentes programas del Uso Racional de Energía (URE) los cuales han sido ampliamente divulgados a través de las páginas web de las entidades del sector energético y en eventos en las principales ciudades del país. Lo anterior ha generado una dinámica en la implementación de medidas de eficiencia energética que impactan su productividad y competitividad de manera significativa por parte de industriales y agentes del sector terciario.

En la práctica, la mayor dificultad para la ejecución de los programas, proyectos y planes de eficiencia energética se centra en la consecución de los recursos para su financiamiento y en la consolidación de una masa crítica de expertos que permita imprimir más dinamismo al tema de modo que se genere un mercado de bienes y servicios energéticos.

En cuanto al desarrollo de planes, programas y proyectos relacionados con el uso de fuentes no convencionales de energía, las principales barreras las constituyen la dispersión de información, los altos costos de la tecnología y la no consolidación de las estrategias de sostenibilidad de las implementaciones.

En materia de URE, el Ministerio de Minas y Energía (MME) está estructurando un plan de acción del PROURE, concertado con los diferentes actores de la cadena, que determinará acciones específicas con metas e indicadores de ahorro de energía y reducción de emisiones de GEI, así como responsables y recursos financieros para su desarrollo<sup>12</sup>.

Dentro de los principales proyectos y actividades URE desarrollados por parte de la UPME (ver Anexo 3.1), se encuentran los programas de fortalecimiento de la capacidad para implementación de normas de etiquetado y el de eficiencia energética en edificaciones, los cuales se presentaron ante el GEF para su cofinanciación. El primero, está en su fase final de formulación y en proceso de aprobación para su ejecución por parte del GEF, y el segundo, ya fue aprobado para su ejecución en cabeza de la UPME, quien inició el programa en noviembre de 2009.

El proyecto de etiquetado pretende concretar los potenciales de eficiencia energética asociados con la optimización del desempeño energético de los equipos de uso final de energía y generar cultura en eficiencia energética, logrando resultados en términos de ahorro de energía (UPME, 2002).

El proyecto de eficiencia energética en edificaciones promueve las sinergias entre los protocolos de Kioto y Montreal, por medio de la disminución de emisiones de GEI y de las sustancias que destruyen la capa de ozono respectivamente, mediante el fomento de un ambiente favorable para optimizar el uso de la energía en las instalaciones y equipos de calentamiento, ventilación, aire acondicionado e iluminación (CVACI). Estas acciones redundarán en la eliminación del uso de CFCs y en la obtención de beneficios energéticos y ambientales<sup>13</sup>.

Por su parte, el Programa Estratégico Nacional de Gestión Integral de la Energía (GIE)<sup>14</sup> que busca mejorar la eficiencia energética en el sector empresarial, está compuesto por tres proyectos: 1) formación de personal altamente capacitado en temas de eficiencia energética e instalación de programas académicos en gestión integral de la energía en el nivel universitario; 2) instalación del modelo de gestión integral de la energía en un importante número de empresas en todas las regiones del país y 3) publicación de un sistema que consolide la información de referencia de las experiencias vividas y las lecciones aprendidas durante la ejecución del programa.

12 Existe una instancia de alto nivel que es la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía -CIURE-, conformada por los Ministerios de Minas y Energía, de Comercio, Industria y Turismo, de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Comisión de Regulación de Energía Eléctrica y Gas, COLCIENCIAS, DNP e IPSE y la UPME como Secretaría Técnica, la que asesora y apoya al Ministerio de Minas y Energía en la priorización y desarrollo de los programas y proyectos de URE y FNCE, e imparte lineamientos para su financiación, diseño, implementación y seguimiento (Decreto 3683, de 19 de diciembre de 2003, MME).

13 Cuando se eliminan los compuestos clorofluorocarbonados (CFC), los compuestos hidrocloreofluorocarbonados (HCFC) y los halón, se tienen beneficios muy importantes tanto para la protección de la capa de ozono, como para la protección del calentamiento global (Ideam *et. al.*, 2009).

14 Programa cofinanciado por COLCIENCIAS, EPM y la UPME como beneficiarias, y en proceso de ejecución por la Universidad Nacional de Colombia, pretende contribuir a mejorar la eficiencia energética en el sector empresarial con el fin de lograr mayor productividad y competitividad mediante la apropiación social del conocimiento y la generación de sinergias estratégicas a nivel regional que faciliten la implementación de proyectos URE a bajo costo.



Tabla 3.1 Planes, programas y medidas de mitigación del sector energético

Nombre	Objetivos	Medidas relacionadas con la mitigación
Plan Energético Nacional 2006 2025. (MME & UPME, 2006)	Maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país.	1) Fomento de programas de eficiencia energética que aporten al mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y a la reducción de emisiones de GEI. 2) Diversificación de la canasta energética con el uso de fuentes no convencionales de energía.
URE (Uso Racional de Energía) y FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía) (MME, 2001)	Asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, así como la competitividad de la economía colombiana y la protección al consumidor. Promover el uso de energías alternativas de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.	1) Aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución y consumo buscando el desarrollo sostenible; 2) Promover y asesorar proyectos URE; 3) Promover el uso de energías no convencionales; 4) Desarrollar estímulos que permitan el uso racional y eficiente de la energía y las fuentes energéticas no convencionales.
Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y otras formas de Energía no Convencionales -PROURE- (MME, 2001 y 2003)	Aplicar programas de eficiencia energética y de uso de energías no convencionales en toda la cadena productiva, sin desconocer la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.	1) Promover la utilización de fuentes energéticas convencionales y no convencionales con criterios de uso racional y eficiente, incluso el Programa de Uso Racional y a través de sistemas de cogeneración; 2) Generar una cultura nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía y Uso de FNCE; 3) Modernización e incorporación de tecnologías y procesos eficientes en la cadena de suministro y uso de los energéticos; 4) Promover el uso de energéticos eficientes, económicos y de bajo impacto ambiental; 5) Generar beneficios reales y una adecuada protección a los consumidores y usuarios.
Subprogramas PROURE (MME, 2003)		1) Investigación, promoción del URE y análisis prospectivo de nuevas tecnologías de transformación energética; 2) Fomento y desarrollo de proyectos con fuentes energéticas no convencionales y de eficiencia energética, incluidos los proyectos de energías limpias o renovables con prioridad en las zonas no interconectadas; 3) Aprovechamiento de metano y secuestro de carbono; 4) Estímulos e incentivos a tecnologías, productos y proyectos URE; 5) Fomento del URE en los sectores oficial, comercial, transporte, residencial (incluido vivienda de interés social) e industrial. 6) Actualización y/o reconversión tecnológica de equipos industriales en función del URE; 7) Proyectos o actividades de producción más limpia y de ahorro y de eficiencia energética, que requieran equipos y maquinaria destinados a la reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética.
Subprogramas de Zonas No Interconectadas. (IPSE, 2005)	Planificar y promover soluciones energéticas integrales y autosostenibles en el largo plazo en los territorios que conforman las Zonas No Interconectadas (ZNI).	Búsqueda de soluciones energéticas en el ámbito de las energías no convencionales, cuya fuente primaria sean recursos renovables, tales como: biomasa, biodiesel, biogás, energía eólica, solar e hídrica (pequeñas y microcentrales).
Programa Metano al Mercado. Environmental Protection Agency USA y el MAVDT.	Minimizar las emisiones de metano procedentes del sector petrolero y gas, y de residuos sólidos en Colombia.	1) Avanzar en la recuperación y uso del metano como fuente de energía limpia; 2) Implementar la captura del metano y recalcar la importancia en el uso y desarrollo de proyectos tendientes a la reducción de emisiones de metano; 3) Utilización de tecnologías disponibles y demostradas para el manejo de emisiones de metano; 4) Implementación de planes de reducción de metano que puedan también disminuir las pérdidas de gas natural y aumentar los ingresos de las empresas.

Fuente: Los autores con información de las fuentes citadas, 2008.

Uno de los programas transversales de URE, que está en su fase de diseño, es el Programa Nacional de Educación para el Uso Racional de la Energía, el cual busca introducir la temática de la energía y su uso eficiente en los procesos de educación formal y no formal que se vienen desarrollando en el país. Este programa se complementa con cursos sobre URE en los diferentes sectores, campañas publicitarias que motivan a los usuarios sobre el URE y el uso de la etiqueta de eficiencia energética.

En cuanto a proyectos específicos URE, para el sector residencial se está desarrollando un programa de sustitución de bombillas de baja eficacia luminosa por fuentes de mayor eficacia en estratos 1, 2 y 3 los cuales representan el 89% de la población. Asimismo, en conjunto con otras entidades como el MME y el MAVDT, se está desarrollando un programa de sustitución de refrigeradores ineficientes también en esos estratos. Estos proyectos pueden ser presentados ante organismos internacionales para concursar por recursos de cofinanciación.

Además, a través del estudio de caracterización de consumos de energía en el sector terciario (comercial y de servicios), se determinaron deficiencias asociadas con usos de iluminación, aire acondicionado, fuerza motriz y refrigeración, las cuales constituyen la base para establecer y promover estrategias URE en este sector.

Por otro lado, se expidieron normas tendientes a mejorar la eficiencia energética en iluminación: sustitución de bombillas incandescentes por bombillas fluorescentes compactas, sustitución de bombillas de baja eficiencia por bombillas de mayor eficiencia, establecer los requisitos técnicos de bombillas de alta eficiencia y el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público.

En términos de financiación, existen líneas de crédito URE Bancoldex disponibles para empresas interesadas en desarrollar proyectos de eficiencia energética. Además, la Corporación Ambiental Empresarial de la Cámara de Comercio de Bogotá con el apoyo de la UPME, viene desarrollando un programa que fomenta la creación de ESCOS<sup>15</sup> con recursos del FOMIN del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Finalmente, de acuerdo con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas -IPSE-, para las Zonas No Interconectadas -ZNI- se trabaja en el desarrollo y promoción de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica. De estos proyectos se destaca la generación de energía a partir de biomasa, tecnologías solares y biogás entre otras (Ver Anexo 3.3).

Con este tipo de proyectos, las soluciones energéticas se hacen con principios de conservación ambiental, al tiempo que propenden por el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades rurales y por el desarrollo de proyectos productivos.

De acuerdo con el cuarto reporte del IPCC (2007a), las anteriores medidas se relacionan con la mitigación y se establecen como: a) cambio de combustibles; b) eficiencia energética en plantas y c) introducción de fuentes renovables de energía; estas medidas tienden a desplazar fuentes no renovables como el carbón y crudos de petróleo, altamente generadores de emisiones.

### 3.3.1.1 Potencial de mitigación del sector energético colombiano

En un ejercicio realizado por la Universidad de los Andes, mediante el Modelo MARKAL<sup>16</sup>, se analizó el sistema energético colombiano a partir de la estimación de un escenario probable de emisiones de GEI asociados con la demanda futura y las opciones tecnológicas y energéticas más plausibles para satisfacer las necesidades energéticas del país. Bajo un escenario prospectivo que abarca el periodo 2000-2030, esta investigación permitió identificar estrategias y posibles medidas de mitigación en el sector energético (Cadena *et al.*, 2008).

Con dichos fines, se estimaron las emisiones de GEI procedentes de la oferta y consumos internos de energía a nivel nacional, periodo 1990 a 2005, a partir de las metodologías propuestas por el IPCC (2006) nivel 1 y de los balances energéticos publicados por la UPME<sup>17</sup>.

Las estrategias y medidas de mitigación propuestas en la investigación, comprenden: a) eficiencia energética en los sectores de consumo final; b) introducción de nuevas tecnologías en la generación de energía; c) sustitución de combustibles contaminantes; d) medidas de ahorro de energía y cambio de hábitos de consumo. Para cada una de las medidas se presenta el potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y el costo asociado, en términos de USD\$/t CO<sub>2</sub>. Véanse las figuras 3.1 y 3.2.

15 ESCOS (Energy Service Companies), son empresas que prestan el servicio de instalar artefactos de ahorro y que permiten amortizar su costo mediante el pago de la tarifa mensual de consumo.

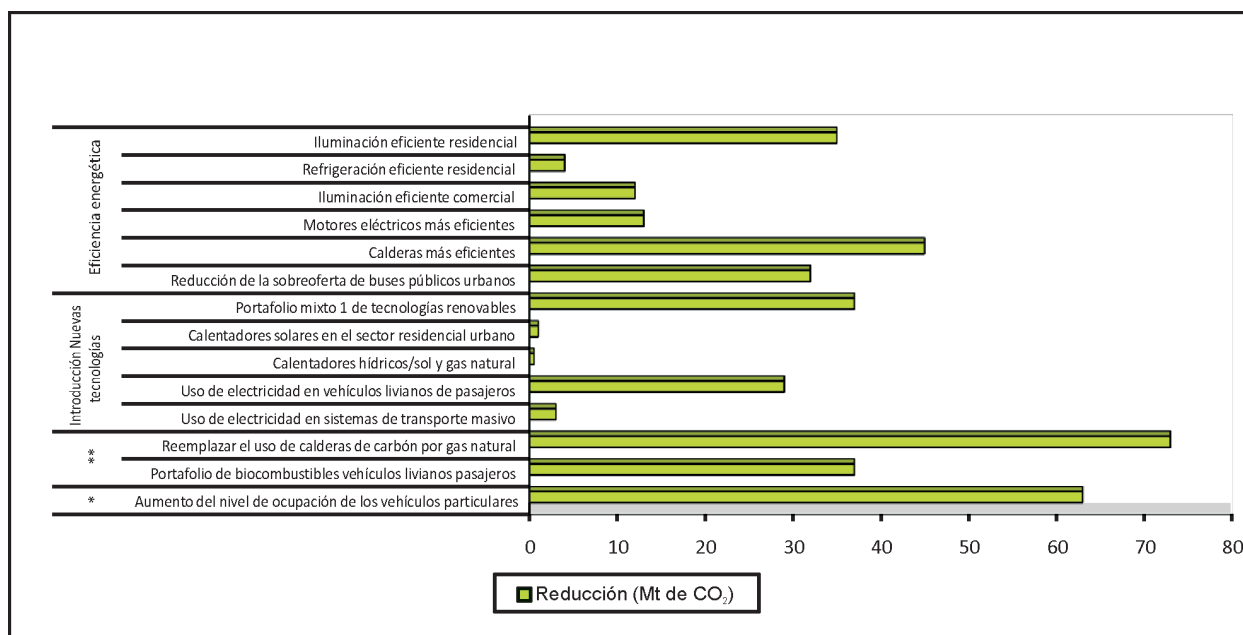
16 Modelo desarrollado por la Agencia Internacional de Energía, que permite analizar: a) comportamiento y dinámica a futuro de los sistemas energéticos; b) ventajas y beneficios al introducir nuevas tecnologías; c) evolución en el tiempo de los recursos energéticos y la introducción de nuevos recursos; d) impactos y sensibilidades del sistema energético frente a ciertas metas y políticas de mejoras en términos de eficiencia y; e) reducción de efectos ambientales.

17 El Inventario de GEI para Colombia de los años 2000 y 2004 se elaboró con base en las metodologías del IPCC del año 1996, en razón a la carencia de la información que requería la metodología del IPCC del año 2006.

Según los resultados del estudio, se estima un probable potencial de reducción de emisiones en orden descendente para las siguientes medidas propuestas y evaluadas en un horizonte de 20 años, periodo 2010-2030:

a) Cambio de combustibles, sustituir 50% del carbón usado en las calderas industriales por gas natural, potencial 67,78 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>; b) aumento del nivel de ocupación de vehículos particulares, reducción del número de vehículos circulando, empezando con 5% en el año 2010 hasta llegar a 50% en 2030, potencial 62,48 millones de t CO<sub>2</sub> y c) introducción de fuentes y tecnologías renovables de generación eléctrica, la medida consiste en el desplazamiento 712 MW en 2030 y 1410 MW en 2040, las tecnologías de generación contempladas son: 35% eólico, 25% geotérmica, 30% pequeñas centrales hidroeléctricas, 5% fotovoltaicas y 5% de cogeneración. El potencial de reducción por la penetración de estas tecnologías asciende a 45 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. En la Figura 3.1 se presenta la relación del potencial de reducción de emisiones por tipo de estrategias y medidas.

Figura 3.1 Potencial de reducción de emisiones para diferentes estrategias de mitigación (Mt de CO<sub>2</sub>)



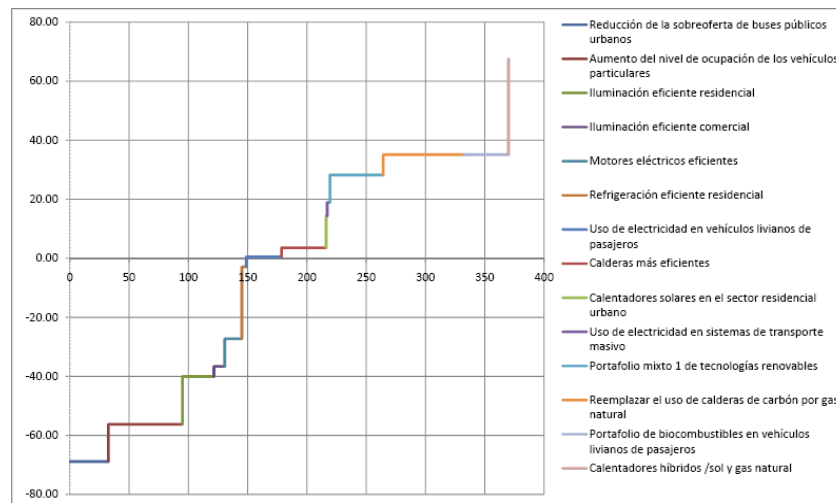
\*Cambio hábitos \*\* Sustitución biocombustibles  
Fuente: Cadena *et al.*, 2008

En términos del costo de tonelada de CO<sub>2</sub> reducida, en la Figura 3.2 se presenta, en orden ascendente, el valor aproximado de reducción, para cada una de las tecnologías analizadas por esta investigación; estos no incluyen el costo de levantamiento de barreras, ni aquellos asociados con el mercado de reducción de emisiones, como lo es la transacción de certificados de reducción de emisiones. De las probables medidas analizadas, se destacan los ahorros generados por la reducción de la sobreoferta de buses, la introducción de tecnologías de iluminación y refrigeración eficiente a nivel residencial e industrial y el cambio en los motores eléctricos eficientes (Figura 3.2).

La investigación destaca que el cambio de combustibles en el sector industrial, carbón por gas, posee un gran impacto en la reducción de emisiones: en un horizonte de 20 años, es la medida que posee mayor potencial, aunque su costo sea alto, USD\$ 35 t/CO<sub>2</sub>. De otro lado, la introducción de calderas más eficientes posee un potencial de reducción importante (37,6 Mt CO<sub>2</sub>) a un costo de USD\$ 3,6 t/CO<sub>2</sub> y los ahorros generados por la reducción de la sobre oferta de buses urbanos tiene un potencial de reducción estimado en 32,4 Mt de CO<sub>2</sub>.

Las anteriores medidas se destacan por su impacto en términos de calidad de aire y, en consecuencia, en salud humana, ya que contribuyen a la disminución del material particulado y las emisiones de azufre, procedentes de la combustión de combustibles fósiles (véase las figuras 3.1 y 3.2).

Figura 3.2 Potencial de reducción de emisiones para diferentes estrategias de mitigación (M t de CO<sub>2</sub>)



Fuente: Cadena et al., 2008

### 3.3.1.2 Potencial de mitigación por utilización de energía solar

Mediante el Atlas de Radiación Solar en Colombia, se obtuvo una cuantificación de la disponibilidad y del potencial de recursos renovables para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables como la radiación solar. Presenta un conjunto de mapas (promedios mensuales y promedio anual) de radiación global, que muestran la distribución espacial del potencial energético solar de Colombia (kWh/m<sup>2</sup>), así como la identificación de regiones estratégicas donde es posible aprovechar la energía solar y así aportar a la solución de necesidades energéticas del país (UPME & Ideam, 2005).

El potencial promedio diario multianual a nivel nacional asciende a 4,5 kWh/m<sup>2</sup>; en la región de la Guajira sin embargo se tiene un valor de 6 kWh/m<sup>2</sup> al igual que en la Orinoquia.

Los resultados obtenidos permiten avanzar en el aprovechamiento del recurso energético solar, especialmente para las zonas no interconectadas. En la Figura 3.3 se presenta la radiación solar global promedio anual del país con las respectivas isólinas.

### 3.3.1.3 Potencial de mitigación por utilización de energía eólica

Mediante el Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia, se presentó una colección de mapas con la distribución espacial del viento en superficie y el potencial de generación eólica del país (UPME & Ideam, 2006). Se estableció el promedio mensual y anual de la densidad de la energía eólica (W/m<sup>2</sup>) a 20 m y 50 m de altura, siendo más significativo el potencial de generación a 50 m como se muestra en la Figura 3.4. El Atlas contribuye a orientar el uso y aprovechamiento de energía eólica, definiendo épocas del año y zonas donde podrá aprovecharse esta fuente renovable como solución a las necesidades energéticas del país.

Entre las zonas de mayor potencial se destaca la península de la Guajira, la cual posee valores de densidad de energía eólica entre 2.197 y 2.744 W/m<sup>2</sup> a lo largo de todo el año; asimismo la persistencia del viento en la Isla de San Andrés y algunos sectores del departamento Boyacá y Bolívar (centro del litoral Caribe). Véase la Figura 3.4.

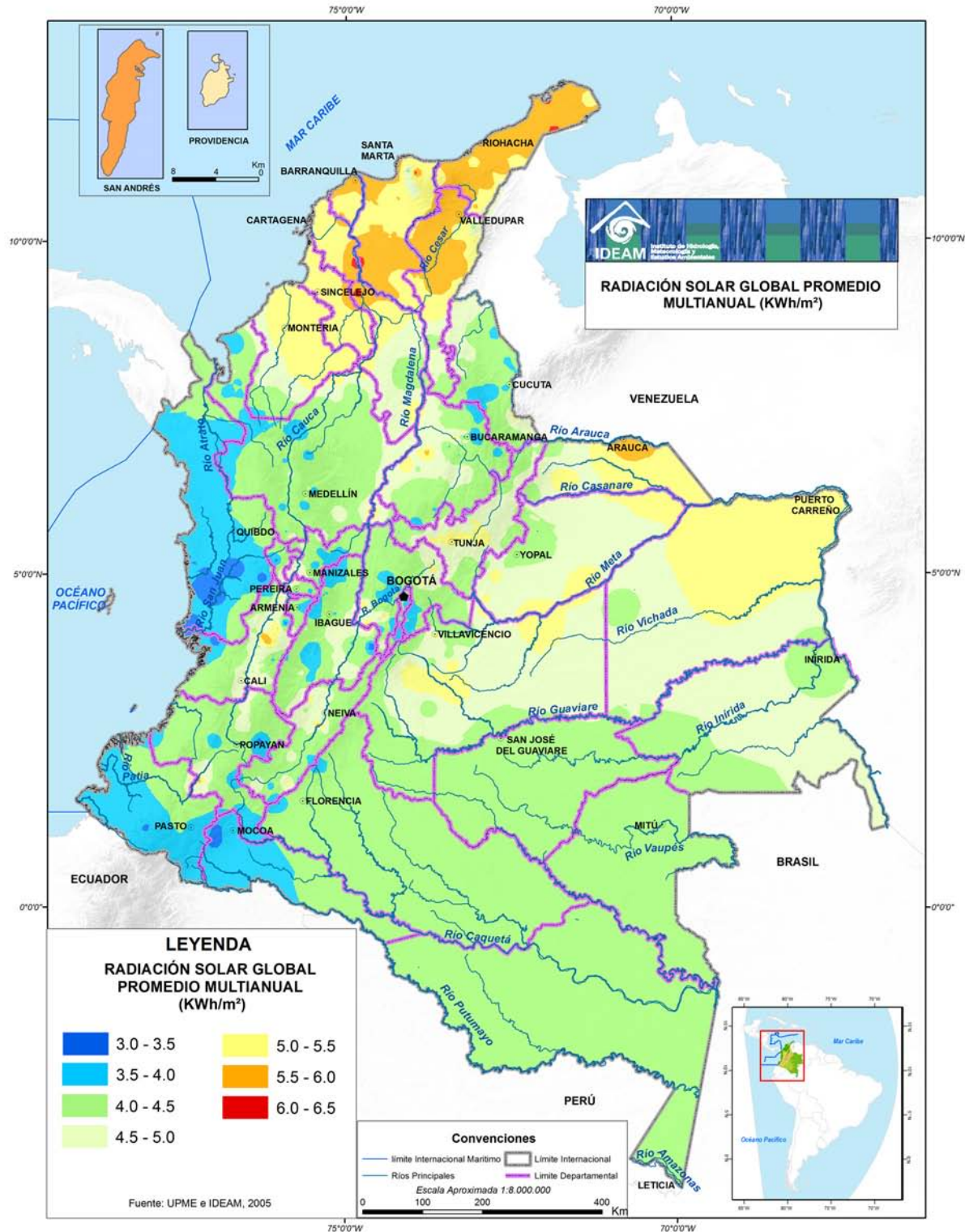
Se concluye en necesidad de realizar estudios particulares con el objeto de conocer rigurosamente la intensidad de los vientos para una región particular, a partir de elementos de micrometeorología, lo cual implicaría aumentar la densidad de las estaciones que miden el viento en algunas regiones del país.

### 3.3.1.4 Mitigación en el sector petrolero

Ecopetrol S.A. ha venido trabajando en la estructuración de una estrategia para reducir emisiones de GEI, mediante la suscripción en el año 2008 de un acuerdo de colaboración con el BID, el cual ha posibilitado la coordinación de esfuerzos con el objeto de impulsar y desarrollar un programa de reducción de GEI, vinculando actividades como aprovechamiento de metano, eficiencia energética y sustitución de combustibles.



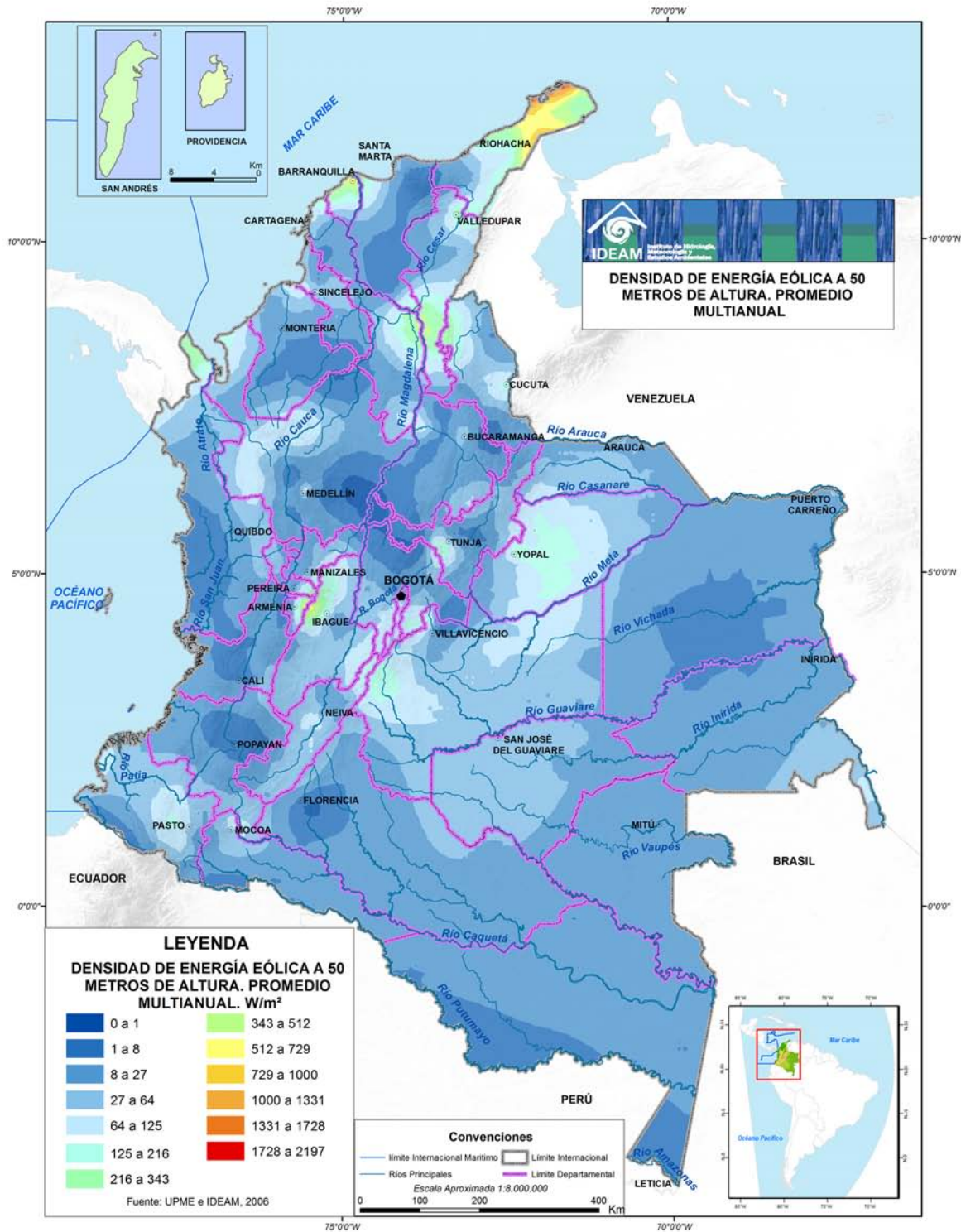
Figura 3.3 Radiación solar global, promedio multianual (kWh/m<sup>2</sup>)



Fuente: UPME & IDEAM, 2005

Como producto de esta agenda de cooperación conjunta, se han identificado 38 iniciativas de mitigación en los procesos de producción, transporte y refinación; con un potencial cercano a los 2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> eq/año, enfocados básicamente hacia el aprovechamiento y uso de gas, la sustitución de combustibles, la generación de energía con tecnologías y/o combustibles menos intensivos en emisiones de GEI y la eficiencia energética.

Figura 3.4 Densidad de la energía eólica a 50 m de altura, promedio multianual



Fuente: UPME & IDEAM, 2006

### 3.3.1.5 Otras energías

Existen iniciativas en otras energías alternativas como el caso del hidrogeno; al respecto la Asociación Colombiana de Hidrógeno y otras Energías Limpias (AcoHidrógeno) tiene como objetivos principales el estudio, investigación y promoción de energías limpias renovables, en especial el relacionado con hidrógeno; facilitar el desarrollo e implementación de las nuevas tecnologías; apoyar el desarrollo de especialidades universitarias y técnicas en el campo de las energías limpias; promover la investigación y los trabajos académicos sobre hidrógeno y energías



limpias; lograr avances productivos y eficaces en el reemplazo de los recursos energéticos no renovables; disminuir la dependencia de los combustibles fósiles; proponer la creación de incentivos para el desarrollo de energías limpias; y promover un plan nacional de hidrógeno y energías limpias y su inclusión en los planes energéticos del país.

### 3.3.2 Sector transporte

El gobierno nacional ha venido desarrollando los sistemas integrados de transporte masivo que se fundamentan en la política de mejoramiento del servicio de transporte público urbano de pasajeros<sup>18</sup> y en la política nacional de transporte urbano y masivo<sup>19</sup>.

La política de mejoramiento del servicio de transporte público urbano de pasajeros diagnostica la tendencia asociada al deterioro de los servicios de transporte público urbano<sup>20</sup> en las principales ciudades del país y propone diferentes estrategias para impulsar nuevos modelos de transporte que impacten positivamente en la calidad de vida y la competitividad de las ciudades de más de 600 mil habitantes (DNP, 2002). Bajo tal contexto, se definió un fortalecimiento a las ciudades en materia de planificación, gestión, regulación y control del tráfico y transporte, además del incentivo a la implementación de Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), teniendo en consideración la viabilidad técnica, legal y financiera (DNP, 2002).

En complemento a dicha política y a las directrices establecidas, el DNP (2003) definió la política nacional de transporte urbano y masivo, la cual se fundamenta en los problemas estructurales que caracterizan al sector. Se propuso con el objeto de avanzar en el mejoramiento del servicio de transporte en las ciudades de más de 600.000 habitantes<sup>21</sup>: a) estructuras de financiamiento con participación del sector privado en alianza con el sector público; b) el fortalecimiento del desarrollo institucional requerido para los SITM y, c) la maximización de los impactos asociados con calidad de vida y los beneficios sociales procedentes de su implementación, a partir de la disminución en los niveles de accidentalidad, tiempos de viaje, recuperación del espacio público y niveles de seguridad (DNP, 2003).

Bajo tales condiciones, en razón a la política sectorial, a los planes nacionales de desarrollo y a las estrategias financieras diseñadas por el gobierno con apoyo de los entes territoriales, actualmente están en operación o construcción ocho SITM en las principales ciudades del país: tal es el caso de Bogotá D.C., Soacha, Barranquilla, Bucaramanga, Santiago de Cali, Cartagena, Medellín (Valle de Aburrá) y Pereira - Dos Quebradas.

Cabe resaltar que los SITM se encuentran en diferentes etapas de diseño, construcción y operación, y se espera que en el futuro tengan considerables efectos en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. En promedio, para estos ocho proyectos se estima un potencial de reducción de emisiones de GEI anual cercano a 810.726 t de CO<sub>2</sub> eq<sup>22</sup>.

Para el caso de Bogotá, según el informe de monitoreo de las fases II y IV del sistema Transmilenio (Américas, Norte-Quito-Sur [NQS], Suba y avenida Ciudad de Cali), se generaron reducciones de GEI estimadas en 128.905 t CO<sub>2</sub> eq, durante el periodo 2006 y 2007, lo cual se reflejó en las eficiencias de consumo de combustible, 6,1 km/galón en promedio para estos años<sup>23</sup>; en términos de la calidad del combustible empleado se realizaron mejoras, especialmente en el contenido de azufre, sin embargo, el informe de monitoreo concluye que dicho cambio no ha significado mayores reducciones.

Es importante subrayar que a través del mejoramiento de la movilidad en los grandes centros urbanos del país se logra mejorar el control y la prevención de la contaminación de aire<sup>24</sup>. Con dicho mejoramiento se obtienen mejores sinergias en las medidas ambientales orientadas para mejorar la calidad del aire, la reducción de ruido, la congestión y los accidentes; a la vez que se aumenta el ahorro en los tiempos de viaje y el fortalecimiento al desarrollo urbano planificado de las ciudades.

#### 3.3.2.1 Potencial de mitigación de los SITM

Entre los objetivos de la agenda de trabajo conjunta del Ministerio de Transporte (MT) y MAVDT, se incluyen las actividades y los beneficios económicos asociados con la mitigación de cambio climático en el ámbito misional del

18 Conpes 3167 (2002).

19 Conpes 3167 y 3368 de 2003 y 2005, respectivamente.

20 Entre los elementos asociados con el mal estado del servicio de transporte público se destacan: sobreoferta en el número de vehículos, 40% del parque automotor no se requiere, adicional a la condición obsoleta de éste. Asimismo se identifican: deficientes condiciones de malla vial en la mayoría de los casos, estructura empresarial inadecuada que no permite el mejoramiento en la calidad del servicio, niveles de accidentalidad, deterioro urbano y contaminación (DNP, 2002).

21 Bogotá y Soacha, Santiago de Cali, Pereira y su área metropolitana, Barranquilla y su área metropolitana, Cartagena, Bucaramanga y su área metropolitana, y Medellín y su área metropolitana

22 MAVDT, Portafolio colombiano de proyectos MDL, octubre de 2009.

23 Informe de monitoreo Proyecto 0672: BRT Bogotá, Colombia: Transmilenio Phase II to IV; de: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1159192623.07/view>

24 Reducir las emisiones de monóxido de carbono (CO) hasta en 50%, de óxidos de nitrógeno (NOX) entre 30 y 45% y de compuestos orgánicos volátiles (metano e hidrocarburos) hasta en 35% (DNP, 2003).

MT, la promoción de opciones de reducción de emisiones de GEI en el marco del MDL y el fortalecimiento del actual portafolio de proyectos de reducciones de emisiones (MAVDT & Ministerio de Transporte, 2003 y 2007). En este marco de trabajo se elaboró un diagnóstico sectorial de emisiones de GEI para el año 2001, siguiendo la metodología propuesta por el IPCC (1997), que incluyó la identificación de categorías fuente y la propuesta de medidas de mitigación para el transporte público urbano en grandes ciudades y, en general, en el transporte terrestre, que contribuyeran a la reducción de emisiones.

En relación con los proyectos adelantados por el MT en materia de transporte público, se identificó el potencial de mitigación, al sopesar la línea base de las actividades corrientes frente a nuevas alternativas asociadas con los diferentes SITM. Asimismo, bajo la coordinación del Grupo Mitigación de Cambio Climático (GMCC), se definieron las acciones para establecer una estrategia que permitiera priorizar e implementar las actividades bajo parámetros MDL.

En términos generales, dicha estrategia responde a la necesidad de articular el MDL al quehacer sectorial, buscando maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales, derivados de la mitigación en los proyectos de transporte ya definidos en los planes de desarrollo, y que por sus propiedades tecnológicas involucren reducción de emisiones y satisfagan los requisitos del MDL. En efecto, su contribución al desarrollo sostenible se fundamenta en la generación de empleo, el mejoramiento de la calidad de vida urbana, el aumento de productividad de los usuarios, y los cobeneficios al ambiente asociados con la calidad del aire.

A pesar de no contar con metodologías de línea base y monitoreo; una actividad importante de la agenda de trabajo fue el desarrollo de las mismas; este es uno de los principales productos del trabajo interinstitucional<sup>25</sup>, que contó con el apoyo del sector privado, Trasmilenio S.A., la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Gobierno de los Países Bajos. También, se establecieron las bases técnicas para viabilizar diferentes SITM como proyectos MDL para el ámbito mundial, los cuales poseen un potencial de generación de reducción de emisiones que asciende a 5.675.084 t de CO<sub>2</sub> eq para un periodo de siete años. Véase la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Potencial de reducción de emisiones por la implementación del SITM en las principales ciudades del país

Ciudad	Nombre del proyecto	Potencial estimado de reducción de emisiones		
		CO <sub>2</sub> eq	Periodo en años	Promedio anual
Bogotá	BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio fase II a IV	1.725.940	7	246.563
Cartagena	Sistema Integrado de Transporte Masivo de Cartagena	280.000	7	40.000
Barranquilla	Sistema Integrado de Transporte Masivo para la ciudad de Barranquilla	167.583	7	23.940
Cali	Sistema Integrado de Transporte Masivo - MIO, Cali, Colombia	1.793.969	7	256.281
Bucaramanga	Reducción de las emisiones de gases efecto invernadero por la implementación de un sistema de buses rápidos que operan de una manera más eficiente y ordenada en el Área Metropolitana de Bucaramanga	483.000	7	69.000
Medellín	Implementación del Sistema Integrado de Transporte Masivo (BRT) en el Valle de Aburrá	990.840	7	141.549
Pereira	Megabus, Pereira, Colombia	233.752	7	33.393
Medellín	Sistemas de transporte masivo basados en rieles en el Valle de Aburrá y regiones cercanas	70.000	7	10.000
Medellín	Sistemas de transporte masivo basados en rieles en el Valle de Aburrá y regiones cercanas	560.000	7	80.000
Medellín	Sistemas de transporte masivo tipo cable aéreo en rieles en el Valle de Aburrá y regiones cercanas	118.676	7	16.954

Fuente: Portafolio colombiano de proyectos MDL (MAVDT, 2009)

También es importante mencionar que se desarrolló la metodología de pequeña escala de cables aéreos para transporte masivo de pasajeros, diseñada para el MetroCable de Medellín, la cual tiene replicabilidad en ciudades con topografía escarpada, por ejemplo Manizales, que ya está contemplando el componente MDL en el Cable Vía.

25 Methodology for Bus Rapid Transit Projects, Version 1.



Dicho proyecto genera un alto impacto social, ya que contribuyó a incrementar la seguridad en las comunas de Medellín y responde al esfuerzo de la CAF, la Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá, el Centro Nacional de Producción más Limpia y Grütter Consulting.

De lo expuesto, se puede concluir que en los últimos ocho años Colombia ha avanzado con acciones concretas que mejoran la calidad de vida urbana en las grandes ciudades, optimizan la movilidad del servicio de transporte y aumentan la competitividad de los grandes centros urbanos del país. Lo anterior se traduce en impacto directo sobre la reducción de emisiones de GEI procedentes del sector transporte.

Es necesario resaltar la investigación que realizó el Ideam sobre el impacto ambiental y social relacionado con la generación y uso de los biocombustibles en Colombia, en 2008 y 2009 en la que se recopiló información técnica y científica para apoyar al SINA y al gobierno nacional en el establecimiento de criterios que hagan sostenible, ambiental y socialmente el desarrollo del sector de los biocombustibles en Colombia (Ideam, 2008 y 2009).

### 3.3.2.2 Gas natural vehicular

A partir de la década de los años noventa, en Colombia se han realizado diferentes esfuerzos para masificar el consumo de gas natural, como estrategia de promoción de una matriz energética más limpia y eficiente para el país. Con este propósito, el Programa para la Masificación del Gas Natural y Plan Gas (DNP, 1991 y 1993) definieron como estrategia la sustitución de combustibles de alto costo por gas natural en los sectores industrial, comercial, residencial y termoeléctrico.

En términos del uso del gas natural como alternativa para una movilidad limpia, el Ministerio de Minas y Energía (MME) y la UPME (2002), mediante un diagnóstico evidenciaron la pertinencia de utilizar dicho combustible en el sector transporte, dadas las reservas probadas de gas natural<sup>26</sup>. Tal alternativa permite racionalizar el consumo de combustibles, aumentar la eficiencia energética, reducir la contaminación ambiental, diversificar la oferta de combustibles y fortalecer la balanza comercial mediante la disminución de la importación de combustibles en el sector transporte.

Por lo anterior, en el PND 2002-2006 desarrolló una estrategia para el impulso a la exploración y explotación de hidrocarburos, se definió el programa de incremento de vehículos convertidos a gas natural, que definió como meta para el cuatrienio la conversión de 64.000 vehículos; dicha cifra fue superada al alcanzar 168.523 unidades para diciembre de 2006. Igualmente, el PND 2006-2010, continuó con el mismo programa y estableció una meta de 160.000 vehículos convertidos, logrando para noviembre de 2008, un total acumulado de 277.685 vehículos transformados a gas natural en el país (MME, 2006 y 2008). Al respecto es necesario tener en cuenta dos iniciativas en formulación, consistentes en la conversión de vehículos livianos y semipesados de gasolina a gas natural vehicular comprimido (GNVC) en quince departamentos. Con dichos proyectos se pretende convertir alrededor de 14.500 vehículos por año, lo cual equivale a reducir aproximadamente 380.936 t de CO<sub>2</sub> eq.

En el cumplimiento de tales metas, el MME promueve el desarrollo del programa de gas natural como combustible automotor, con la finalidad de sustituir la gasolina y el ACPM; además, se definieron estímulos bajo la Ley 788 de 2002 de Reforma Tributaria, en términos de exención del IVA para partes y equipos de estaciones de servicio de gas y kits de conversión de vehículos a gas. Igualmente, el desmonte gradual de subsidios de combustibles líquidos sustitutos del gas natural (gasolina y ACPM), conllevando a aumentos periódicos en el precio de estos combustibles, revelando así la mayor competitividad del gas natural (SIGOB, 2002-2006; 2006-2010; Programa incremento de vehículos convertidos a gas natural).

### 3.3.2.3 Mejora en la calidad del aire y los combustibles

En el marco de las directrices planteadas por la política sobre la prevención y control de la contaminación del aire<sup>27</sup> (DNP, 2005), los ministerios de Minas y Energía, de Protección Social, y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, establecieron límites de emisiones y el uso de combustibles limpios para los sistemas de transporte público.

El uso de combustibles limpios determinado por la Resolución 180158 de 2007 del MME, de conformidad con lo cosagrado en la Ley 1083 de 2006, estableció que a partir del primero de enero de 2010, las empresas prestadoras del servicio de transporte público de pasajeros que operen en áreas urbanas, utilicen vehículos que funcionen con combustibles limpios como hidrógeno, alcohol carburante, gas natural, gas licuado de petróleo, biodiesel, diesel menor de 50 ppm de azufre, gasolina reformulada y energía eléctrica.

26 7.489,74 Giga Pies Cúbicos (GPC) a diciembre 31 de 2001. Fuente: Ecopetrol citado en MME & UPME, 2002: 3.881,35 GPC a diciembre de 2007. Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). Informe anual de reservas 2007, citado por el MME, 2008.

27 Documento Conpes 3344.

### 3.3.2.4 Otras iniciativas: carro eléctrico

Con el objeto de apoyar diferentes actividades que contribuyan a la mitigación de cambio climático, el gobierno colombiano a través del MAVDT, ha promocionado el uso del carro eléctrico en el país. Tal alternativa a la movilidad que contribuye a la reducción de emisiones y al mejoramiento de la calidad del aire junto con los SITM, promete ser una de las alternativas del transporte urbano en un futuro próximo; con este fin, el MAVDT estableció la exención de arancel de importación (35%), que junto con el bajo costo energético para su uso, hará que este novedoso medio de transporte sea más común en las calles (MAVDT, 2008).

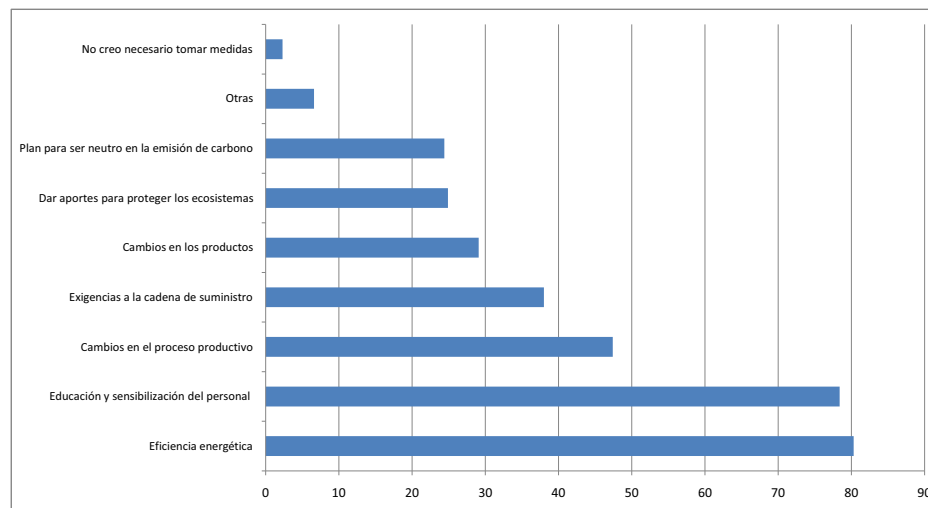
### 3.3.3 Sector industrial

Según la encuesta de opinión industrial conjunta realizada por la ANDI<sup>28</sup> en octubre de 2009<sup>29</sup>, la percepción empresarial frente al cambio climático indica un alto nivel de preocupación sobre el tema, reflejado en que 69,7% de los empresarios colombianos consideran que su negocio se verá afectado por este fenómeno.

Las principales afectaciones que identifican los empresarios son las siguientes: un 74,9% prevé un incremento en los costos de la energía, un 51,8% escasez de agua, 40,8% un incremento de la carga fiscal para atender los efectos del cambio climático y un 40,3% la expedición de nuevas regulaciones. Con un menor consenso, dada la diversidad de condiciones naturales del país y la variedad de sectores encuestados, se encuentran otros efectos esperados como: nuevos requerimientos de los clientes (28,8%), incremento de los desastres naturales (26,7%) y nuevas barreras comerciales (25,7%). Sin embargo, no todas las percepciones son negativas, es de destacar que un 25,1% de los empresarios perciben nuevas oportunidades de negocios.

Dentro de las medidas que tomarán los empresarios en los próximos cinco años para mitigar el cambio climático, se destacan principalmente la eficiencia energética (80,3%) y la educación y sensibilización del personal de sus empresas (78,4%). Estas respuestas combinan, de manera prometedora, medidas tecnológicas con acciones educativas. Por otra parte, un 47,4% efectuarán cambios en sus procesos productivos y un 29,1% en sus productos; mientras tanto, un 38% proyecta extender las exigencias a su cadena de suministro, 24,9% aportará para la protección de los ecosistemas y 24,4% planea tomar acciones concretas para neutralizar las emisiones de carbono (ver Figura 3.5).

Figura 3.5. Medidas de mitigación que adoptarían los empresarios colombianos para enfrentar el cambio climático



Fuente: ANDI, 2009.

Es importante mencionar que la ANDI, es una agremiación que está integrada por un porcentaje significativo de grandes empresas pertenecientes a sectores como el industrial, financiero, agroindustrial, de alimentos, comercial y de servicios, entre otros.

### 3.3.4 Sector uso del suelo, cambio de uso y silvicultura (USCUSS)

El desarrollo de las medidas de mitigación pertinentes al módulo Uscuss (según la estructura del inventario de GEI), donde se incluye el sector forestal, se analiza desde el ámbito de los diferentes instrumentos de política que ha

28 Asociación Nacional de Empresarios de Colombia.

29 Esta encuesta incluyó por primera vez un módulo especial sobre el tema del cambio climático y su impacto sobre la industria colombiana.

diseñado el gobierno nacional en materia forestal, los cuales de manera indirecta involucran medidas de mitigación, tal es el caso de la Política de Bosques (DNP, 1996), el Plan Verde (DNP & MMA, 1998) y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (DNP *et al.*, 2000).

Adicionalmente, desde el año 2002, el MAVDT ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de proyectos forestales de mitigación, no sólo promoviendo este tipo de actividades desde el ámbito del MDL, sino también fortaleciendo la capacidad nacional de formulación, negociación y ejecución.

Los objetivos de los instrumentos de política y las medidas que involucran en materia de reducción de emisiones, que vistas a la luz del cuarto informe de valoración del IPCC (2007a), se pueden clasificar en: conservación y manejo de sumideros de carbono, y creación de nuevos sumideros, ya sea por el incremento de biomasa forestal y carbono orgánico del suelo. Por lo anterior, el plan de trabajo en mitigación del sector forestal, basado en los instrumentos de política reseñados, se convierte en el primer gran paso que el país realiza con el propósito fundamental de fortalecer la generación y reconocimiento del servicio ambiental de remoción de dióxido de carbono, derivado de las externalidades positivas del bosque bajo los esquemas de la Convención y el Protocolo de Kioto.

De las actividades del plan de trabajo se destacan: 1) determinación de áreas con potencial para la ejecución de proyectos forestales de mitigación de cambio climático, de acuerdo con la definición de bosque para Colombia en el marco del MDL (MAVDT & Ideam, 2005); 2) principios, requisitos y criterios para la aprobación de proyectos forestales MDL; 3) formulación preliminar del proyecto forestal nacional MDL, con un potencial aproximado de reducción de emisiones de 26.000.000<sup>30</sup> t de CO<sub>2</sub> eq en 25 años.

Una de las debilidades de esta agenda fue el desarrollo de metodologías para línea base y monitoreo a partir de un único proyecto piloto previamente identificado, bajo la premisa de que la misma metodología se pudiese aplicar a todo el territorio, dificultando el desarrollo del portafolio. De otra parte, la agenda se enfocó en proyectos muy ambiciosos, de implementación compleja, dejando de lado los proyectos piloto a pequeña escala, los cuales de acuerdo con la simplificación de modalidades y procedimientos, son más sencillos en su formulación, validación, registro e implementación, reflejándose en menores costos (UNFCCC, 2005).

A continuación se presentan los principales logros de la política sectorial, que muestran su grado de implementación a nivel nacional, reflejado en el número total de hectáreas reforestadas, ya sea de carácter protector, comercial y avances en materia de ordenación forestal.

Durante el periodo 2002-2008, el MAVDT ha fomentado el establecimiento de alrededor de 151.821 ha de reforestación protectora, con el objeto de apoyar la gestión integral del recurso hídrico, lo que ha representado un promedio anual de reforestación de 21.689 ha. Se estima que éstas poseen un potencial de reducción de emisiones que asciende a 13.175.937 t/C en 20 años<sup>31</sup>.

Con respecto a la reforestación comercial, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), a través de diferentes instrumentos de apoyo financiero como el Certificado de Incentivo Forestal (CIF), promovió la siembra de 96.287 hacon especies forestales maderables (entre 2002 y 2008), correspondiente a un promedio anual de siembra de 12.120 ha, y de 13.996 ha de caucho (*Hevea brasiliensis*); cifras que a finales de 2008 acumulan 260.287 ha comerciales y 20.783 ha de caucho, para 2006. La Tabla 3.3 y la Figura 3.6, muestran la tendencia positiva en el crecimiento de plantaciones forestales en el país.

Tabla 3.3 Reforestación (ha) protectora, comercial y caucho

años	Protectora anual	Total protector	Comercial anual	Total comercial	Total protector y comercial	Total caucho
1999	-	-	-	145.759	145.759	-
2000	-	-	15.522	161.281	161.281	-
2001	-	-	2.719	164.000	164.000	-
2002	30.539	30.539	4.059	168.059	198.598	6.787
2003	25.804	56.343	7.137	175.196	231.539	8.727
2004	15.151	71.494	14.517	189.713	261.207	12.191
2005	47.110	118.604	10.990	200.703	319.307	15.244
2006	6.874	125.477	8.581	209.284	334.761	20.783
2007	20.225	145.702	26.003	235.287	380.989	-
2008	6.119	151.821	25.000	260.287	412.108	-

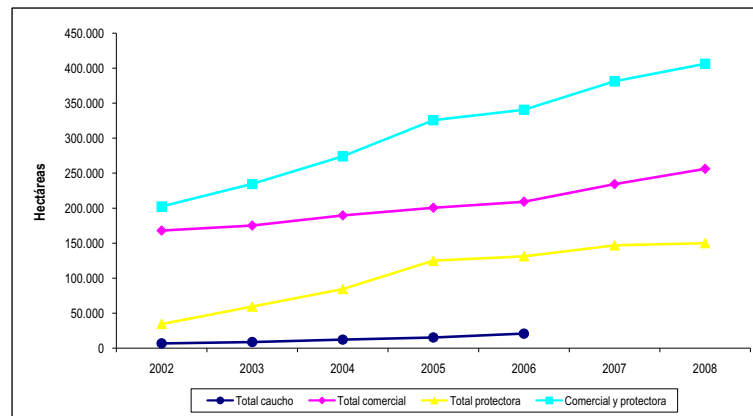
Fuente: SIGOB, 2008.

30 Datos adaptados según la información suministrada por MAVDT, en la cual los proyectos forestales MDL representan un potencial anual de reducción de emisiones de 1.247.919 t de CO<sub>2</sub> eq.

31 Se analizaron diferentes datos de crecimiento de especies nativas (Del Valle *et al.*, 2003; IPCC, 2006), lo cual permitió definir un índice de la productividad primaria neta (t/ Biomasa/ha); adicionalmente, se empleó la metodología, nivel 1 (IPCC, 2006) para estimar el potencial de reducción de emisiones reportado. Para el cálculo se asumió una mortalidad de 30% en plantaciones protectoras dado la menor sobrevivencia de las especies nativas bajo esquemas de reforestación en el país.

En un horizonte de 20 años, se estima un potencial de reducción de emisiones equivalente a 42.640.216 t/C<sup>32</sup>, para el total de las plantaciones comerciales y 1.607.773 t/C para las plantaciones de caucho<sup>33</sup>.

Figura 3.6 Reforestación protectora, comercial y caucho, años: 2002-2007



Fuente: SIGOB, 2008.

De otro lado, de acuerdo con las metas planteadas para el 2019, en las que el promedio de reforestación anual deberá llegar a 40.000 ha anuales y la deforestación a igual tasa, que representan actualmente alrededor de 80.000 ha; además, se deberá alcanzar una oferta forestal productiva de 1,2 millones de hectáreas, que actualmente es de 145.000 (DNP, 2007).

En términos de ordenación forestal, las actividades realizadas se concentran en la priorización de áreas (20.000 ha), la formulación de planes de ordenamiento (294.795 ha) y las áreas ordenadas o en proceso de ordenación (4.169.598 ha).

Adicionalmente, cabe destacar el impacto positivo del Programa Familias Guardabosques de la Presidencia de la República dirigido a comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes, que han tomado la decisión de erradicar voluntariamente los cultivos ilícitos localizados en ecosistemas estratégicos para reemplazarlos por alternativas productivas legales y proyectos ambientales. Dichos proyectos se orientan a contribuir con el manejo sostenible del bosque (ONUCDD & Acción Social, 2007), a través de "estrategias participativas que permitan poner en marcha planes de uso y manejo alternativo de los bosques y de los recursos naturales, así como actividades de recuperación, revegetación y conservación de sus territorios, con criterios de ordenamiento territorial y enfoque de desarrollo local"<sup>34</sup>.

Según la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (ONUCDD & Acción Social, 2007a), en el programa familias guardabosques están vinculadas 88.488 familias, que mantienen en protección 282.588 ha de bosques, rastrojos y páramos, junto con la recuperación de 53.477 ha. Igualmente, están vinculadas a proyectos productivos 49.874 familias con 87.748 ha de cultivos legales, abarcando sistemas productivos agroforestales, plantaciones forestales, cacao y caucho entre otros, los cuales se establecen bajo criterios de sustitución de tala y quema, incorporación de rastrojos, labranza mínima, rotación de cultivos y uso de abonos orgánicos<sup>35</sup>.

### 3.3.4.1 Reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD)

El IPCC estima que para la década del noventa, aproximadamente 20% de las emisiones globales de GEI, contabilizadas en 1,6 billones de toneladas de carbono anuales, se produjeron como consecuencia de la deforestación en zonas tropicales (UNFCCC & SBSTA, 2006; CAN, 2007; IPCC, 2007; Parker *et al.*, 2009). De esta manera, las actividades encaminadas a reducir o evitar la deforestación para prevenir las emisiones de dichos gases a la atmósfera (ej. el dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>), son vistas como una opción de mitigación al cambio climático.

La CMNUCC reconoció en la treceava reunión de las Partes (COP13) realizada en Bali - Indonesia (2007), que un enfoque integral para mitigar el cambio climático debe incluir el desarrollo de "las aproximaciones de política y los incentivos positivos relacionados con la Reducción de Emisiones por la Deforestación y Degradación de los bosques

32 La estimación se realizó a partir de datos sobre el promedio de crecimiento anual de las principales especies forestales comerciales en Colombia. Fuente: módulo Uscuss, inventario GEI años 2000 y 2004.

33 Incrementos de carbono para plantaciones de *Hevea Brasiliensis* en Colombia, reportados por: Buitrago *et al.*, 2005.

34 Objetivo ambiental del programa Familias Guardabosques.

35 Con el objeto de vincular las actividades del Programa presidencial contra cultivos ilícitos con instrumentos de mitigación.



en países en desarrollo, así como el papel de la conservación, el manejo sostenible de los bosques y el incremento de los reservorios de carbono en los bosques de los países en vías de desarrollo” (CMNUCC, 2007).

La Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y la Degradación de Bosques (REDD), es el mecanismo que actualmente se viene negociando dentro de la CMNUCC para lograr el objetivo de disminuir las actuales tasas de emisión, principalmente en países en desarrollo, asociadas con el cambio en el uso de la tierra de ecosistemas boscosos.

REDD supone que aquellos países interesados y que puedan reducir las emisiones de carbono provenientes de la deforestación y degradación puedan ser compensados financieramente por estas acciones. Se espera que este mecanismo sea aprobado definitivamente por la CMNUCC y contribuya a mitigar las emisiones de GEI a la atmósfera, favoreciendo, además, la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, combatiendo la pobreza, y estimulando el desarrollo sostenible de las comunidades que dependen directamente de los bosques (UNEP - WCMC, 2007; Parker *et al.*, 2009).

De ahí que el MAVDT ha venido realizando consultas y mesas de trabajo con los diferentes actores sectoriales (un ejemplo es la Mesa REDD, establecida en febrero de 2009, con diferentes ONG ambientales del país), con el propósito de socializar y analizar este nuevo instrumento de mitigación. Así mismo ha participado en diferentes instancias de fortalecimiento técnico, metodológico e institucional que se vienen presentando a nivel internacional.

Con relación a las actividades de consulta y concertación, se destacan los diálogos mantenidos sobre las barreras y necesidades institucionales para implementar proyectos, así como la forma en que la deforestación evitada puede generar beneficios adicionales en materia de ordenación forestal y desarrollo rural. Como resultado se evidenció que existe una clara articulación para la implementación de nuevos proyectos de mitigación en el marco de la política forestal del país.

De otro lado, en la medida en que se desarrollen actividades piloto en el país, se podrán determinar las actuales necesidades y barreras, al igual que otras oportunidades que se generarían para Colombia en el contexto de cambio climático y el apoyo a la gestión forestal.

El éxito de la implementación de REDD depende en gran medida de la capacidad técnica e institucional que tengan los países en desarrollo para controlar y medir la deforestación y las emisiones de gases efecto invernadero asociadas. Por esto, el MAVDT y el Ideam formularon el Proyecto “Capacidad Institucional Técnica Científica para apoyar Proyectos REDD: Reducción de Emisiones por Deforestación en Colombia” que inició en el año 2009 y será desarrollado durante dos años por el Ideam con el apoyo de la Fundación Natura gracias a una donación de la Fundación Gordon and Betty Moore.

La iniciativa busca fortalecer la capacidad técnica que necesita el país para implementar mecanismos y proyectos para reducir las emisiones de GEI generadas por la deforestación y degradación de los bosques (REDD), y apunta a conformar un esquema institucional para implementar este tipo de proyectos.

Estos resultados esperados van a tener beneficios adicionales para la gestión forestal dentro de las políticas y normas ambientales, pues van a dotar al Sistema Nacional Ambiental con un sistema de monitoreo que será una herramienta fundamental para la gestión de las autoridades ambientales y de las comunidades indígenas y afro descendientes.

El proyecto avanza en el desarrollo de los protocolos subnacionales y nacionales de procesamiento de imágenes para monitorear deforestación, de estimación de carbono en bosques y otras coberturas vegetales y el de monitoreo de biomasa por medio de sensores remotos, igualmente, se ha llevado a cabo un ejercicio preliminar para la cuantificación de la tasa de deforestación para el periodo 2000-2007. Se espera para los próximos meses generar la línea base histórica de deforestación en el país, la estimación de los stocks de carbono para los diferentes tipos de ecosistemas boscosos y la elaboración del mapa de áreas potenciales para la implementación de proyectos REDD en Colombia, así como el desarrollo de una plataforma web institucional enfocada al apoyo a los desarrolladores de proyectos.

Además, el país fue elegido para recibir recursos del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF por su sigla en inglés), por medio del cual el país desarrollará su etapa de preparación para la participación de los mecanismos REDD que se desarrollen en el marco de la CMNUCC. Esta preparación incluye un análisis institucional, instancias de participación y concertación con comunidades locales, tendencias de cambio en el uso de la tierra, gobernabilidad, así como el planteamiento de una serie de opciones estratégicas y un marco de implementación REDD a nivel nacional. Esta serie de acciones, conjuntamente con los reconocidos desarrollos institucionales y programáticos del país orientados a la conservación del medio ambiente, permitirán posicionar a Colombia como uno de los países líderes en el tema REDD a nivel mundial en los próximos años.

### 3.3.5 Sector agricultura

Los planes nacionales de desarrollo (PND)<sup>36</sup>, reconocen la responsabilidad para el sector agropecuario de promover el desarrollo y aprovechamiento de bienes y servicios ambientales, que incidan en el fortalecimiento de las ventajas comparativas de la agricultura colombiana, por lo tanto, se proponen acciones políticas encaminadas hacia el fomento de sistemas productivos que amplíen la oferta de servicios ambientales. Adicionalmente, se prevé la implementación de acciones tempranas en materia de control de erosión, captura de carbono e incentivos a la producción ecológica y apoyo a proyectos de reducción de emisiones bajo el MDL<sup>37</sup> (DNP, 2003 y 2007).

Por lo anterior, el componente ambiental de la Política Agropecuaria (MADR, 2003 y 2006) se fundamenta en dos ejes como son: 1) garantizar una producción suficiente de alimentos para la población; 2) la protección de los diferentes agroecosistemas productivos. En consecuencia, la gestión ambiental agrícola se establece con dos instrumentos de planificación; el primero, la Agenda Ambiental Interministerial entre el MAVDT y MADR, con el propósito de “integrar las acciones institucionales y las políticas y programas que desarrollan los dos ministerios” y el segundo, el Plan Estratégico Ambiental del Sector Agropecuario (PEASA), que busca “establecer un marco estratégico que incorpore activamente la gestión ambiental en los sistemas productivos agropecuarios, promoviendo la competitividad en los mercados nacionales e internacionales y estimulando el uso sostenible de los recursos naturales y los agroecosistemas”.

La agenda de trabajo interministerial define entre otras líneas de acción, que integran medidas de mitigación: 1) conservación y uso sostenible de bienes y servicios ambientales (regulación del clima y oferta hídrica), la cual propende por una gestión integral en materia de recursos forestales, ecosistemas estratégicos y agrobiodiversidad, gestión en servicios de mitigación de cambio climático y apoyo a proyectos MDL y, 2) sostenibilidad ambiental de la producción nacional, que busca un desarrollo en materia de gestión en sistemas alternativos de producción agropecuaria sostenible y fomento a la producción ecológica, gestión ambiental para la producción agropecuaria incentivar el uso eficiente del suelo y el riego. Además, se tiene la gestión integral de residuos, manejo integral del suelo, fomento de sistemas agroforestales y silvopastoriles, y apoyo al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Igac) para la elaboración del mapa de Uso actual y potencial del suelo a escala 1: 100.000.

El PEASA propende por un manejo integral de los recursos naturales que permita la sostenibilidad de los bienes y servicios ambientales que sustentan la producción, además de fortalecer la capacidad sectorial para afrontar retos que suponen una amenaza para la base productiva, tal es el caso de la desertificación y el cambio climático.

Dicho plan estratégico cuenta con dos ejes: investigación y desarrollo tecnológico para la sostenibilidad agropecuaria y ambiental. Estos ejes temáticos albergan actividades de reducción de emisiones, como son el fomento y desarrollo de sistemas productivos bajo esquemas de: 1) agroforestería y sistemas silvopastoriles; 2) gestión integral del suelo, 3) buenas prácticas agrícolas (BPA); 4) agricultura ecológica; 5) agricultura de precisión (evaluación de insumos requeridos por unidad de suelo en producción) y; 6) bancos de germoplasma vegetal, bovino y microorganismos.

De acuerdo con el último reporte del IPCC (2007a), en términos de mitigación, las actividades 1, 2 y 3 se definen como de conservación y mejoramiento de sumideros de carbono existentes; las actividades 4 y 5 corresponden a la gestión en el uso de insumos y fertilizantes que eviten emisiones de N<sub>2</sub>O; y la actividad 6 es una medida que busca el aumento de la productividad por unidad de insumo.

En el marco del PEASA, hasta octubre de 2008, se han desarrollado diferentes proyectos de acuerdo con los ejes temáticos relacionados con: 1) sistemas agroforestales, como alternativas de uso de la tierra con criterios de competitividad, sociales y ambientalmente sostenibles; 2) tecnologías para uso y manejo integral del recurso suelo que contribuyan al establecimiento de sistemas de producción sostenibles y competitivos; 3) procesos de innovación tecnológica en sistemas productivos que contribuyen a la producción agropecuaria más limpia y; 4) biotecnología animal. En el Anexo 3.4 de este capítulo se presentan los principales proyectos de agroforestería y gestión integral del suelo.

Si bien se advierte un avance, se requerirán estudios científicos a escala detallada que permitan evaluar cuantitativamente las reducciones de emisiones de GEI generadas por estas actividades, porque a la fecha no existen reportes de las reducciones obtenidas o esperadas.

De otro lado, es pertinente mencionar aquellos programas que contribuyen a la reducción de emisiones desde el ámbito de la producción bovina, a pesar de no haber sido definidos para dicho propósito, tal es el caso del Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana (Fedegan, 2006) el cual aborda diferentes metas que se articulan con la mitigación.

<sup>36</sup> PND 2002-2006. Hacia un Estado comunitario: 2006-2010. Estado comunitario: desarrollo para todos.

<sup>37</sup> Se prevé contar con un fondo especial para la inversión en proyectos forestales.

Estas metas hacen referencia a un aumento de la productividad tanto de carne y leche a nivel nacional, bajo criterios de sostenibilidad ambiental, incluyendo mejoramientos en nutrición animal y un mayor uso de la tierra por unidad de gran ganado (Fedegan, s.f.). Sin embargo, con el objeto de evaluar la efectividad de dichas medidas se requerirán estudios a nivel de predios ganaderos, donde se evalúe cuantitativamente la dinámica de las emisiones de metano.

### 3.3.5.1 Línea de investigación agricultura y cambio climático con el MADR

El MADR, consciente de la relevancia que el cambio climático posee en el desarrollo del sector agropecuario, diseñó una estrategia de investigación ligada a las cadenas productivas, denominada Agricultura y Cambio Climático, que aborda de manera directa respuestas para el sector desde tres componentes: mitigación, evaluación de la vulnerabilidad y medidas en términos de adaptación.

Esta nueva agenda de trabajo, actualmente en ejecución, se desarrolla en el marco de la convocatoria nacional para la financiación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, para el sector agropecuario por cadenas productivas. Los programas de investigación y sus respectivos proyectos son ejecutados mediante una alianza entre la academia, centros de investigación y el sector productivo. Dicha condición, pretende desarrollar investigación aplicada a diferentes sistemas productivos y fortalecer el sistema nacional de ciencia y tecnología del sector agropecuario (MADR, 2008).

Los programas de investigación propuestos en el marco de dicha convocatoria desarrollan y evalúan diferentes tecnologías de mitigación e incluso adaptación, bajo cuatro grandes ejes: 1) evaluación de los niveles de remoción o captura de CO<sub>2</sub>, bajo diferentes sistemas productivos, 2) opciones de manejo de suelos, 3) medidas y tecnologías de producción bovina y, 4) evaluación de los impactos del cambio climático en la producción agropecuaria, pesquera y forestal.

A continuación, se presentan los principales programas de investigación.

- **Agroecosistemas terrestres estratégicos en la captura de CO<sub>2</sub>**

Tiene por objeto identificar el potencial que poseen diferentes agroecosistemas en algunos municipios del departamento del Nariño, en términos del nivel de remoción de carbono bajo arreglos agroforestales (cultivos anuales con árboles, pastos y animales en sistemas de producción), como instrumento de mitigación. Tiene el propósito adicional de generar una estrategia de venta de servicios ambientales, en la cual los pequeños productores y las comunidades rurales integren este nuevo componente a nivel de finca.

Asimismo, el programa pretende: 1) fomentar en las comunidades rurales un interés directo frente al cambio climático y las tecnologías de mitigación más apropiadas para implementar; 2) contribuir a la preservación de los ecosistemas frágiles y la diversidad biológica mediante la captura de carbono y los servicios ambientales; 3) manejar adecuadamente los recursos suelo y agua, buscando la conservación de los mismos; 4) implementar acciones de restauración con arreglos agroforestales y; 5) realizar eventos de capacitación para la adopción de los arreglos agroforestales.

Si bien dicho programa aborda los sistemas agroforestales y pretende evaluar técnicamente el potencial de esta actividad como instrumento de mitigación, también incluye un componente de capacitación y apropiación por parte de las comunidades locales, lo cual se espera que genere un impacto positivo asociado con el desarrollo rural.

- **Evaluación del ciclo y balances de carbono y energía en el cultivo de la caña panelera para fines alimenticios y energéticos, bajo los escenarios de uso actual y cambios de uso en el suelo como alternativa de mitigación de cambio climático**

Este programa pretende evaluar cuantitativamente el balance neto de carbono durante el ciclo productivo de la caña panelera, así como en el procesamiento de sus productos finales, especialmente alcohol carburante, abordando toda la cadena productiva. Específicamente, se quiere determinar bajo parámetros científicos, el aporte de esta actividad agrícola a la reducción de emisiones. Con este fin, se evaluará el potencial de acumulación de CO<sub>2</sub> atmosférico, bajo los diferentes sumideros del cultivo, como la biomasa y suelo, y las posibles fuentes de emisiones de GEI durante el ciclo del cultivo y la elaboración de productos finales. A partir de un balance entre las dos actividades, se determinará si existe una reducción de emisiones por hectárea cultivada y aprovechada, durante el ciclo de producción de bioetanol.

Se espera que un balance neto positivo de carbono en la cadena productiva, caña panelera-bioetanol, permita la implementación de mejoras tecnológicas, uso racional de insumos, mejoramiento de la competitividad y positivos efectos globales asociados con la disminución de GEI. Por consiguiente, se evalúan las emisiones y remociones de carbono, bajo escenarios de uso actual y cambios en el uso del suelo, originados por la implementación del cultivo de la caña panelera

Para el desarrollo de esta investigación se han priorizado diferentes núcleos de producción de caña panelera en el país, donde la actividad posee una gran influencia en la economía local; se identifica la cuenca del río Suárez, en el departamento de Santander, y varios municipios en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia.

- **Opciones de manejo de suelos y aguas en los sistemas agrícolas frente al cambio climático: monitoreo, mitigación y adaptación**

Este programa, integrado por diferentes proyectos, pretende desarrollar y validar diferentes medidas de respuesta ante los eventuales impactos del cambio climático. Con este objetivo se evaluarán diferentes estrategias de manejo de suelos, como lo es la rotación de cultivos y sistemas agroforestales, para zonas de producción agrícola, donde exista evidencia de alta vulnerabilidad frente al cambio climático y, por lo tanto, la producción agrícola puede estar comprometida. Así, se priorizaron áreas geográficas y departamentos como el piedemonte llanero y la planicie aluvial; Tolima, sabanas colinadas y planas de Córdoba; Sucre, Bolívar y Magdalena.

En el primer proyecto, denominado Línea base de indicadores de calidad del suelo para monitorear los efectos del cambio climático sobre los sistemas de producción agrícolas en el piedemonte llanero, se busca desarrollar y establecer indicadores de calidad del suelo que permitan monitorear los posibles efectos de las variaciones climáticas extremas sobre diferentes sistemas productivos (MADR, 2008).

El segundo proyecto, Alternativas de manejo de suelos en sistemas de rotación de cultivos, como estrategias para mitigación y adaptación frente al cambio climático en la Altillanura Plana Colombiana y Valle Cálido del Alto Magdalena, tiene como finalidad identificar y evaluar prácticas de manejo del suelo que contribuyan a la mitigación de las emisiones de GEI y a la adaptación de los cultivos frente a variaciones climáticas severas.

En el tercer proyecto, Introducción de sistemas productivos agroforestales como estrategia de adaptación ante los impactos del cambio climático en zonas secas de Colombia, se busca evaluar tres medidas de adaptación ante los impactos del cambio climático: 1) introducción de sistemas productivos agroforestales; 2) uso del riego y; 3) utilización de información agroclimática en tiempo real. Las zonas de estudio, se ubican en el denominado triángulo del Tolima con los municipios de Coyaima, Natagaima y Purificación, y Fundación en el departamento de Magdalena.

Estas zonas se destacan por ser históricamente vulnerables a las condiciones meteorológicas, que se reflejan en su bajo desarrollo socioeconómico y en la tendencia en la degradación de suelo.

- **Alternativas de manejo en sistemas ganaderos frente al cambio climático**

Se pretende desarrollar y validar estrategias de reconversión ganadera con el establecimiento de sistemas silvopastoriles, optimizar la nutrición animal y mejorar la disponibilidad de recursos como el agua y suelo, asociados con la producción bovina. Se buscan mayores niveles de producción por Unidad de Gran Ganado (UGG), a la vez que se quiere hacer más rentable la producción, disminuir los costos y contribuir a la reducción de emisiones de GEI.

El programa contempla un estudio del grado de vulnerabilidad de la explotación ganadera frente al cambio climático en el departamento de Risaralda. Con este fin se desarrollará e implementará un sistema de monitoreo que evalúe la disponibilidad hídrica y degradación de suelo en las zonas de explotación ganadera frente a los posibles impactos en la variación de las condiciones hidrometeorológicas de la zona.

### 3.3.5.2 Línea de investigación agricultura y cambio climático: alianza Ideam - Corpoica

Dentro de la convocatoria nacional del MADR para la cofinanciación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario por cadenas productivas en el año 2008, se concretó la alianza entre el Ideam, Corpoica y otras instituciones para adelantar la investigación en áreas temáticas del manejo sanitario y fitosanitario. Los proyectos que terminarán en el año 2011, son:

1) cambio climático y fluctuaciones de clostridios patógenos asociados con el suelo, con el fin de establecer la relación de las enfermedades causantes de la mortalidad súbita de los bovinos productores de leche (*Bos taurus*); 2) desarrollo de un sistema de alerta temprana para el chinche de los pastos con base en la dinámica de su población y su relación con el cambio climático; 3) modelación del efecto del cambio climático sobre la distribución de la garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en el trópico alto colombiano y; 4) investigación sobre los efectos del cambio climático en la distribución altitudinal de insectos plaga y sus enemigos naturales, con el caso del cultivo del café en Colombia.

De las instituciones participantes se destacan: Centro Nacional de investigaciones del café (Cenicafé), la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica), el Instituto de investigación de recursos biológicos, Alexander von Humboldt (IAvH), la Asociación nacional de productores de leche (Analac), la Universidad de Cundinamarca, la Asociación de productores de leche de Ubaté, la Federación de ganaderos de Boyacá (Fabegan), el Comité de ganaderos de Zipaquirá, entre otros.



### 3.3.5.3 Línea de investigación ganadería y sistemas silvopastoriles con apoyo del GEF y el Banco Mundial

El sector ganadero en Colombia ha venido mostrando cada vez mayor preocupación e interés por los asuntos del medio ambiente a través de inversiones en ciencia y tecnología, gestiones de política pública, asistencia técnica y capacitación en asuntos de mitigación al cambio climático tal como consta en sus diferentes publicaciones, en especial el Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019 (Fedegan, 2006). Dos proyectos ganaderos que cuentan con el apoyo del GEF y el Banco Mundial, buscan la implementación de Sistemas Silvopastoriles (SSP) en el sector con una serie de buenas prácticas de manejo, para lograr en forma rentable reducir las emisiones de GEI y disminuir la vulnerabilidad al cambio climático. El primero de ellos es el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas<sup>38</sup> (conocido como Proyecto Regional) finalizado en 2008. El segundo es el "Proyecto de Ganadería Sostenible en Colombia"<sup>39</sup> (Colombia Mainstreaming Sustainable Cattle Ranching Project) cuya ejecución se iniciará en 2010.

Los resultados alcanzados en el Proyecto Regional mostraron que los SSP pueden generar respuestas a los retos que tiene la actividad ganadera en el país con respecto a la mitigación de emisiones de GEI y a la adaptación al cambio climático. El proyecto demostró que con asistencia técnica y un esquema de Pago por Servicios Ambientales, se genera una mayor adopción de sistemas silvopastoriles, especialmente de aquellos que contribuyen a mejorar los servicios ambientales del ecosistema (captura de carbono, biodiversidad, agua, calidad de suelos) (Banco Mundial, 2008).

Según el Banco Mundial (2008), dicho proyecto impulsó el cambio de uso de la tierra en áreas ganaderas en proceso de degradación, donde las pasturas sin árboles se redujeron en casi 700 ha a lo largo del proyecto, lo que equivale a una disminución de 40% de su área, a favor de los sistemas ganaderos con cobertura arbórea que se incrementaron en 802 ha. A esto se suma el cambio en las cercas vivas que pasaron de 2.1 km a 357 km en la vida del proyecto.

Además, el proyecto demostró una mejora en la captura de carbono incremental y el carbono equivalente gracias al incremento en la cobertura arbórea y la mejora en la cobertura del suelo y las pasturas. Los SSP lograron una cifra de 1,5 toneladas de carbono capturado en cada hectárea del proyecto por cada año. En total, en las áreas del proyecto que implementaron los SSP junto con el esquema de pago por servicios ambientales, se capturaron 19,558 toneladas incrementales de carbono anual. Por otra parte, en el caso del sistema silvopastoril intensivo con *leucaena* (*Leucaena leucocephala*), se calcularon reducciones de 21% en las emisiones de metano y de 36% en las emisiones de óxido nitroso, debido a la mejora en la nutrición del ganado y una reducción en el uso de fertilizantes respectivamente (Banco Mundial, 2008).

### 3.3.6 Sector residuos

El Estado colombiano, con base en la Constitución Política de 1991, la Ley 99 de 1993 y Ley 142 de 1994, definió la política para la gestión integral de residuos con el objetivo de impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos que para el ser humano y el ambiente puedan ocasionar los residuos sólidos y peligrosos y, en especial, minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final (MMA, 1998).

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2000) estableció los parámetros y normas técnicas para la prestación del servicio de aseo, actividades de recolección, diseño, operación y mantenimiento de rellenos sanitarios, además de las consideraciones técnicas y requerimientos que deben cumplir los sistemas de aprovechamiento de residuos como son: reciclaje, compostaje, recolección y uso de metano como parte constitutiva del proceso de Manejo Integral de Residuos Sólidos (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Por su parte, el PND de 2002-2006, estableció el programa de Sostenibilidad Ambiental, con el fin de fomentar el mercado de empresas dedicadas al aprovechamiento de residuos sólidos e impulsó iniciativas sectoriales para el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones y aprovechamiento de metano en rellenos sanitarios.

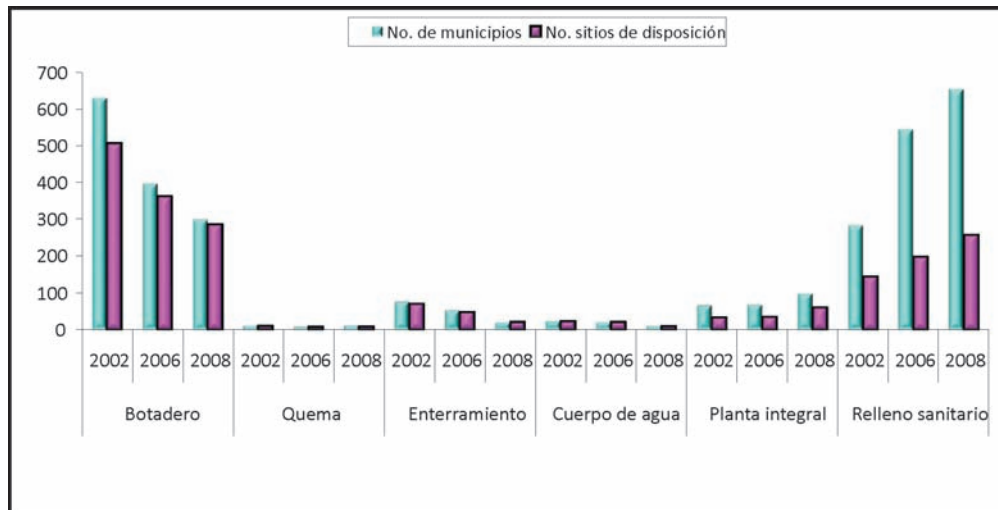
Asimismo, se destaca el avance del MADVT frente al objetivo de gestionar, prestar asistencia técnica e impulsar la formulación y desarrollo de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS); que para el cuatrienio 2002-2006 se cumplió en 532 municipios de Colombia (SUI, 2008).

<sup>38</sup> Este proyecto fue desarrollado simultáneamente en Colombia, Costa Rica y Nicaragua entre los años 2002 y 2008 con el apoyo del GEF-Banco Mundial.

<sup>39</sup> Este proyecto está liderado por FEDEGAN con la participación de CIPAV, el Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez y The Nature Conservancy, con el apoyo del GEF y el Banco Mundial. El proyecto busca contribuir a la conservación de biodiversidad de importancia global en los sistemas de producción ganadera incrementando la conectividad entre ecosistemas y disminuyendo la degradación de tierras en cinco áreas clave del país a través de la adopción de SSP. La conectividad entre ecosistemas incluirá también las zonas protegidas y sus áreas de amortiguación, así como zonas de importancia inmersas en la matriz productiva. El proyecto retoma el mecanismo de Pago por Servicios Ambientales (PSA) para evitar incentivos perversos de deforestación o destrucción de humedales al reconocer los esfuerzos de conservación de estos hábitats mediante un pago de línea de base y durante todos los años del proyecto. Además, en este esquema, los bosques maduros y los humedales privados tendrán mayor valor, desincentivando su conversión a otros usos de suelo. La recuperación, uso y propagación de árboles, arbustos y otras plantas nativas será promovida dentro de los SSP adoptados por los productores mediante un pago adicional por su inclusión a una densidad adecuada dentro de los sistemas productivos.

Con base en los reportes anuales de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), se puede mostrar la evolución en la forma de disposición final de residuos sólidos para el país, periodo 2002-2008. Las estadísticas presentan el número de municipios y sitios existentes según el tipo de disposición de residuos sólidos: botadero, quemas, enterramiento, cuerpo de agua, planta integral y relleno sanitario; véase la Figura 3.7.

Figura 3.7 Evolución de la disposición final de residuos sólidos en Colombia: 2002-2008



Fuente: Adaptado por el autor a partir de los informes anuales de la SSPD (SSPD, 2006, 2007 y 2008).

De la figura anterior (3.7) se destaca que de los 1.085 municipios de Colombia que reportaron información al Sistema Único de Información de Servicios Públicos en el año 2002, 68% disponían sus residuos en 604 sitios inadecuados (botadero a cielo abierto, quemas, enterramiento y cuerpos de agua) y 32% lo realizaban de forma adecuada, en 32 plantas integrales y 143 rellenos sanitarios. Después de entrar en vigencia la Resolución 1390/05 del MAVDT, estas cifras se invirtieron para el año 2008: 31% de municipios disponen sus residuos de forma inapropiada y 69% de forma adecuada, en 59 plantas integrales y 255 rellenos sanitarios.

### 3.3.6.1 Potencial de reducción de emisiones de los rellenos sanitarios en Colombia

El estado de avance de las políticas y la aplicación de la legislación vigente, permite analizar las medidas que directa e indirectamente contribuyen a la mitigación del cambio climático en el sector residuos. Según el cuarto informe de evaluación del IPCC (2007a), se definen como tecnologías de mitigación de corto plazo: el aprovechamiento del gas de vertederos y el gas de compostaje, junto con las iniciativas de reciclaje, reutilización y minimización de desechos.

Dentro de las estrategias tecnológicas planteadas para mejorar la salud y la seguridad pública de las comunidades urbanas y rurales a través de la gestión integral de los residuos sólidos, algunas contribuyen indirectamente a la mitigación del cambio climático; a continuación se mencionan algunas de ellas. Según el reporte de la SSPD para el año 2008, en Colombia se generan 25.079 t/día de residuos sólidos, de los cuales 92,8% (23.283,5 t/día) se disponen en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento, contribuyendo notoriamente con el mejoramiento de los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos, a través de la transformación de los botaderos en rellenos sanitarios.

Si consideramos que este cambio reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que la fracción orgánica se descompone aeróbicamente, es inevitable que las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) aumenten, teniendo en cuenta que el proceso de descomposición se realiza bajo medios anaeróbicos, por lo cual, estas medidas contribuyen a la reducción de emisiones siempre y cuando se implementen tecnologías que permitan recuperar y utilizar el metano generado.

De otro lado, con el apoyo financiero del BID (ETEISA, 2006), se llevó a cabo un estudio a nivel nacional sobre el potencial de recuperación de metano en 20 rellenos sanitarios del país ubicados en los grandes centros urbanos, con el fin de conocer a fondo el potencial de reducción de emisiones de GEI derivado del manejo y disposición de los residuos en el país. Tal estudio incluyó la viabilidad técnica para recuperar el metano generado en estos rellenos sanitarios a partir de instrumentos de mitigación como el MDL.

Los resultados del análisis muestran que de los 20 rellenos sanitarios analizados, existe un potencial de generación de metano de alrededor de 48,8 millones de m<sup>3</sup> para el año base 2006; lo cual obedece a un promedio anual de 2,5

millones y 788,8 millones de m<sup>3</sup> para el año 2021. En el Anexo 3.5 se presentan las cifras compiladas para los rellenos sanitarios estudiados.

El estudio concluye que la magnitud en las reducciones de emisiones que puedan evitarse, dependerá de la facilidad con que los sitios de disposición final puedan mejorar su capacidad de recolección y quema de biogás, lo que a su vez depende de los incentivos existentes en el sector para esta actividad, algunos de los cuales se podrían obtener con los mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

Dicho estudio sirvió como punto de partida de otro tipo de iniciativas, como son los estudios de prefactibilidad dentro del marco de la alianza Metano a los Mercados (M2M). Teniendo en consideración, la magnitud de los residuos manejados y la alta participación de la materia orgánica en la composición de los residuos generados en Colombia, la administración distrital (Bogotá) ha realizado diferentes estudios con el objeto de cuantificar el potencial de generación y aprovechamiento de metano en el relleno sanitario Doña Juana; lo anterior como estrategia de mejoramiento de la calidad de aire, reducción del riesgo de explosión e incendios, eliminación de olores y reducción de emisiones de GEI procedentes de la descomposición de la materia orgánica dispuesta en el mismo.

De acuerdo con los estudios contratados por la administración distrital, el potencial de reducción de emisiones de GEI asciende a 5 Mt de CO<sub>2</sub> eq, para un periodo de 12 años. Igualmente, se identificó como estrategia de aprovechamiento del metano la purificación de éste para abastecer la demanda energética del sector industrial, lo que implica el desplazamiento de combustibles más intensivos en carbono y el fomento de energías renovables en el sector industrial colombiano (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006).

### 3.3.6.2 Plantas de tratamiento de aguas residuales

A pesar de que se estima que la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del país sólo contribuye con 0,39 % de las emisiones totales de GEI del país, es importante evaluar el potencial que tiene el sector para el desarrollo de proyectos elegibles al MDL.

Según el inventario de PTAR realizado por el SINA en el año 2006, hasta ese momento sólo 355 de los 1.098 municipios de Colombia contaban con una PTAR, situación que lleva a que en los municipios restante (743) se generen emisiones de GEI por la degradación de aguas residuales (AR) no tratadas. 24% de las 411 PTAR que existían en el país hasta el 2006 funcionaban adecuadamente, mientras que el porcentaje restante de plantas funcionaba en condiciones regulares o deficientes o inclusive se desconoce el estado del funcionamiento de algunas de ellas.

### 3.3.6.3 Mercado de metano

La alianza Metano a los Mercados (M2M) es una iniciativa de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA) que busca fomentar el desarrollo e implementación de proyectos para reducir y mitigar las emisiones de metano a la atmósfera, fomentar su captura y uso productivo, a la vez que se promueve el desarrollo de mercados alternativos de carbono en las mayores fuentes de generación de metano, tales como rellenos sanitarios, residuos agrícolas, industria oil & gas y explotación de minas de carbón.

El MAVDT firmó en noviembre de 2004 los términos de referencia de la Alianza. Actualmente, la Alianza M2M cuenta con 30 países miembros, después de iniciar con 14 países, y una red (Project Network) de más de 900 miembros alrededor del mundo, tales como instituciones financieras, consultores, proveedores de tecnología, ONG, desarrolladores de proyectos y la industria.

Las actividades de M2M contempladas en cada sector (agricultura, petróleo y gas, rellenos sanitarios y minas de carbón) comprenden la identificación de oportunidades de proyecto, estudios de prefactibilidad y factibilidad, apoyo a la transferencia de tecnología, capacitación y construcción de capacidad, talleres y conferencias, salidas de campo, documentos técnicos e investigación, y demostraciones de tecnologías. Para la realización de dichas actividades, el MAVDT cuenta con la colaboración del Ministerio de Minas, el Ministerio de Agricultura y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Los avances más significativos de las actividades M2M en Colombia por sector han sido los siguientes:

- **Rellenos sanitarios**

La US-EPA ha contribuido con cuatro reportes de evaluación para determinar el potencial de captura y aprovechamiento de biogás generados en los rellenos sanitarios: Loma de los Cocos (Cartagena), Doña Juana (Bogotá), El Navarro (Cali) y La Pradera (Medellín); estos cuatro proyectos fueron presentados en la primera Feria de Metano a los Mercados realizada en Beijing en el año 2007. De estos cuatro proyectos, Doña Juana y la Pradera ya han sido registrados ante la Junta Ejecutiva del MDL y serán presentados como casos exitosos en la segunda Feria de la alianza M2M que se realizará en la India en 2010.

Dos estudios de pre-factibilidad están en la etapa final de su desarrollo para los rellenos sanitarios: El Tejar de Turbo, en Antioquia y Villa Karina de Calarcá, en el Quindío. Además, cuatro nuevos estudios de pre-factibilidad para rellenos de mediana capacidad se encuentran en etapa inicial: El Guacal (Heliconias, Antioquia), Las Margaritas (Santo Tomás, Atlántico), Nuevo Mondoñedo (Bojacá, Cundinamarca) y San Juan del Barro (Florencia, Caquetá). Adicionalmente, se han realizado dos talleres de divulgación y capacitación: en marzo de 2008, referente a las oportunidades de aprovechamiento de biogás en los rellenos sanitarios, y en abril de 2009, dirigido a la operación de rellenos sanitarios y su relación con el potencial de generación de biogás para su posterior aprovechamiento.

- **Petróleo y gas**

En octubre de 2005, se realizó un taller para divulgar las oportunidades de la industria del petróleo y gas para mitigar emisiones de metano. Actualmente, se está llevando a cabo un estudio en seguridad e integración de la red de hidrocarburos.

- **Agricultura**

Se está realizando un estudio para identificar el potencial de reducción de metano y generación de energía a partir del estiércol de ganado y en la industria de procesamiento de alimentos.

- **Minas**

Aunque en Colombia no se han gestionado proyectos en este sector a través de la alianza, ya que en el país está empezando con la identificación de actividades de captura de metano en minas de carbono que podrían ser financiadas por la alianza, esto gracias al trabajo conjunto del MAVDT y MME.

### 3.4 PARTICIPACIÓN COLOMBIANA EN EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO

El MAVDT creó el Grupo de Mitigación de Cambio Climático (GMCC) con el objetivo de promover el desarrollo de proyectos MDL de alta calidad en el país. De esta manera, se consolidó una estructura institucional que ha fortalecido el desarrollo de proyectos de mitigación según los lineamientos del Protocolo de Kioto. Hasta diciembre de 2009, las actividades desarrolladas por el GMCC han permitido la consolidación de un portafolio nacional de 144 proyectos. El potencial anual de reducción de emisiones de GEI del total de los proyectos MDL que hacen parte del portafolio nacional es de aproximadamente 16.402.496 t CO<sub>2</sub> eq, reducciones que podrían generar ingresos potenciales al país de unos USD\$ 152.000.000.

De estos 144 proyectos, 49 cuentan con aprobación nacional por solicitud directa de los proponentes, 20 están registrados ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (lo que posiciona a Colombia en el quinto lugar de Latinoamérica y decimo quinto del mundo en cuanto al número de proyectos registrados, después de países como Israel, Sudáfrica, Argentina, Ecuador, Costa Rica y Panamá), y 6 de ellos cuentan con Certificado de Reducción de Emisiones (CER). Ver Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Portafolio colombiano de proyectos bajo el MDL

Sector	Número de proyectos en portafolio (%)	Potencial anual de reducción de CO <sub>2</sub> eq. (Ton/año)	Ingresos anuales estimados (USD\$)	No. proyectos con aprobación nacional	No. proyectos registrados ante la CMNUCC	Proyectos con CER emitidos (%)
Residuos	25 (17,36%)	2.443.137	23.851.831	12	6	0
Transporte	12 (8,3%)	1.298.616	12.870.412	4	1	1
Forestal	17 (11,8%)	1.936.672	7.441.914	3	0	0
Industrial	45 (31,25%)	8.202.300	82.023.002	16	7	1
Energético	45 (31,25%)	2.521.771	25.217.706	14	6	4
Total	144	16.402.496	151.404.865 *	49	20	6

Fuente: MAVDT, 2009: Cifras actualizadas hasta diciembre de 2009.

La gestión en el desarrollo y promoción de MDL por parte del GMCC ha incluido actividades como la generación de capacidades a partir de la divulgación y promoción de MDL, tanto en el sector privado como con las autoridades ambientales, así como el diseño e implementación de estrategias de mercado orientadas al logro de una mayor participación colombiana en el mercado internacional de certificados de reducción de emisiones. Otras actividades que apuntan a la obtención de resultados, se derivan de la facilitación de contactos de las empresas colombianas con financiadores y desarrolladores de proyectos MDL, participación y promoción de encuentros para el mercado del carbono en los diferentes sectores.



Los proyectos del MDL además de favorecer la mitigación del cambio climático, contribuyen con el desarrollo sostenible del país generando beneficios ambientales, sociales y económicos adicionales para las comunidades locales en las cuales tienen influencia los proyectos.

En Colombia el MDL ha permitido la instalación de 32.7 MW de capacidad adicional de generación eléctrica con fuentes de energía renovables; otros proyectos MDL aprobados entre el 2005 y 2009 que iniciarán operaciones en los próximos años adicionarán alrededor de 284.8 MW con estas fuentes.

Por otro lado, algunos de los proyectos bajo el MDL aprobados hasta febrero de 2010 destinarán entre un 2% y un 25% de los ingresos recibidos por la venta de los CERs que recibirán durante todo el periodo de acreditación, a inversiones en obras sociales o ambientales de alto impacto, los cuales pueden sumar aproximadamente USD \$8,048,000 (Valor estimado tomando como base el valor de venta de 1 CER= USD\$ 10). Se estima además que gracias a la construcción, puesta en marcha y operación de estos proyectos aprobados, se han generado y se generarán alrededor de 15886 empleos directos e indirectos, dándole prioridad al personal proveniente de comunidades locales para generar mayor impacto positivo en la economía de la región.

Con la implementación de proyectos forestales enmarcados en el MDL, con un potencial de reforestación de alrededor de 189.000 ha, se han generado otro tipo de beneficios adicionales que permiten mejorar la calidad de vida comunidades indígenas y campesinas que han podido mejorar sus ingresos al implementar prácticas de agricultura y ganadería sostenible complementarias a las actividades de reforestación, que a su vez fortalece las organizaciones locales y la construcción de capacidad de las mismas. Otros ejemplos del impacto de este tipo de proyectos en la calidad de vida de los ciudadanos son los proyectos MDL asociados a los Sistemas Integrados de Transporte Público – buses rápidos por carriles exclusivos y tipo cable aéreo – para los cuales se planea construir alrededor de 200 kilómetros de nuevas troncales y 8.1 kilómetros de cables aéreos que pueden contribuir al mejoramiento de la movilidad de aproximadamente 2.8 millones de pasajeros día.

### 3.4.1 Instrumentos financieros asociados con la mitigación de cambio climático

En el ámbito de instrumentos financieros que incentiven la adquisición de tecnologías y equipos que contribuyan a las reducciones de emisiones de GEI, el país, bajo la Ley 788 de 2002, modificó el Estatuto Tributario con el objeto de incentivar la compra e implementación de equipos y tecnologías que demuestren un impacto directo en materia de mitigación.

Dentro de los incentivos diseñados se estableció la exención de renta, por 15 años, a la venta de energía producida a partir de fuentes renovables como la eólica, biomasa o residuos agrícolas (Artículo 18). De tal gestión se pueden beneficiar las empresas generadoras, siempre y cuando se obtengan y se vendan certificados de reducción de GEI y se destine 50% de los recursos obtenidos por este concepto a obras de beneficio social. De otro lado, el artículo 95 establece que la importación de maquinaria y equipos destinados a proyectos que generen certificados de reducción de GEI, estará exenta del impuesto al valor agregado del producto y la prestación de servicios (IVA)<sup>40</sup>.

Tales instrumentos han beneficiado la compra de diferentes equipos tales como unidades generadoras de electricidad, y catalizadores para la reducción de N<sub>2</sub>O, entre otros, y han generado ahorros a las empresas que los adquirieron por un total de mil doscientos millones de pesos, por concepto de exención de IVA.

## 3.5 PRIORIDADES DE MITIGACIÓN DE ACUERDO AL INVENTARIO DE GEI

Las cifras del inventario nacional del Gases Efecto Invernadero (GEI) de los años 2000 y 2004, alcanzan 73,6% de las emisiones totales, derivado de los módulos de energía, agricultura y, uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (Uscuss); los módulos de residuos y procesos industriales aportan 26,4% restante. Este patrón de emisiones se presentó de forma similar para los años 1990 y 1994 (Ideam, et al., 2001). En el capítulo correspondiente al inventario de la presente comunicación se realiza un análisis comparativo de los inventarios realizados por Colombia.

Con base en los resultados del inventario, las medidas de mitigación para abordar este comportamiento incluyen entre otros factores: condiciones de competitividad, equidad, desarrollo social y sostenibilidad ambiental del país, en el marco de una evaluación de riesgos derivados del cambio climático. Es decir, se consideran las prioridades nacionales de desarrollo y el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, tal como se ha definido en la CMNUCC. A continuación se presenta un paquete de medidas desde una perspectiva sectorial.

### 3.5.1. Sector pecuario

Esencialmente las prácticas de reducción de emisiones para el sector pecuario se concentran en la ganadería bovina, para lo cual, las alternativas del manejo de la dieta son una de las principales medidas de mitigación del sector para reducir las emisiones debido a la fermentación entérica de los animales.

El mejoramiento de la dieta animal implica un mejoramiento en la calidad de las pasturas, ya que éstas aumentan la productividad animal y optimizan la cantidad de proteína consumida, lo que se refleja en la excreción de nitrógeno y las consecuentes emisiones de  $N_2O$ . De otro lado, la combinación de pasturas mejoradas y la incorporación del componente arbóreo en los modelos de producción pecuaria, pueden aumentar el porcentaje de digestibilidad en el rumen y disminuir la producción de metano. En la práctica, estas actividades deben mejorar la productividad de carne y/o leche, lo cual además de ser beneficioso para el productor, ya que impulsa la competitividad ganadera y se disminuye el periodo de producción, repercutiendo en la edad de sacrificio y en una menor generación de emisiones.

Aunque no existen metodologías aprobadas por la junta ejecutiva del MDL para el desarrollo de proyectos de mitigación asociados con mejoramiento de la dieta de una población bovina que respondan a la disminución de emisiones de metano por fermentación entérica, ésta podría ser una de las líneas de investigación a desarrollar. El propósito es evaluar la efectividad de los diferentes modelos de producción, tomando en cuenta indicadores verificables objetivamente como cantidad de metano emitido por cada litro de leche producido o kg de carne en canal.

### 3.5.2 Sector agrícola y forestal

En el sector agrícola, las medidas prioritarias de mitigación abarcan prioritariamente uso y manejo eficiente de fertilizantes nitrogenados. En el sector forestal, esencialmente se requiere priorizar el manejo de bosques y su rol bajo reducción de emisiones por deforestación y degradación evitada, así como el aumento de biomasa bajo diferentes sistemas productivos.

La reducción del consumo de fertilizantes nitrogenados por hectárea, requiere precisar los niveles de consumo e identificar las épocas de mayor absorción de nitrógeno, evitando pérdidas por lavado y nuevos requerimientos, para disminuir así la dependencia de nitrógeno en la producción agrícola, con las consecuentes emisiones de GEI (Schlesinger, 1999 citado por IPCC, 2007). Entre las prioridades de mitigación del sector, está el cultivo del arroz que representa 27% del área total de los cultivos transitorios del país, y cuyo sistema de producción predominante es intensivo en insumos químicos, mecanización y consumo de agua.

Otras medidas de mitigación se basan en la inoculación de cultivos como la soya<sup>41</sup> con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales poseen la habilidad de formar simbiosis con especies leguminosas, vía nódulos que se forman en la raíz de las plantas. Estos nódulos convierten el nitrógeno ( $N_2$ ) gaseoso a amonio ( $NH_4$ ), permitiendo de esta manera que el nitrógeno quede disponible para que lo asimile la planta (fijación biológica de N). De esta forma, se desplaza el consumo de nitrógeno de fertilizantes sintéticos por biofertilizantes, lo que además de evitar las emisiones de  $N_2O$  vía desnitrificación (UNFCCC, 2008), le permite al productor obtener ahorros significativos. Véase el Cuadro 3.2. El proceso de desnitrificación y el Cuadro 3.3 relacionado con los biofertilizantes.

Cuadro 3.2 El proceso de desnitrificación

En la categoría denominada suelos agrícolas, se involucran procesos relacionados con el aporte de fertilizantes nitrogenados, los que pasan a formar parte del ciclo natural del nitrógeno, a través del proceso de desnitrificación; transformación por medio de la cual algunas bacterias anaeróbicas se ven forzadas a usar el oxígeno del ión nitrato para sus necesidades (reducen el  $N_5O_3$  y  $N_3O_2$ ) y devuelven a la atmósfera el nitrógeno como  $N_2$  y  $N_2O$ . Tal proceso rápido y efectivo, significa emisiones o pérdidas en suelos cultivados (lo cual es indeseable en función de la productividad), del orden de 10 a 20% de todos los nitratos formados o añadidos como fertilizantes, llegando a ser entre 40 y 60% del nitrógeno añadido como nitrato.

Previa a ello, la nitrificación (oxidación) actúa para formar los nitritos y los nitratos a partir del amoníaco con la presencia de oxígeno.

Fuente: Adaptado de Donahue *et. al.*, 1977

Es necesario incorporar a la investigación de biofertilizantes el efecto de los mismos frente a una mayor resistencia y capacidad de adaptación de los cultivos a condiciones más exigentes o factores adversos derivados de un aumento en los valores extremos de temperaturas y condiciones de sequías edafoclimáticas; tal perspectiva deberá ser una alternativa para hacerle frente a la desertificación en zonas deprimidas o afectadas por la pobreza.

41 El cultivo de soya representa alrededor de 1,4% del total de los cultivos transitorios del país.

### Cuadro 3.3 Biofertilizantes y la agricultura

Los microorganismos del suelo son los mejores aliados para lograr un buen crecimiento y nutrición de las plantas, formando una serie de asociaciones simbióticas y no simbióticas para un mejor aprovechamiento de los recursos del suelo. Entre estas asociaciones se encuentran los microorganismos que ayudan con la degradación de la materia orgánica, la fijación del nitrógeno, producción y liberación de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, solubilización de elementos minerales necesarios para la planta y protección frente a fitopatógenos, entre otras ventajas.

De las investigaciones realizadas para reemplazar parte de los fertilizantes nitrogenados, se está implementando el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno, tales como: *Azotobacter* y *Azospirillum*, las que han reducido hasta en 50% el uso de fertilizantes químicos nitrogenados, lo cual representa un ahorro importante para la cadena productiva del arroz.

Asimismo, con el uso de *Azotobacter chroococum*, se reduce el tiempo de germinación de las semillas de algodón, lo que favorece el desarrollo de las plantas debido a la producción de hormonas de crecimiento vegetal, traduciéndose en un aumento de 16% en la productividad del cultivo, con el ahorro en el uso de fertilizantes químicos (Sarmiento, 2006; en la fuente referida).

Cabe destacar que la inoculación de micorrizas no sólo favorece la absorción del fósforo en muchos cultivos sino que, además, mejora la aclimatación (resistencia) de las plantas propagadas en vivero y, posteriormente, trasplantadas a campo, aumentando la tolerancia a condiciones de estrés por nutrientes, especialmente fósforo y nitrógeno, sequías y altas temperaturas, así como a problemas de toxicidad de compuestos de aluminio, manganeso y sales, entre otros.

Fuente: Adaptado de Moreno-Sarmiento *et. al.*, 2007

Con respecto a los proyectos forestales de pequeña escala, se tiene el potencial de abrir las oportunidades para incorporar proyectos liderados por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) en materia de protección de nacimientos y márgenes hídricos, los cuales de manera independiente el país ha desarrollado bajo el componente de conservación, mantenimiento y restauración de ecosistemas forestales, del componente reforestación del SINA II.

### 3.5.3 Sector energía

En términos de eficiencia energética y cambio de combustibles, dentro del sector energía es recomendable priorizar la industria manufacturera<sup>42</sup>. El estudio realizado por Cadena *et al.*, (2008) propone diferentes medidas asociadas con estas actividades; en cuanto a la industria de generación eléctrica las medidas de mitigación deben abordarse para las zonas que hacen parte tanto del Sistema Interconectado Nacional (SIN) como las Zonas No Interconectadas (ZNI).

Bajo tal perspectiva, asegurar la demanda a través del aumento en la capacidad de generación proveniente de las plantas hidráulicas es una de las alternativas; sin embargo, para ello se requiere tener en consideración factores limitantes de tipo técnico e impactos socioeconómicos y ambientales. Tales consideraciones deben tenerse en cuenta para las fuentes renovables (UPME & Ideam, 2005), así como la vulnerabilidad del recurso hídrico bajo escenario de cambio climático. No sobra resaltar la significativa participación hidráulica en

el sector energético colombiano con su consecuente baja emisión de GEI, pero potencialmente dependiente de los efectos adversos derivados de los eventos extremos del cambio climático.

En zonas no interconectadas la generación de energía a partir de fuentes renovables es una alternativa que trasciende la satisfacción de la demanda, ya que puede generar empleo y son una herramienta de desarrollo rural, tal es el caso del los proyectos liderados por el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) para las zonas no interconectadas.

## 3.6 CONCLUSIONES

Con el fin de evaluar los alcances e impactos, así como diagnosticar el estado y limitaciones de las políticas públicas que guardan una relación directa o indirecta con la mitigación, a continuación se presentan las siguientes conclusiones:

- a) Teniendo en cuenta el desarrollo de las acciones de divulgación, tanto nacional como mundial, la percepción y la importancia del deterioro ambiental en los diferentes sectores e instituciones, se puede establecer un avance significativo derivado del impacto de las políticas nacionales del cambio climático que han venido tomando fuerza. No obstante lo anterior, se requiere de un mayor impulso e iniciativas coordinadas entre las instituciones, con el objetivo de valorar y monitorear de manera integral, el efecto de las políticas sobre la solución de los problemas sociales, económicos y ambientales.
- b) Las medidas de mitigación del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, y las propuestas en el Proyecto Visión Colombia II Centenario 2019, proponen medidas para superar las barreras asociadas con el desarrollo de programas de reducción de emisiones. Con tal enfoque, se logra una mayor participación nacional en el mercado de carbono y se consolida una visión compartida con los objetivos de desarrollo sostenible del país.

- c) El principal reto que afrontan los planes y programas descritos se fundamenta en lograr el fortalecimiento de la capacidad institucional y la generación de sinergias con el sector privado para avanzar en la implementación de la política ambiental.
- d) Otro reto importante es la inclusión y armonización de los programas de mitigación con la agenda de trabajo del país en materia de desarrollo sostenible, a través de la plataforma institucional del SINA, exigiendo la articulación y coordinación entre sus entidades. Con este fin, se requiere financiamiento externo a las entidades y esfuerzos presupuestales propios para la inclusión del tema de cambio climático<sup>43</sup> en las herramientas de planeación territorial y en los planes de acción trienal de las CAR<sup>44</sup>.
- e) Las principales estrategias que se han desarrollado en materia de mitigación, responden principalmente a las oportunidades económicas derivadas de los mecanismos de flexibilidad, en el marco del cumplimiento de las metas de reducción de emisiones de los países Anexo I, según el Protocolo de Kioto para su primer período de compromiso, es decir, al desarrollo de proyectos con el MDL.
- f) Algunas de las actividades de reducción de emisiones a nivel nacional, obedecen a un incentivo económico, más que a la génesis misma del problema ambiental que representa el aumento en la concentración de GEI en la atmósfera. No obstante, se vienen realizando acciones que presentan cobeneficios en materia de mitigación de GEI y que van orientadas con el desarrollo del país.
- g) Si bien las emisiones de GEI per cápita de Colombia reflejan una gestión destacada frente a Latinoamérica y el mundo, se deben buscar mecanismos que incentiven y/o faciliten proyectar a largo plazo una producción carbonoeconómica que no afecte negativamente la base natural, en especial sus ecosistemas estratégicos. Existe una gran presión sobre las áreas de reserva forestal donde grandes extensiones se pueden convertir en tierras de pastoreo improductivas por falta de alternativas de utilización sostenibles. Las comunidades que habitan o dependen de dichas tierras, no reciben ninguna opción de vida a cambio de mantener invaluable bienes y servicios para una sociedad que no valora la importancia de reducir emisiones de GEI en sus procesos productivos y sus actividades de consumo.
- h) Colombia hace parte de las naciones tropicales que tienen grandes superficies forestales que sirven actualmente como excelentes reservorios de carbono. A través de una política integrada del cambio climático con la protección y recuperación de áreas con vocación forestal, Colombia puede desempeñar un papel fundamental en el contexto regional. El diseño de esta política de mitigación debe partir de un análisis integrado en función de las poblaciones más vulnerables y en riesgo por la degradación de sus tierras, con la opción de verse efectivamente involucradas en un desarrollo rural sostenible.
- i) Según el inventario, existe un campo de acción importante en Colombia para la implementación de acciones que podrían permitir mitigar simultáneamente los efectos del cambio climático, a la vez que se logra una mayor eficiencia de los sistemas de producción. Ejemplos de tales iniciativas se relacionan con:
- El mejoramiento de la eficiencia energética (mejorando combustibles, ajustando las emisiones industriales, impulsando proyectos de fuentes renovables energéticas, etc.).
  - La conservación y restauración de la base natural que facilita la estabilidad ecológica y ambiental para el suministro de bienes y servicios ambientales (con manejo sostenible de cuencas, programas de conservación de reservas y zonas de protección forestal, impulso a los programas de conservación de áreas protegidas, entre otras).
  - Delimitación de zonas protegidas y determinación clara de formas y métodos en que las industrias extractivas pueden desarrollar sus proyectos sin afectar ecosistemas estratégicos (como páramos, humedales y áreas de disipación de crecientes, zonas de recarga de acuíferos, arrecifes, manglares, entre otros). No obstante, dichas acciones requieren articulación institucional, recursos financieros y tecnológicos adicionales y vinculación permanente de los sectores públicos y privados.

### 3.7 RECOMENDACIONES

Es necesario desarrollar estudios<sup>45</sup> potenciales de mitigación en diferentes sectores que permitan identificar la línea base de emisiones y diferentes opciones de mitigación económica, tecnológica y ambientalmente viables las cuales

43 1) Evaluación de vulnerabilidad a nivel local y formulación participativa de medidas de adaptación. 2) Actividades prioritarias de reducción de emisiones GEI con impactos positivos a nivel socio-económico, biodiversidad, conservación y manejo de recursos naturales, gestión hídrica y forestal.

44 De hecho, según la Procuraduría General de la Nación, la gran mayoría de las autoridades ambientales reportó haber realizado proyectos que tienen impacto directo en el cambio climático, pero no fueron concebidas como respuesta ante el reto que exige a nivel regional esta problemática ambiental. Observándose que, en su mayoría, las necesidades que motivaron esos proyectos no obedecieron a la ejecución propia de un plan que aborde el cambio climático en sus jurisdicciones.

45 Dentro de las principales limitaciones para el desarrollo de este documento, se destacan la ausencia de estudios anteriores a la elaboración de esta Comunicación Nacional que permitieran evaluar técnica y económicamente las diferentes opciones y tecnologías de mitigación a nivel sectorial. Con este tipo de investigaciones se podría generar y reportar información valiosa, en términos cuantitativos, del potencial de reducciones de emisiones por tipo de actividad, así como en materia de costo/efectividad y su relación con la competitividad sectorial.



deben contar con criterios de eficiencia y maximización de beneficios. Para este fin se requiere contar con los recursos financieros que posibiliten estas acciones, recursos de los cuales no dispone el país por lo que se deben desarrollar mecanismos de cofinanciación para su implementación.

De acuerdo con los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de los años 2000 y 2004 y como producto de la consulta de las mesas de trabajo, se deben priorizar los siguientes ejes o áreas de acción:

- a) En relación con la generación de energía, es indispensable prever las afectaciones del recurso hídrico y, por lo tanto, del sector hidroenergético, por los factores del cambio climático y las medidas de adaptación al respecto, para evitar consecuencias en términos de emisiones de GEI por la implementación de fuentes energéticas contaminantes, así como también para evitar graves afectaciones en la disponibilidad de energía (teniendo en cuenta que la matriz energética del país es de carácter hidráulico, con más de 64%).

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante investigar la vulnerabilidad del recurso hídrico y su disponibilidad bajo escenarios de cambio climático, incluyendo un análisis sobre la función de regulación que efectúan las coberturas vegetales naturales en el ciclo hidrológico en las diferentes cuencas abastecedoras de los embalses, permitiendo así validar e incorporar medidas de conservación y restauración de estas coberturas como respuesta ante el cambio climático y al fortalecimiento de la oferta hídrica. Además, es vital la integración de medidas de adaptación priorizando sectores que dependen de esta oferta, tal es el caso del sector energético arriba mencionado, el agrícola, y el de servicios públicos (acueductos). Con respecto a este tipo de medidas, en el capítulo de Vulnerabilidad y Adaptación se ampliará esta información.

- b) Eficiencia energética para el sector manufacturero, cambio de combustibles y generación eléctrica para las Zonas No Interconectadas con energías renovables no convencionales.
- c) Estimación y proyección de las remociones y emisiones procedentes de las actuales áreas reforestadas en el país, incluyendo aquellas de carácter comercial y protectora.
- d) Manejo sostenible de bosques, así como en el aumento de biomasa bajo diferentes sistemas productivos.
- e) Bajo escenarios prospectivos identificar las zonas con mayor tendencia a la deforestación, para evitar la misma y estimar las reservas de carbono para diferentes tipos de bosque, especialmente tropical y alto andino. Esto deberá incluir el impacto socioeconómico al implementar proyectos de deforestación evitada sobre las comunidades rurales y el grado de contribución con la reducción de pobreza, lo cual respondería a las directrices planteadas bajo el plan de acción de Bali (Decisión COP/MOP 3).
- f) Tecnologías de producción, asociadas con el uso eficiente del nitrógeno como fertilizante, con el objeto de reducir las pérdidas de éste y disminuir el uso excesivo de insumos que generan emisiones de  $N_2O$  en el sistema suelo-planta.
- g) Asimismo, investigación sobre el uso de biofertilizantes para contribuir a la reducción de emisiones de  $N_2O$  vía desnitrificación por el empleo de fertilizantes sintéticos y, a la vez, disminuir la vulnerabilidad de las comunidades pobres y/o afectadas por procesos de degradación de tierras o desertificación.
- h) Opciones de manejo de ganadería bovina a nivel de pequeños, medianos y grandes productores, en las cuales se identifiquen tecnologías costo efectivas para mejorar la dieta animal, la productividad y el aumento de la capacidad de carga, con el fin de reducir emisiones de GEI. Dentro de esto, cabe investigar la implementación de sistemas silvopastoriles complementarios ya que los proyectos ejecutados han demostrado resultados exitosos con respecto al tema de mitigación al cambio climático.

Las anteriores áreas de acción se pueden desarrollar dentro de un programa voluntario de mitigación de carácter gremial que contemple el fortalecimiento de la generación de información estadística que permita el cálculo del Inventario de GEI con factores propios para el país para obtener resultados más precisos. Además de la identificación de actividades de reducción de emisiones asociadas con la competitividad, que conlleven al desarrollo de oportunidades de negocio enfocado en el mercado del carbono por reducción de emisiones.

Es prioritario avanzar en acciones de mitigación apoyadas por los agentes económicos y la sociedad en general, que permitan cuantificar los costos de transformación de las tecnologías de producción, de la cultura del consumo y del manejo total del ciclo de vida de los productos. Con tales bases de información, se deberían diseñar medidas de mitigación costoefectivas para los diferentes sectores. Esta recomendación requiere de un análisis previo de las iniciativas voluntarias de reducción de emisiones en el país, que no se encuentren en el marco del Protocolo de Kioto.

Es importante contar con los recursos financieros para realizar un seguimiento del posible aporte al desarrollo sostenible que se obtenga por la implementación de las medidas de mitigación previstas en los diferentes instrumentos de política, lo cual permitirá evaluar objetivamente la real integración y correspondencia mutua entre mitigación y desarrollo en el país. Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que el desarrollo de un proceso de monitoreo requiere del fortalecimiento y desarrollo de las instituciones con la capacidad y la competencia acorde con el sector y procesos productivos involucrados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas Física y Naturales [ACCEFYN]. (2000). Opciones para la reducción de emisiones de GEI para Colombia 1998-2010. Bogotá: Autor. p. 184.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). Plan maestro para el manejo integral de residuos sólidos. Bogotá: Autor. p. 319.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia [ANDI]. (2009). Informe Encuesta de Opinión Industrial Conjunta. Octubre de 2009. Centro de Estudios Económicos.
- Banco Mundial. 2008. Implementation completion report and results for the Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystem Management Project.
- Buitrago, C., Burgos, Moreno, J. & Nieves, H. (2005). Evaluación de los niveles de remoción de dióxido de carbono efectuado por las plantaciones de caucho, *Hevea brasiliensis*. Mull Arg. Trabajo de grado sin publicar para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Distrital FJDC. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá: Autores. p. 151.
- Cadena, A. D. (2008). Colombia: Diagnóstico, perspectivas y lineamientos para definir estrategias posibles ante el cambio climático. (Emgesa, Ed.) Bogotá: Emgesa.
- Cadena, A., Delgado, R., Duque, A., Espinosa, M., Espinosa, M. & Marcucci, A. (2008). Diagnóstico, perspectivas y lineamientos para definir estrategias posibles ante el Cambio Climático. Emgesa, Codensa, Universidad de los Andes. Bogotá: Autores. p. 266.
- Climate Action Network [CAN]. (2007). Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD). p. 12. Recuperado en Julio de 2008, de : [www.climateactionnetwork.org/climate-change-basics/by-meeting/cop-13-bali-december-2007/CANREDDpositionFINAL5Dec.doc/view](http://www.climateactionnetwork.org/climate-change-basics/by-meeting/cop-13-bali-december-2007/CANREDDpositionFINAL5Dec.doc/view)
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC]. (2007). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 13º periodo de sesiones, celebrado en Bali del 3 al 15 de diciembre de 2007. Adición Segunda parte: Medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes en su 13º periodo de sesiones. p. 61.
- Del Valle, J. I., Orrego, S. A., Moreno, F. H. & Black, T. (2003). Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín), Caema. p. 314.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (1991). Programa para la masificación del gas. Documento Conpes 2571. Bogotá: DNP. p. 23.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (1993). Plan de Gas. Documento Conpes 2646. Bogotá: Autor.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (1996). Política de Bosques. Documento Conpes 2834. Bogotá: Autor.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2002). Política para mejorar el servicio de transporte público. (DNP, Ed.) Bogotá: Autor.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2003). Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 Hacia un Estado comunitario. Bogotá: Autor. p. 284

- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2003a). Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático. Documento Conpes 3242. Bogotá: Autor. p. 36.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2005). Política nacional de transporte urbano y masivo-seguimiento. Documento Conpes 3368. Bogotá: Autor. p. 21.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 Estado Comunitario: Desarrollo para todos. Bogotá: Autor. p. 612.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2007a). Visión Colombia II Centenario: 2019. Consolidar una gestión ambiental que promueva el desarrollo sostenible. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá: Autor. p. 140.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2008). Boletín informativo Hoy en planeación. Aprobada estrategia para fortalecer servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá. Junio 23 de 2008.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2009). Programa Visión Colombia 2019. Recuperado en noviembre de 2009, de: <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/PolíticasdeEstado/VisiónColombia2019/tabid/92/Default.aspx>
- Departamento Nacional de Planeación [DNP] y Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. (1998). Plan Estratégico para la Restauración y el Establecimiento de Bosques en Colombia, Plan Verde. Bogotá: Autores.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP] & Ministerio del Medio Ambiente [MMA] (2002). Lineamientos de política de cambio climático. Bogotá: Autores. p. 36.
- Departamento Nacional de Planeación [DNP], Ministerio del Medio Ambiente [MMA], Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Ministerio de Desarrollo. (2000). Plan Nacional de Desarrollo Forestal. Bogotá: Autores. p. 76.
- Donahue, R.L., Miller, R.W. y Shickluma, J.C. (1977). Introducción a los suelos y el crecimiento de las plantas. Prentice Hall International, Madrid, España. p. 130.
- Estudios y Técnicas Especializadas en Ingeniería [ETEISA]. (2006). Construcción de capacidad para conformar un portafolio de proyectos MDL de recuperación de metano en rellenos sanitarios de Colombia. Bogotá: Autor. p. 169.
- Federación Nacional de Ganaderos de Colombia [Fedegan]. (s.f.). Manual práctico del ganadero. Cap. 6. Establecimiento y manejo de praderas. Recuperado en noviembre de 2009, de: [http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG\\_PORTLETS/PUBLICACIONES/MANUALGANADERO/CAP%20TULO%206.PDF](http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG_PORTLETS/PUBLICACIONES/MANUALGANADERO/CAP%20TULO%206.PDF). p. 73 a 108.
- Federación Nacional de Ganaderos de Colombia [Fedegan]. (2006). Plan Estratégico de la Ganadería Colombia. Bogotá: Fedegan. p. 296.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (1997). Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (IPCC). p. 140.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, part 1.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007). Cambio climático 2007: Base de ciencia física. Contribución del Grupo I de trabajo al cuarto informe de evaluación del IPCC. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, KB. Ayeryt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2007a). Fourth Assessment Report, Working Group III. Climate Change Mitigation.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2008). Impacto ambiental y social relacionado con la generación y uso de los biocombustibles en Colombia. Informe final de actividades contrato de prestación de servicios profesionales N° 024/2008. Bogotá: Autor. p. 181.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Ministerio de Medio Ambiente [MMA] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2001). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Inventario Nacional de GEI 1990 y 1994. Trade Link Ltda. Bogotá: Autores. p. 221.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2009). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2000 y 2004. Scripto Ltda. Bogotá: Autores. p. 172. 342.

- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas. [IPSE]. (2005). Plan de acción del IPSE para proyectos piloto de uso racional y eficiente de la energía URE en las ZNI: organización y desarrollo.
- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas. [IPSE]. (2008). Presentación Oficial. Bogotá: IPSE. p. 83.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2003). Atlas de Colombia. (Ilgac, Ed.) Bogotá: IGAC.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2003). Manejo Social del Campo 2002-2006. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2006). Reactivación Agropecuaria y Mayor Bienestar en el Campo 2006 - 2010. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2008). Documentos Internos de trabajo MADR, sin publicar.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2008). Oficina de prensa MAVDT: 5 de septiembre de 2008 y 27 de octubre de 2008. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2009). Página web del Grupo de Mitigación al Cambio Climático del MAVDT. Recuperado en septiembre de 2009, de: <http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=4085&catID=908>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] y Ministerio de Transporte (2003). Estrategia para la implementación del mecanismo de desarrollo limpio en el sector transporte. Bogotá: Autores. p.13.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2005). Áreas indicativas para la implementación de proyectos forestales MDL en Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT] & Ministerio de Transporte. (2007). Agenda Ambiental Interministerial. Bogotá: Autores. p. 7.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico [RAS 2000]. Bogotá: Autor. p. 227.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA]. (1998). Política nacional de residuos sólidos, plan de acción. Bogotá: Autor.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA] & Banco Mundial. (2000). Estudio de Estrategia Nacional para la implementación del MDL en Colombia. Bogotá: Autores. p. 238.
- Ministerio de Minas y Energía [MME]. (2001). Ley 697 de 2001.
- Ministerio de Minas y Energía [MME]. (2003). Decreto 3683 de 2003.
- Ministerio de Minas y Energía [MME]. (2006). Relación de vehículos convertidos a gas natural comprimido vehicular, total país consolidado a 30 de diciembre de 2006.
- Ministerio de Minas y Energía [MME]. (2008). Relación de vehículos convertidos a gas natural comprimido vehicular, total país consolidado a 30 de noviembre de 2008.
- Ministerio de Minas y Energía [MME] & Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2002). Gas Natural Vehicular una Alternativa para la Movilidad Limpia. Bogotá: Autores. p.15.
- Ministerio de Minas y Energía [MME] & Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2006). Plan Energético Nacional 2006-2025. Bogotá: Autores. p. 238.
- Moreno-Sarmiento, N., Moreno-Rodríguez, L. F. & Uribe-Vélez D. (2007). Biofertilizantes para la agricultura en Colombia. Cap. 5. En: Biofertilizantes en Iberoamérica: Una visión técnica, científica y empresarial. Izaquirre-Mayoral, M., Labandera, C. & Sanjuan, C- [Eds]. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Ganadería, agricultura y pesca del Uruguay, Biofag, Cytel, Biocultivos & Lage y Cia. S.A. p. 38-45.
- Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito [ONUCDD] & Acción Social. (2007). Informe ejecutivo sobre el seguimiento a los programas de familias guardabosques y proyectos productivos. Monitoreo, seguimiento y evaluación al desarrollo alternativo en Colombia. Bogotá: Autores. p. 31.
- Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito [ONUCDD] & Acción Social. (2007a). Sembramos y ahora recogemos. Somos familias guardabosques. Bogotá: Autor. p. 280.



- 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, Oxford, UK.
- Sistema de Gestión y Seguimiento a las Metas del Gobierno [SIGOB]. (2008). Recuperado en noviembre de 2008, de: <https://www.sigob.gov.co/pnd/inst.aspx>
- Sistema Único de Información de Servicios Públicos [SUI]. (2008). Programa: Municipios con asistencia técnica para la formulación y desarrollo de los planes de gestión integral de residuos sólidos. Recuperado en octubre de 2008, de: <https://www.sui.gov.co/SUIWeb/logon.jsp>.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2006). *Estudio sectorial aseo 2002- 2005*. Bogotá: SSPD.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2007). *Informe anual de los servicios públicos en Colombia 2006*. Bogotá: SSPD.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [SSPD]. (2008). *Informe anual de los servicios públicos en Colombia 2007*. Bogotá: SSPD.
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2002). *Programa colombiano de normalización, acreditación, certificación y etiquetado de equipos de uso final de energía*. (Documento borrador) Bogotá: UPME.
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2008). *Proyectos de uso racional de energía, presentación oficial*. Subdirección de planeamiento energético. Bogotá: Los autores. p. 60.
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. (2008a). *Plan de expansión de referencia generación - transmisión 2009-2023*. Recuperado en noviembre de 2009, de: [http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Expansion/2009/Plan%20de%20Expansion%202009-2023.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2009/Plan%20de%20Expansion%202009-2023.pdf)
- Unidad de Planeación Minero Energética e Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2005). *Atlas de radiación solar de Colombia*. Bogotá: Autores. p. 175.
- Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] e Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2006). *Atlas de viento y energía eólica de Colombia*. Bogotá: Autores. p. 169.
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (1992). *Texto de la Convención*. UNFCC. p. 33.
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. p. 23.
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC]. (2003). *Reporting on climate change user manual for the guidelines on national communications from non-annex I parties*. p. 31.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. [UNFCCC]. (2005). *Decision 6/CMP.1 Simplified modalities and procedures for small-scale afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol and measures to facilitate their implementation*. p. 13.
- United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre [UNEP - WCMC]. (2007). *Reducing emissions from deforestation: global mechanisms, conservation and livelihoods*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. [UNFCCC]. (2008). *Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories.III.A./Version 01.Sectoral scope:15. EB 39*. p. 10.
- United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC] & Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice [SBSTA]. (2006). *Issues relating to reducing emissions from deforestation in developing countries and recommendations on any further process*. 122 pp. Recuperado en julio de 2008, de: [www.unfccc.int/methods\\_and\\_science/lulucf](http://www.unfccc.int/methods_and_science/lulucf).



# CAPÍTULO CUATRO

## VULNERABILIDAD

---

### AUTORES

**MAURICIO BEDOYA S.,  
HENRY O. BENAVIDES,  
MAURICIO CABRERA L.,  
HELIO CARRILLO P.,  
JORGE LUIS CEBALLOS,  
CLAUDIA CONTRERAS,  
PATRICIA CUERVO C.,  
MARTHA DUARTE O.,  
JENNIFER DORADO,  
CARLOS GÓMEZ,  
OMAR JARAMILLO R.,  
PEDRO SIMÓN LAMPREA Q.,  
GLORIA ESPERANZA LEÓN,  
RICARDO JOSÉ LOZANO P.,  
RUTH MAYORGA,  
GLADYS MORENO,  
SALUA OSORIO,  
JAVIER PAVA,  
ANDREA PIÑEROS,  
FRANKLIN RUIZ M.,  
EDUARDO ANDRÉS TOBÓN Q.**



### Colaboradores

- David A. Riaño, Héctor Herrera, María Victoria Arciniegas, María Zulema Vélez (**Acolgen**)
- Ángela Forero, (**Asociación de Bananeros de Colombia**) • Silvia Calderón (**BID**) • José Ignacio Torres (**CCI**)
  - Camila Romero (**CCO**) • Ángela Andrade P. (**CI**) • Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (**Coralina**) • Miguel Ayarza (**Corpoica**) • Hernando García, Leonardo Moreno (**Dimar**)
  - Roberto C. Angulo S., Francisco A. Espinosa, Juan Fernando Flórez Hernández, Mauricio Santos, Giampiero Renzoni, Ana María Loboguerrero, Daniel Alejandro Ordóñez (**DNP**) • Jaison García (**DNPAD**) • Gustavo Wilches Ch. (**Indep.**) • José Londoño (**EPM**)
  - Néstor M. Riaño (**Fedecafé / Cenicafé**) • Héctor Anzola (**Fedegan**) • Diana Carolina Forero, Laura Mantilla (**Fedepalma**)
  - Joaquín Barrero, Yolanda López (**Fedepapa**) • Carlos Álvarez (**Federación campesina colombiana**) • Lorena Franco V. (**Fundación Natura**)
  - Fernando Castrillón (**Grupo Semillas**) • Tangmar Marmon (**GTZ**) • Brigitte Luis Guillermo Baptiste, Carlos Pedroza, Juliana Edith Rodríguez, Carolina Useche, Eduardo Zea (**IAvH**) • Henry A. Alterio G., Luz Marina Arévalo, Alejandro Ayala, Jorge Luis Ceballos, Claudia Yaneth Contreras, Julián Javier Corrales C., Omar Franco T., Martha García, Olga Cecilia González, Juanita González L., Margarita Gutiérrez A., Luis Alfonso López, Néstor Javier Martínez A., Óscar Martínez, Laura Noriega, Claudia Olarte V., Diana Palacios, Andrea Piñeros, Ernesto Rangel M., Camilo Rodríguez, Lina Lucía Sánchez, Fabio Vladimir Sánchez C., Klaus Schutze P. (**Ideam**) • Carol Ramírez, (**Igac**)
  - Diana Álvarez (**Instituto de Estudios Sociales**) • Instituto Nacional de Salud (**INS**) • Juan Antonio Clavijo D., Teresa Hernández, Carlos Sierra, (**MADR**) • Andrea Albán, Marcela Bonilla, Martha Liliana Cediell, Andrea García, Javier E. Mendoza S., Helmuth Nieves, Lorena Santamaría, (**MAVDT**) • Guillermo A. Acevedo M. (**MinTransportes**) • Nelson García P. (**MinInterior**) • Angélica Echavarría, Luis Obando (**Moderación**), Claudia Capera L., Piedad Martín M. (**Pnud**) • María Fernanda Murcia (**SAC**) • Daniel Fonseca (**Sinchi**)
  - Carolina Figueroa (**UAESPNN**) • Diana Cristina Díaz, Edilberto León P. (**Universidad Jorge Tadeo Lozano**)
  - Elsy Corrales (**Universidad Javeriana**) • Gerardo Montoya G., José Daniel Pabón (**Universidad Nacional de Colombia**)
  - Olga Victoria González G., Héctor H. Herrera F., Beatriz Herrera J., Ricardo Rodríguez Y. (**UPME**)
  - Javier Sabogal, César Suárez (**WWF**) • Diana Vargas.

### Desarrollo Metodológico para Evaluar la Vulnerabilidad

Mauricio Cabrera L., y Pedro Simón Lamprea Q.

### Coordinación y Supervisión

Mauricio Cabrera L.  
Patricia Cuervo C.  
Martha Duarte O.  
Ricardo J. Lozano P.  
Hebert Rivera

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	201
<b>4.1 EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	201
4.1.1 En el mundo .....	202
4.1.2 En Colombia .....	202
<b>4.2 POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA.</b>	202
4.2.1 Escenarios climáticos para Colombia en el periodo 2011 A 2040 .....	207
4.2.2 Escenarios climáticos para Colombia en el periodo 2071 A 2100 .....	207
4.2.3 Comparación de los cambios de precipitación y temperatura entre periodos .....	209
<b>4.3 OTRAS EVIDENCIAS Y TENDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA</b>	212
4.3.1 Evidencia y tendencia de ablación de los glaciares .....	212
4.3.2 Áreas marino costeras frente al cambio climático .....	214
<b>4.4 POSIBLES EFECTOS ADICIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b> .....	216
4.4.1 Sensación térmica .....	216
4.4.2 En la salud humana .....	216
<b>4.5 VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS</b>	219
4.5.1 Fenómeno El Niño – La Niña (ENOS) .....	220
4.5.2 Eventos climáticos extremos de precipitación y temperatura .....	221
4.5.3 Ciclones tropicales en el Caribe .....	222
4.5.4 Incendios de coberturas vegetales .....	224
<b>4.6 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL ...</b>	224
4.6.1 El enfoque y propósito del método .....	224
4.6.2 Marco de referencia .....	225
4.6.3 Estructura general .....	225
4.6.4 Marco metodológico .....	227
4.6.5 Amenaza .....	227
4.6.6 Escenarios climáticos .....	228
4.6.7 Áreas de exposición .....	228
4.6.8 Decisión de la valoración .....	229
4.6.9 Evaluación de la sensibilidad ambiental .....	229
4.6.10 Afectaciones potenciales, impactos o consecuencias .....	234
4.6.11 Capacidad de adaptación al cambio climático .....	237
4.6.12 Criterios, variables e indicadores para evaluar la condición técnica actual de adaptación .....	239
4.6.13 Formas de cuantificar la vulnerabilidad .....	241
4.6.14 Otros factores o criterios para analizar en la capacidad de adaptación .....	242
4.6.15 Medidas de adaptación .....	245
4.6.16 Impactos residuales .....	245
4.6.17 Análisis del riesgo .....	245
<b>4.7 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD .</b>	246
4.7.1 Priorización de las gestiones y optimización del uso del territorio .....	246
4.7.2 Limitaciones de la metodología y formas de interpretación de resultados .....	246
<b>4.8 IMPACTOS POTENCIALES Y VULNERABILIDAD</b> .....	246
4.8.1 Orobioma alto andino .....	247
4.8.2 Bosques naturales y plantados .....	250
4.8.3 Vegetación secundaria, arbustales y herbazales .....	252
4.8.4 Áreas naturales protegidas .....	254



	Página
4.8.5 Coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares .....	258
4.8.6 Áreas agrícolas heterogéneas .....	259
4.8.7 Cultivos semipermanentes y permanentes .....	261
4.8.8 Cultivos anuales y/o transitorios .....	266
4.8.9 Ejercicio indicativo para algunas áreas con cultivos comerciales .....	268
4.8.10 Áreas en pastos .....	272
4.8.11 Resguardos indígenas .....	274
4.8.12 Minifundio campesino .....	276
4.8.13 Cuerpos de aguas continentales naturales .....	278
4.8.14 Aguas continentales artificiales .....	280
4.8.15 En áreas con infraestructura para generación hidroenergética .....	281
4.8.16 Vulnerabilidad del recurso hídrico .....	284
4.8.17 Vulnerabilidad de las zonas marino costeras .....	291
4.8.18 Asentamientos humanos .....	296
<b>4.9 RESULTADOS DE INTEGRAR LA VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA .....</b>	<b>297</b>
4.9.1 Variaciones climáticas de Lang esperadas para el periodo 2011 a 2040 .....	297
4.9.2 Variaciones climáticas de Lang esperadas entre el periodos 2041 a 2070 .....	299
4.9.3 Variaciones climáticas de Lang esperadas entre el periodo 2071 a 2100 .....	300
4.9.4 Variaciones climáticas de Lang esperadas para el periodo 2071 a 2100 frente a 1971 a 2000 .....	302
4.9.5 Variación climática de Lang sobre el total nacional .....	304
<b>4.10 SENSIBILIDAD AMBIENTAL Y RELACIONES CON LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS .....</b>	<b>305</b>
4.10.1 Relaciones entre la sensibilidad ambiental y el índice de Lang .....	305
4.10.2 Coincidencias del ensamble multimodelo de precipitación .....	306
4.10.3 Comparación entre los escenarios de precipitación y la sensibilidad ambiental .....	307
<b>4.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>308</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>313</b>

**CONTENIDO DE TABLAS**

Tabla 4.1 Tendencias de la precipitación en los páramos .....	203
Tabla 4.2 Tendencias de las temperaturas a diferentes pisos térmicos .....	204
Tabla 4.3 Modelos globales y regionales utilizados para la generación de escenarios de cambio climático en Colombia .....	205
Tabla 4.4 Extensiones y proporción de los glaciares tropicales .....	213
Tabla 4.5 Evolución del área glaciar de los nevados existentes en Colombia- 2010 .....	214
Tabla 4.6 Impactos del aumento en el nivel del mar en las zonas costeras y factores asociados .....	216
Tabla 4.7 Índice de confort térmico .....	216
Tabla 4.8 Variables y cambio observados en dengue y malaria .....	218
Tabla 4.9 Consecuencias del Fenómeno El Niño 97-98 .....	218
Tabla 4.10 Clasificación de los rangos de variación de la precipitación con respecto al clima presente .....	228
Tabla 4.11. Clasificación de los rangos de temperatura .....	228
Tabla 4.12. Matriz de Análisis para la Decisión (MAD) del cruce de variables .....	229
Tabla 4.13 Clasificación de la aridez .....	231
Tabla 4.14 Distribución de los niveles de desertificación .....	232
Tabla 4.15 Matriz para calificar el índice Relativo de Afectación (IRA) .....	235
Tabla 4.16 Componentes del índice Sisben III .....	238
Tabla 4.17 Criterios, variables y algunos indicadores para la adaptación planificada (condición técnica) .....	240
Tabla 4.18 Registro de eventos con afectación a los sistemas de acueducto .....	239
Tabla 4.19 Registro histórico de eventos por ente territorial que afectan los sistemas de acueducto .....	290
Tabla 4.20 Escenarios climáticos para el perfil de vulnerabilidad .....	292
Tabla 4.21 Escenarios socioeconómicos .....	292
Tabla 4.22 Perfil de vulnerabilidad del sistema natural .....	292
Tabla 4.23 Población a trasladar y valor en pérdida bajo los distintos escenarios. ....	293
Tabla 4.24 Población afectada con dos niveles de inundación .....	295
Tabla 4.25 Población afectada con dos diferentes niveles de inundación .....	295
Tabla 4.26 Áreas urbanas en proceso de desertificación .....	297
Tabla 4.27 Matriz para reclasificación del índice de Lang .....	298
Tabla 4.28 Comparación de resultados de los escenarios A2 (2071-2100) con el ISA .....	307

**CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura 4.1 Tendencia de la temperatura del aire para el periodo 1971 a 2000 .....	206
Figura 4.2 Tendencia de la precipitación media periodo 1971 a 2000 .....	206
Figura 4.3 Diferencias de temperatura mínima y máxima entre el clima de 2011 a 2040 vs. 1971 a 2000 .....	208
Figura 4.4 Mapa con la diferencia de temperatura media del multimodelo para el periodo 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 .....	209
Figura 4.5 Mapa con el cambio en el porcentaje de precipitación del multimodelo del periodo 2011 a 2040 vs 1971 a 2000 .....	209
Figura 4.6 Diferencias de temperatura mínima (Izq.), y máxima entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 .	210
Figura 4.7 Mapa con la diferencia de temperatura media del multimodelo para periodo 2071 a 2100 vs 1971 a 2000	211
Figura 4.8 Mapa con el cambio en el porcentaje de precipitación del multimodelo del periodo 2071 a 2100 vs 1971 a 2000 .....	211
Figura 4.9 Variación de la precipitación media anual (multimodelo) para diferentes periodos, respecto a 1971 a 2000 .....	212
Figura 4.10 Variación de la precipitación (mm/año) con el multimodelo para los diferentes periodos, respecto a 1971 a 2000 .....	212
Figura 4.11 Variación de la temperatura media anual (multimodelo) para diferentes periodos, respecto a 1971 a 2000 .....	212
Figura 4.12 Evolución del área glaciar de los seis nevados existentes en Colombia .....	214
Figura 4.13 Evolución del índice de confort térmico por periodos .....	217
Figura 4.14 Evolución de los índices de transmisión de malaria en Colombia en el periodo 1959-2005. ....	219
Figura 4.15 Número de reportes hidrometeorológicos registrados entre los años 1950 y 2007 .....	220
Figura 4.16 Ocurrencia de ciclones tropicales y huracanes (1851-2005) en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W) .....	222
Figura 4.17 Ocurrencia de huracanes, según la escala Saffir-Simpson 3, 4 y 5 (1851-2005) en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W) .....	222
Figura 4.18 Serie temporal y tendencia lineal de ciclones tropicales entre 1951 y 2005, en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W) .....	223
Figura 4.19 Serie temporal y tendencia de ciclones tropicales entre 1979 y 2005, en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W) .....	223
Figura 4.20 Serie temporal del índice de temperatura media global océano/tierra y de frecuencia de ciclones tropicales para los periodos 1951-2005 y 1979-2005 en el Mar Caribe, entre 9°N y 18°N, y 54°W a 84°W. ....	223

	Página
Figura 4.21 Metodología general para el análisis de la vulnerabilidad .....	225
Figura 4.22 Estructura metodológica para evaluar la vulnerabilidad .....	227
Figura 4.23 Variables empleadas para obtener el índice de sensibilidad ambiental o biofísica (ISA) .....	230
Figura 4.24 Distribución porcentual de la desertificación en Colombia % 2008. ....	232
Figura 4.25 Mapa degradación de suelos y tierras por desertificación .....	233
Figura 4.26 Mapa con el índice de sensibilidad ambiental .....	426
Figura 4.27 Variación de lluvias según multimodelo (2071-2100) .....	234
Figura 4.28 Mapa con los impactos potenciales .....	234
Figura 4.29 Mapa con el índice relativo de afectación .....	236
Figura 4.30 Mapa de impactos potenciales (ISA/IRA/Escenario multimodelo 2011 a 2040) .....	236
Figura 4.31 Mapa con la capacidad socioeconómica (Sisben) .....	239
Figura 4.32 Mapa con la capacidad de adaptación .....	239
Figura 4.33 Mapa con la vulnerabilidad ambiental del territorio 2011 a 2040 .....	241
Figura 4.34 Mapa con la vulnerabilidad ambiental del territorio 2071 a 2100 .....	241
Figura 4.35 Mapa con la vulnerabilidad conjunta (Ambiental + Poblacional) del territorio 2011 a 2040 .....	242
Figura 4.36 Mapa con la vulnerabilidad conjunta (Ambiental + Poblacional) del territorio 2071 a 2100 .....	242
Figura 4.37 PIB departamental (M\$ año 2000) .....	243
Figura 4.38 NBI departamental 2005 .....	243
Figura 4.39 Mapa de índice de gestión municipal .....	244
Figura 4.40 Mapa Índice de NBI municipal, 2005 .....	244
Figura 4.41 Impacto potencial en el Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 .....	248
Figura 4.42 Impacto potencial en el Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 (%) .....	248
Figura 4.43 Impacto potencial en los ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 .....	248
Figura 4.44 Impacto potencial en los ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 (%) .....	248
Figura 4.45 Vulnerabilidad en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 .....	249
Figura 4.46 Vulnerabilidad en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 (%) .....	249
Figura 4.47 Impactos potenciales en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2071 a 2100 .....	250
Figura 4.48 Impactos potenciales en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2071 a 2100 (%) .....	250
Figura 4.49 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2011 a 2040 .....	250
Figura 4.50 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2011 a 2040 (%) .....	250
Figura 4.51 Vulnerabilidad en bosques naturales y plantados 2011 a 2040 .....	251
Figura 4.52 Vulnerabilidad en bosques naturales y plantados 2011 a 2040 (%) .....	251
Figura 4.53 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2071 a 2100 .....	251
Figura 4.54 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2071 a 2100 (%) .....	251
Figura 4.55 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040 .....	252
Figura 4.56 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040 (%) ..	252
Figura 4.57 Vulnerabilidad estimada en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040 .....	253
Figura 4.58 Vulnerabilidad estimada en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040 (%) .....	253
Figura 4.59 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2071 a 2100 .....	253
Figura 4.60 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2071 a 2100 (%) ..	253
Figura 4.61 Impacto potencial en las áreas nacionales naturales protegidas 2011 a 2040 .....	254
Figura 4.62 Impacto potencial en las áreas nacionales naturales protegidas 2011 a 2040 (%) .....	254
Figura 4.63 Impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin las RFP y RFPP) 2011 a 2040 .....	254
Figura 4.64 Impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin las RFP y RFPP) 2011 a 2040 (%) .....	255
Figura 4.65 Impacto potencial sobre las áreas de RFP y RFPP 2011 a 2040 .....	255
Figura 4.66 Impacto potencial sobre las áreas de RFP y RFPP 2011 a 2040 (%) .....	255
Figura 4.67 Vulnerabilidad en las áreas nacionales naturales protegidas 2011 a 2040 .....	256
Figura 4.68 Vulnerabilidad en las áreas nacionales naturales protegidas 2011 a 2040 (%) .....	256
Figura 4.69 Impacto potencial en las áreas nacionales naturales protegidas 2071 a 2100 .....	256
Figura 4.70 Impacto potencial en las áreas nacionales naturales protegidas 2071 a 2100 (%) .....	256
Figura 4.71 Impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas, sin RFP y RFPP 2071 a 2100 .....	257
Figura 4.72 Mapa con el impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin RFP y RFPP) 2011 a 2040 .....	257
Figura 4.73 Mapa con el impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin RFP y RFPP) 2071 a 2100 .....	257
Figura 4.74 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040 .....	258
Figura 4.75 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040 (%) .....	258
Figura 4.76 Vulnerabilidad en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040 .....	258
Figura 4.77 Vulnerabilidad en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040 (%) .....	258
Figura 4.78 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2071 a 2100 .....	259
Figura 4.79 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2071 a 2100 (%) .....	259
Figura 4.80 Impactos potenciales en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040 .....	260
Figura 4.81 Impacto potencial en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040 (%) .....	260
Figura 4.82 Vulnerabilidad en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040 .....	261

	Página
Figura 4.83 Vulnerabilidad en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040 (%) .....	161
Figura 4.84 Impactos potenciales en áreas agrícolas heterogéneas 2071 a 2100 .....	261
Figura 4.85 Impacto potencial en áreas agrícolas heterogéneas 2071 a 2100 (%) .....	261
Figura 4.86 Impactos potenciales en cultivos semipermanentes y permanentes 2011 a 2040 .....	262
Figura 4.87 Impactos potenciales en cultivos semipermanentes y permanentes 2011 a 2040 (%) .....	262
Figura 4.88 Vulnerabilidad en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2011 a 2040 .....	262
Figura 4.89 Vulnerabilidad en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2011 a 2040 (%) .....	262
Figura 4.90 Impacto potencial en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2071 a 2100 .....	263
Figura 4.91 Impacto potencial en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2071 a 2100 (%) .....	263
Figura 4.92 Impacto potencial en áreas con cultivo de café variedad Caturra, periodos 2011 a 2040 .....	263
Figura 4.93 Impacto potencial en áreas con cultivo de café variedad Caturra, periodos 2011 a 2040 (%) .....	263
Figura 4.94 Impacto potencial en sitios con cultivo de café Caturra, periodo 2011 a 2040 .....	264
Figura 4.95 Impacto potencial en sitios con cultivo de café Caturra, periodo 2011 a 2040 (%) .....	264
Figura 4.96 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Típica periodo: 2011 a 2040 .....	264
Figura 4.97 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Típica periodo: 2011 a 2040 (%) .....	264
Figura 4.98 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Colombia periodo: 2011 a 2040 .....	265
Figura 4.99 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Colombia periodo: 2011 a 2040 (%) .....	265
Figura 4.100 Vulnerabilidad en las áreas de cultivo de café Caturra 2011 a 2040 .....	265
Figura 4.101 Vulnerabilidad en las áreas de cultivo de café Caturra 2011 a 2040 (%) .....	265
Figura 4.102 Impactos potenciales (ha) en el cultivo el cultivo del Café Caturra 2071 a 2100 .....	266
Figura 4.103 Impactos potenciales (%) en el cultivo el cultivo del Café Caturra: 2071 a 2100 .....	266
Figura 4.104 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040 .....	267
Figura 4.105 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040 (%) .....	267
Figura 4.106 Vulnerabilidad en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040 .....	267
Figura 4.107 Vulnerabilidad en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040 (%) .....	267
Figura 4.108 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2071 a 2100 .....	268
Figura 4.109 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2071 a 2100 (%) .....	268
Figura 4.110 Impacto potencial en los cultivos de arroz con riego (ha) 2011 a 2040 .....	268
Figura 4.111 Impacto potencial en áreas de cultivos de arroz con riego (%) 2011 a 2040 .....	268
Figura 4.112 Vulnerabilidad relativa en los cultivos de arroz con riego (ha) 2011 a 2040 .....	269
Figura 4.113 Vulnerabilidad relativa en áreas de cultivos de arroz con riego (%) 2011 a 2040 .....	269
Figura 4.114 Impacto potencial en los cultivos de arroz con riego (ha) 2071 a 2100 .....	269
Figura 4.115 Impacto potencial en los cultivos de arroz con riego (ha) 2071 a 2100 (%) .....	269
Figura 4.116 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (ha) 2011 a 2040 .....	269
Figura 4.117 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (%) 2011 a 2040 .....	269
Figura 4.118 Vulnerabilidad relativa en las áreas de cultivo de palma de aceite (ha) 2011 a 2040 .....	270
Figura 4.119 Vulnerabilidad relativa en las áreas de cultivo de palma de aceite (%) 2011 a 2040 .....	270
Figura 4.120 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (ha) 2071 a 2100 .....	270
Figura 4.121 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (%) 2071 a 2100 .....	270
Figura 4.122 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar 2011 a 2040 .....	271
Figura 4.123 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar (%) 2011 a 2040 .....	271
Figura 4.124 Vulnerabilidad estimada (ha) en las áreas de cultivo de caña de azúcar 2011 a 2040 .....	271
Figura 4.125 Vulnerabilidad estimada (%) en las áreas de cultivo de caña de azúcar 2011 a 2040 .....	271
Figura 4.126 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar 2071 a 2100 .....	272
Figura 4.127 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar (%) 2071 a 2100 .....	272
Figura 4.128 Vulnerabilidad estimada y áreas de cultivo de café 2011 a 2040 .....	272
Figura 4.129 Vulnerabilidad estimada y áreas de cultivo de arroz riego, caña de azúcar y palma de aceite 2011 a 2040 .....	272
Figura 4.130 Impacto potencial en áreas con pasturas 2011 a 2040 .....	273
Figura 4.131 Impacto potencial en áreas con pasturas 2011 a 2040 (%) .....	273
Figura 4.132 Vulnerabilidad en áreas con pasturas 2011 a 2040 .....	273
Figura 4.133 Vulnerabilidad en áreas con pasturas 2011 a 2040 (%) .....	273
Figura 4.134 Impactos potenciales en áreas con pasturas 2071 a 2100 .....	274
Figura 4.135 Impactos potenciales en áreas con pasturas 2071 a 2100 (%) .....	274
Figura 4.136 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040 .....	274
Figura 4.137 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040 (%) .....	274
Figura 4.138 Vulnerabilidad en las áreas de resguardos indígenas (ha) 2011 a 2040 .....	275
Figura 4.139 Vulnerabilidad en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040 (%) .....	275
Figura 4.140 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2071 a 2100 .....	275
Figura 4.141 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2071 a 2100 (%) .....	275
Figura 4.142 Impacto potencial en los minifundios campesinos (ha) 2011 a 2040 .....	276
Figura 4.143 Impacto potencial en los minifundios campesinos (%) 2011 a 2040 .....	276
Figura 4.144 Vulnerabilidad en los minifundios campesinos (ha) 2011 a 2040 .....	277
Figura 4.145 Vulnerabilidad en los minifundios campesinos (%) 2011 a 2040 .....	277
Figura 4.146 Impactos potenciales en los minifundios campesinos 2071 a 2100 .....	277
Figura 4.147 Impactos potenciales en los minifundios campesinos 2071 a 2100 (%) .....	277
Figura 4.148 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040 .....	278
Figura 4.149 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040 (%) .....	278
Figura 4.150 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040 .....	279



	Página
Figura 4.151 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040 (%) .....	279
Figura 4.152 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100 .....	279
Figura 4.153 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100 (%) .....	279
Figura 4.154 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2011 a 2040 .....	280
Figura 4.155 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2011 a 2040 (%) .....	280
Figura 4.156 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100 .....	280
Figura 4.157 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100 (%) .....	280
Figura 4.158 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2071 a 2100 .....	281
Figura 4.159 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2071 a 2100 (%) .....	281
Figura 4.160 Impacto potencial en el número de unidades para generación hidroeléctrica 2011 a 2040 .....	282
Figura 4.161 Impacto potencial en la capacidad de generación hidroeléctrica 2011 a 2040 .....	282
Figura 4.162 Impacto potencial en los nuevos proyectos de generación hidroeléctrica para el periodo 2011 a 2040 .....	282
Figura 4.163 Impacto potencial (Ener-Med.) en los nuevos proyectos de generación hidroeléctrica para el periodo 2011 a 2040 .....	283
Figura 4.164 Impacto potencial en el número de unidades para generación hidroeléctrica 2071 a 2100 .....	283
Figura 4.165 Impacto potencial en la capacidad de generación hidroeléctrica 2071 a 2100 .....	283
Figura 4.166 Alteración de la escorrentía fase Cálida ENSO .....	285
Figura 4.167 Alteración escorrentía fase Fría ENSO .....	285
Figura 4.168 Cambios potenciales en el rendimiento hídrico por zonas hidrológicas 2011 a 2040 .....	286
Figura 4.169 Cambios potenciales en el rendimiento hídrico por zonas hidrológicas 2071 a 2100 .....	286
Figura 4.170 Mapa de áreas inundables de la zonificación de zonas morfogénicas .....	287
Figura 4.171 Mapa de susceptibilidad por remoción en masa .....	287
Figura 4.172 Precipitación y ocurrencia de deslizamientos en departamentos grupo 1 .....	288
Figura 4.173 Número de deslizamientos registrados en los periodos Niño y Niña analizados .....	289
Figura 4.174. Áreas de inundación para las costas Caribe, Pacífica y Caribe insular ante ascenso del nivel del mar de 1 m. ....	291
Figura 4.175 Impacto potencial en áreas urbanas 2011 a 2040 .....	296
Figura 4.176 Impacto potencial en áreas urbanas 2011 a 2040 (%) .....	296
Figura 4.177 Vulnerabilidad en áreas urbanas 2011 a 2040 .....	296
Figura 4.178 Vulnerabilidad en áreas urbanas 2011 a 2040 (%) .....	296
Figura 4.179 Clasificación climática de Lang a partir clima presente (1971 a 2000) .....	298
Figura 4.180 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre el clima presente y el periodo 2011 a 2040 .....	298
Figura 4.181 Variación (ha) por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2011 a 2040) - (1971 a 2000) .....	299
Figura 4.182 Variación (%) por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2011 a 2040) - (1971 a 2000) .....	299
Figura 4.183 Clasificación climática de Lang para el periodo 2011 a 2040 .....	300
Figura 4.184 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre 2011 a 2040 y 2041 a 2070 .....	300
Figura 4.185 Clasificación climática de Lang para el periodo 2041 a 2070 .....	301
Figura 4.186 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre 2041 a 2070 y 2071 a 2100 .....	301
Figura 4.187 Variación por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2041 a 2070) - (1971 a 2000) ..	301
Figura 4.188 Variación (%) por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2041 a 2070) - (1971 a 2000) .....	302
Figura 4.189 Clasificación climática de Lang para el periodo 2071 a 2100 .....	302
Figura 4.190 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre 2041 a 2070 y 2071 a 2100 .....	302
Figura 4.191 Diferencias de la variación de la clasificación climática de Lang entre 2071 a 2100 y 1971 a 2000	303
Figura 4.192 Diferencias (%) de la variación de la clasificación climática de Lang entre el 2071 a 2100 y 1971 a 2000 .....	303
Figura 4.193 Condición de referencia y variación de la clasificación climática de Lang .....	304
Figura 4.194 Variación porcentual de la clasificación climática respecto a los diferentes periodos de análisis .....	304
Figura 4.195 Mapas de frecuencias de la variación de lluvia (80 a 120%) por periodo (2011 a 2040 Izq. y 2071 a 2100 Der.) .....	306
Figura 4.196 Cambio (%) de la precipitación escenario A2 (2071 a 2100) .....	306
Figura 4.197 Mapa del ensamble multimodelo de precipitación (2071 a 2100) .....	308
Figura 4.198 Mapa de sensibilidad ambiental (ISA) .....	308

#### CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 4.1 Escenarios de emisiones del informe especial de IPCC sobre escenarios de emisiones (IE-EE) .....	207
Cuadro 4.2 Resumen de las características líneas argumentales de los cuatro IE-EE .....	208
Cuadro 4.3 La desertificación .....	231
Cuadro 4.4 Proceso de salinización .....	232
Cuadro 4.5 Grados de erosión .....	232
Cuadro 4.6 Definiciones: Capacidad de adaptación .....	237

#### CONTENIDO DE FOTOS

Foto 4.1 Portada capítulo 4. Mujer indígena Nasa, resguardo de Pitayó. Silvia (Cauca). 2008. Mario G. González G. ....	193
--	-----

## INTRODUCCIÓN

Los diferentes procesos relacionados con los eventos derivados del clima son un desafío que superan las disciplinas, sectores y condiciones político-administrativas de cualquier organización, región o interés. Se requiere, por consiguiente, la integración y voluntad para trabajar y compartir información, capacidades, estrategias y recursos para generar sinergias que permitan optimizar el manejo para hacerle frente a problemas identificados y asociados con temas de la mayor relevancia. En términos generales, los temas a destacar son, entre otros: la conservación de los bienes y servicios ambientales, la sostenibilidad de los procesos productivos, la calidad de vida, la seguridad alimentaria, la protección de las poblaciones más vulnerables, que en suma son decisivos para la gestión del riesgo derivado por la variabilidad y el cambio climático.

En efecto, la temática que se presenta en este capítulo se relaciona en líneas generales con los programas que comprenden medidas para facilitar una adecuada adaptación al cambio climático. Por consiguiente, se presenta información y aspectos relevantes para:

- Entender y evaluar la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y la adaptación al mismo.
- Una presentación resumida de los sistemas humanos, los sectores y las áreas o ecosistemas que son más vulnerables.
- Problemas ambientales (p. ej.: erosión, conservación, deforestación, desertificación, servicios ambientales, inundaciones, etc.) y sus relaciones con el clima y las condiciones socioeconómicas.
- Limitaciones de las evaluaciones de vulnerabilidad, respecto a las metodologías, capacidades técnicas, institucionales y financieras.

Lo anterior sin olvidar que la vulnerabilidad de un país frente a las condiciones extremas por factores y elementos del clima está relacionada principalmente con:

- La difusión y comprensión de la información climática, socioeconómica y cultural.
- La capacidad técnica para aplicar instrumentos, estrategias y medidas preventivas.
- La disponibilidad de recursos financieros para aplicar esas medidas.

El contenido del capítulo se orientó a mostrar el análisis realizado sobre diferentes componentes de las evidencias del cambio climático, el cual posteriormente se relaciona con el análisis de la vulnerabilidad de manera individual para ciertos sectores y áreas. Para evaluar la vulnerabilidad, se muestra una metodología que aborda el análisis sistémico y conjunto de la evaluación de la vulnerabilidad para todo el país.

Para la evaluación de la vulnerabilidad con un enfoque nacional, se tomó como referencia el marco esquemático que relaciona causas, impactos y respuestas al cambio climático presentado tanto por el IPCC en el Cuarto Informe de Evaluación (2007), como el modelo conceptual presentado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA<sup>1</sup>, 2008).

Al final, se genera una visión preliminar de la evaluación de la vulnerabilidad, con base en los resultados obtenidos para diferentes sectores y ecosistemas en todo el territorio nacional.

### 4.1 EVIDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Algunos de los aspectos fundamentales para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático se basa en conocer las evidencias del cambio climático junto con los impactos de los escenarios futuros de dicho cambio o variabilidad

1 European Environment Agency.

climática. Al respecto se destacan los análisis relacionados con los eventos derivados de los cambios de precipitación y la temperatura, así como los fenómenos asociados con las amenazas hidrometeorológicas como son los ciclones, deslizamientos, incendios de coberturas vegetales, entre otros.

En el Cuarto Informe de Evaluación (CIE) del panel intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC, 2007) se presentan los efectos del calentamiento global, los cuales traen fenómenos asociados con el ascenso del nivel del mar y cambios en la precipitación que en diversa forma y grado afectarán los ecosistemas y los sistemas socioeconómicos de las diferentes regiones del planeta. Todos los países serán impactados por tales fenómenos y Colombia no es la excepción.

De cara a tales efectos, el Ideam ha venido desarrollando diversas investigaciones para detectar las evidencias del cambio climático en Colombia y para elaborar los escenarios climáticos que con mayor posibilidad se podrían presentar en los próximos decenios. En la actualidad, con base en los estudios adelantados y la participación de diversas entidades y sectores productivos, se dispone del conocimiento sobre el cambio climático en Colombia, el cual se resume a continuación.

#### 4.1.1 En el mundo

El calentamiento del sistema climático es una realidad, evidenciado principalmente en los incrementos en la temperatura promedio global del aire y el océano, en el derretimiento de la nieve glacial y el hielo en los polos y en el aumento en el nivel del mar. Según el Cuarto Informe del IPCC (2007) se tiene las siguientes evidencias al respecto:

- Once de los últimos doce años (1995 a 2006) se encuentran entre los doce años más calurosos en los registros instrumentales de la temperatura superficial mundial (desde 1850). La tendencia lineal de 100 años actualizada (1906 a 2005) de 0,74°C [0,56°C a 0,92°C] es, por lo tanto, mayor que la tendencia correspondiente de 1901 a 2000 de 0,6°C [0,4°C a 0,8°C] presentada en el Tercer Informe de Evaluación (TIE). La tendencia lineal del calentamiento de los últimos 50 años (0,13°C [0,10°C a 0,16°C] por decenio) casi duplica la de los últimos 100 años. Además, los efectos de islas de calor urbanas son reales pero locales, y ejercen una influencia no significativa (menos de 0,006°C por decenio en la tierra y cero en los océanos) en estos valores. Otra señal importante de cambio en el clima global es que el decenio de 1990 ha sido considerado como el periodo más cálido y 1998 el año más caluroso, de acuerdo con los registros instrumentales (1850 a 2005).
- Varios de los incrementos observados en la temperatura promedio global desde la mitad del siglo XX, son debidos muy probablemente, al incremento observado en las concentraciones de los gases de efecto invernadero. La influencia humana ahora se extiende a otros aspectos del clima, como en las temperaturas extremas (máxima y mínima), regímenes de vientos y en el calentamiento mayor en los continentes que sobre el océano.
- Se estima que se podrían presentar aumentos entre 89 y 879 mm, con un valor central de 480 mm, para el periodo 1990 a 2100 (IPCC, 2001). Dentro del documento resumen para responsables de políticas (IPCC, 2007), se enuncia que el nivel medio del mar en el mundo se elevó a un ritmo medio de 1,8 (1,3 a 2,3) mm anuales desde 1961 a 2003. El ritmo fue más acelerado entre 1993-2003, aproximadamente 3.1 mm (2,4 a 3,8) por año.
- Tales aumentos se asocian principalmente en la expansión térmica del océano (con un aporte de 1,6 mm por año) y, en segunda medida, con el derretimiento de capas de hielo y glaciares (con el 0,77 mm por año). El aumento total en el nivel del mar observado en el siglo XX fue de 17 cm.
- La disminución observada de las extensiones de nieve y de hielo concuerda también con el calentamiento. Datos satelitales obtenidos desde 1978, indican que el promedio anual de la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en un 2,7% (entre 2,1 y 3,3%) por decenio, con disminuciones estivales aún más acentuadas, de 7,4% (entre 5,0 y 9,8) por decenio. En promedio, los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios.
- Las observaciones evidencian un aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte aproximadamente desde 1970, con escasa evidencia de aumentos en otras regiones. No se aprecia una tendencia clara del número anual de ciclones tropicales. Es difícil identificar tendencias a más largo plazo de la actividad ciclónica, particularmente antes de 1970.

Otras fuentes internacionales (*Center for Climate System Research at the University of Tokyo, 2005*), estiman ascensos del nivel del mar para el 2100 del orden de 305 mm para escenarios de emisión de 550 ppm y de 381 mm para escenarios de 720 ppm, con incrementos de temperatura de 4,0°C.

## 4.1.2 En Colombia

### 4.1.2.1 Temperatura y precipitación

Para realizar una evaluación complementaria del comportamiento de la lluvia y de la temperatura, el Ideam ha generado indicadores sobre algunas evidencias del cambio climático en Colombia, basados en el análisis de las series históricas de la precipitación acumulada diaria y de los extremos diarios de temperatura (mínima y máxima), utilizando el *Rclimdex*. Dicha herramienta es un programa estadístico desarrollado por el Centro Nacional de Datos Climáticos de la NOAA de los Estados Unidos que calcula índices de extremos climáticos para monitorear y detectar el cambio climático. También se analizaron las series de la temperatura media a través del cálculo de las tendencias.

De tales estudios, realizados en el territorio nacional por el Ideam, se ha identificado un comportamiento uniforme del incremento de la temperatura, mientras que las lluvias muestran disminuciones en unos sitios y aumentos en otros, lo cual está ligado en gran parte a la variabilidad topográfica del país y a la exposición que tienen las diferentes regiones a las corrientes de aire cargadas de humedad.

Según un análisis realizado por el Ideam con alrededor de 600 estaciones para el país, usando la serie comprendida entre 1971 a 2000, se encontró para la lluvia una tendencia lineal negativa, la cual se traduce en una reducción de las precipitaciones en amplios sectores de la zona Andina, sur de la región Pacífica y Piedemonte Llanero de la Orinoquia. Asimismo, se obtuvo una tendencia lineal positiva que se refleja en el incremento de las precipitaciones de la Zona Caribe, resto de la zona Pacífica y la Amazonia Colombiana (Ideam-Ruiz, 2009).

Al examinar la información del indicador Prctot (precipitación total anual), generado por dicho programa, se encontró que en las estaciones de páramo (entre los 3000 y 4200 m) y cercanas a este piso térmico, hay una tendencia hacia la disminución de las precipitaciones anuales (Ideam-Benavides, 2009), véase la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Tendencias de la precipitación en los páramos

Piso Térmico Páramo		
Nombre Estación	Elevación	Tendencia (mm/año)
Las Brisas (Villamaría, Caldas)	4.141	-2,8
Sierra Nevada El Cocuy (Guicán, Boyacá)	3.716	-13,6
El Cardón (Socotá, Boyacá)	3.590	-10,6
El Paraíso (Túquerres, Nariño)	3.120	-0,6
Cusagui (La Uvita, Boyacá)	2.950	-3,9
Granja San Jorge (Soacha, Cundinamarca)	2.900	-1,5

Fuente: Ideam-Benavides, 2009

En los páramos también se encontró una tendencia a la disminución de eventos extremos de lluvia (asociados con aguaceros), contrario con lo evidenciado en los otros pisos térmicos, en donde, sin importar si la precipitación total anual disminuye o aumenta, en la mayoría de las estaciones de los pisos térmicos cálido (0 a 1.000 msnm), templado (1.001 a 2.000 m) y frío (2.001 a 3.000 m), se encontró una tendencia al aumento de las precipitaciones con alta intensidad (Ideam-Benavides *et al.*, 2007). Esto se encuentra acorde con lo publicado en el Cuarto Informe de IPCC (2007), que concluye que los eventos extremos de lluvias están aumentando.

Al analizar las tendencias de las series históricas de la temperatura máxima, media y mínima del día, registradas desde mediados de la década de los setenta en algunas estaciones de diferentes pisos térmicos, no se observa una clara relación entre la altura y el aumento de las temperaturas (tendencia positiva), a pesar de que se presentan incrementos considerables en las estaciones de piso térmico frío y páramo.

En las estaciones de páramo alto, se presentan fuertes incrementos en la temperatura máxima (asociada con el día), cercanos a un grado Celsius por década, mientras que, en las zonas de subpáramo y bosque Alto Andino, los incrementos están entre 0,3°C y 0,6 °C por década. Estos incrementos tan altos en estas zonas, pueden estar asociados con el aire más limpio y con la delgada la capa atmosférica que deben recorrer los rayos solares (especialmente la radiación UV que tiene un alto contenido energético). En la temperatura mínima (asociada con las horas de la noche y la madrugada), los incrementos en las estaciones de páramo son muy bajos. Incluso, cabe resaltar el hecho de que en las estaciones El Cocuy, El Cardón, El Paraíso y El Túnel se presentan leves tendencias negativas (disminuciones), tal como se muestra en la Tabla 4.2.

Adicionalmente, se logró establecer que en las estaciones de clima frío, templado y cálido, se presenta un mayor incremento en la temperatura mínima (noche) que en la temperatura máxima (día), excepto en las estaciones de clima cálido cercanas al mar, en donde, gracias a que el océano actúa como un agente amortiguador de la temperatura en la noche, los mayores incrementos se dan en la temperatura máxima.



Tabla 4.2 Tendencias de las temperaturas a diferentes pisos térmicos

Nombre Estación	Elevación	Tendencia en °C/10 años		
		Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima
<b>PISO TÉRMICO PÁRAMO ALTO (entre 3701 y 4200 metros)</b>				
Las Brisas (Villamaría, Caldas)	4141	(+) 1,17	(+) 0,29	(+) 0,24
Sierra Nevada El Cocuy (Guicán, Boyacá)	3716	(+) 0,97	(+) 0,52	(-) 0,36
<b>PISO TÉRMICO PÁRAMO BAJO (entre 3001 y 3700 metros)</b>				
El Cardón (Socotá, Boyacá)	3590	(+) 0,40	(+) 0,20	(-) 0,23
Berlín (Tona, Santander)	3214	(+) 0,37	(+) 0,07	(+) 0,04
El Paraiso (Túquerres, Nariño)	3120	(+) 0,54	(+) 0,05	(-) 0,04
El Túnel (Cuitiva, Boyacá)	3002	(+) 0,46	(+) 0,28	(-) 0,06
Cusagui (La Uvita, Boyacá)	2950	(+) 0,36	(+) 0,12	(+) 0,06
<b>PISO TÉRMICO FRIO (entre 2001 y 3000 metros)</b>				
Aeropuerto Eldorado, Bogotá	2547	(+) 0,12	(+) 0,12	(+) 0,42
Tibaitatá, Cundinamarca	2543	(+) 0,30	(+) 0,35	(+) 0,34
<b>PISO TÉRMICO TEMPLADO (entre 1001 y 2000 metros)</b>				
Aeropuerto Antonio Nariño, Pasto	1796	(-) 0,04	(-) 0,07	(-) 0,01
Aeropuerto Olaya Herrera, Medellín	1490	(+) 0,04	(+) 0,33	(+) 0,38
Aeropuerto El Edén, Armenia	1204	(-) 0,06	(-) 0,11	(+) 0,07
<b>PISO TÉRMICO CALIDO (entre 0 y 1000 metros)</b>				
Aeropuerto Sesquicentena, San Andrés	1	(+) 0,38	(+) 0,095	(-) 0,07
Aeropuerto Simón Bolívar, Santa Marta	4	(+) 0,41	(+) 0,14	(+) 0,23
Aeropuerto El Caraño, Quibdó	53	(+) 0,099	(+) 0,12	(+) 0,16
Aeropuerto Vásquez Cobo, Leticia	84	(+) 0,16	(+) 0,22	(+) 0,26

Fuente: Ideam-Benavides, 2009

Respecto al análisis de la temperatura media, se observa que los incrementos más altos se presentan en el páramo alto (franja del Orobioma Alto Andino). Finalmente, al promediar las tendencias de la temperatura media para todas las estaciones analizadas, en los diferentes pisos térmicos, se obtiene una tasa lineal de calentamiento promedio que se han venido presentando es de 0,17 °C por década. De acuerdo con el Cuarto Informe del IPCC, la tasa lineal de calentamiento promedio de los últimos 50 años, a nivel global, es de 0,13°C por década (Ideam-Benavides, 2009). Más adelante se presentan los análisis con los escenarios futuros, donde se ha encontrado incrementos o tasas mayores.

Es de resaltar que los ecosistemas de bosque del Orobioma Alto Andino, valorados por su importancia en la regulación del recurso hídrico, sean altamente vulnerables y afronten serias repercusiones de continuar con las tendencias halladas. También es de esperarse cambios en los regímenes del ciclo hidrológico, como aumentos en el número de tormentas más intensas y periodos de sequía más extremos y prolongados. Esta situación repercutirá en el comportamiento hidrológico de las cuencas, lo cual podría condicionar los usos y actividades desarrolladas por los sistemas productivos que reciben los diferentes bienes y servicios ambientales.

#### 4.1.2.2 Evidencias con el uso de modelos de alta resolución

Con base en los estudios realizados por el Ideam-Ruiz (2010), mediante el análisis comparativo de la evidencia de cambio climático entre las observaciones y los resultados de los modelos regionales, se pudo verificar los beneficios de los modelos *Precis* (*Providing Regional Climates for Impacts Studies*, del Reino Unido) y *GSM-MRI* (*Global Spectral Model - Meteorological Research Institute* del Japón) en la representación de la evolución temporal de los patrones meteorológicos locales.

A continuación se presenta una reseña donde se muestran los resultados principales de los cambios y tendencias de la precipitación y temperatura para diferentes periodos (entre el 2011 y 2100), tomando como referencia el periodo 1971 a 2000, denominado como normal climatológica<sup>2</sup>, con base en las observaciones del Ideam (más de 3.840 estaciones de precipitación, 680 temperatura y 610 de humedad relativa), y la aplicación de las metodologías sugeridas por Jones *et al.*, (2004). Para generar los escenarios de cambio climático se utilizaron tres modelos regionales (el modelo global de alta resolución del Japón GSM-MRI con resolución horizontal de 20 km \* 20 km; *Precis* de Reino Unido con resolución horizontal de 25 km \* 25 km y el modelo WRF con el cual se generaron resultados a 4 km \* 4 km para la región Andina). El clima presente en alta resolución fue obtenido con las condiciones iniciales que suministró el Reanálisis<sup>3</sup> ERA40; mientras con el periodo de referencia 1979-1998, se adelantó el análisis entre las observaciones del Ideam y el modelo global de alta resolución desarrollado en el Japón.

<sup>2</sup> La normal climatológica o línea base climatológica es la información (promedios multianuales, amplitud, valores máximo y mínimo, varianza) de las variables climatológicas para el periodo que se tomará como referencia. Este es el periodo que representaría el clima presente. Sobre éste se cuantifican los cambios al compararlo con las variables en otro periodo.

<sup>3</sup> ERA-40 (del ECMWF: Centro Europeo de Predicción a Mediano Plazo, por sus siglas en inglés. Utilizado para el Reanálisis).

- Evidencias y tendencias con el ensamble multimodelo

Si bien todos los escenarios deben ser considerados posibles, pues por ahora no se cuenta con los medios para determinar sus probabilidades a través de método formal, para efecto de tener una idea del cambio climático se determinaron tres normales climatológicas considerando los promedios de los escenarios analizados: 2011 a 2040, 2041 a 2070 y 2071 a 2100, usando los resultados arrojados por el modelo *Precis*. Para el último periodo se incluyó dentro del promedio el resultado del escenario A1B sin sulfatos, simulado por el modelo global de alta resolución japonés para la serie de tiempo 2080-2099, basado en el hecho de que con las corridas de 20-30 años, los modelos pueden capturar el 75% de la varianza de la señal producida por las observaciones (Huntingford *et al.*, 2004).

El análisis para el caso de CCSM-WRF (*Community Climate System Model - Weather Research and Forecast* de los Estados Unidos); se considera por separado debido a que el método de la corrida no se realizó para series largas de tiempo sino para cada 10 años, debido a su consumo de proceso y almacenamiento, pero sus resultados sirvieron para tener un enfoque comparativo del cambio climático simulado con *Precis* y GSM-MRI. Los modelos globales y regionales utilizados para la generación de escenarios se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Modelos globales y regionales utilizados para la generación de escenarios de cambio climático en Colombia

Condiciones iniciales Modelos de Baja Resolución	Modelo para Downscaling Dinámico	Resolución (km)	Escenario	Periodo Analizado
<b>Clima Presente</b>				
ERA40 (UK)	Precis (UK)	25*25	Clima presente	1971 a 2000
CCM3 (USA)	GSM-MRI (Japón)	20*20	Clima presente	1979 a 1998
CAM (USA)	WRF	4*4	Año de referencia	1990
<b>Clima Futuro</b>				
HadAM3P (UK)	Precis (UK)	25*25	A2	2011 a 2100
HadAM3P (UK)	Precis (UK)	25*25	B2	2011 a 2100
ECHAM4 (Alemania)	Precis (UK)	25*25	A2 (Sulfato: S)	2071 a 2100
ECHAM4 (Alemania)	Precis (UK)	25*25	B2 (Sulfato)	2071 a 2100
HadAM3Q (UK)	Precis (UK)	25*25	A1B (S)	2071 a 2100
CAM (USA)	WFR (Andina) - USA	4*4	A2	C/10 años: 2020 a 2100
CCM3 (USA)	GSM-MRI (Japón)	20*20	A1B	2080 a 2090

Fuente: Ideam-Ruiz, 2010

Con el fin de reducir la incertidumbre<sup>4</sup> del clima futuro (2011-2100) para la temperatura y la precipitación en Colombia<sup>5</sup>, se corrieron varios escenarios con diferentes modelos y condiciones iniciales. En particular, para el periodo 2011-2040, se obtuvieron salidas para los escenarios de emisión A2 y B2 sin sulfatos, junto con el escenario A1B(S) con sulfatos, mientras que para 2071-2100, además de los mencionados, se tienen resultados de los escenarios A2 y B2 con sulfatos.

- Posibles cambios de precipitación, temperatura y humedad relativa

Con base en los resultados de la corrida de los modelos de alta resolución elaborado por el Ideam-Ruiz (2010) en términos generales se tiene que, en promedio, la temperatura media aumentaría 1,4°C para el periodo 2011-2040; 2,4°C para el lapso de 2041-2070 y 3,2°C para el periodo comprendido entre los años 2071 a 2100.

Con respecto a los cambios observados se destaca lo siguiente:

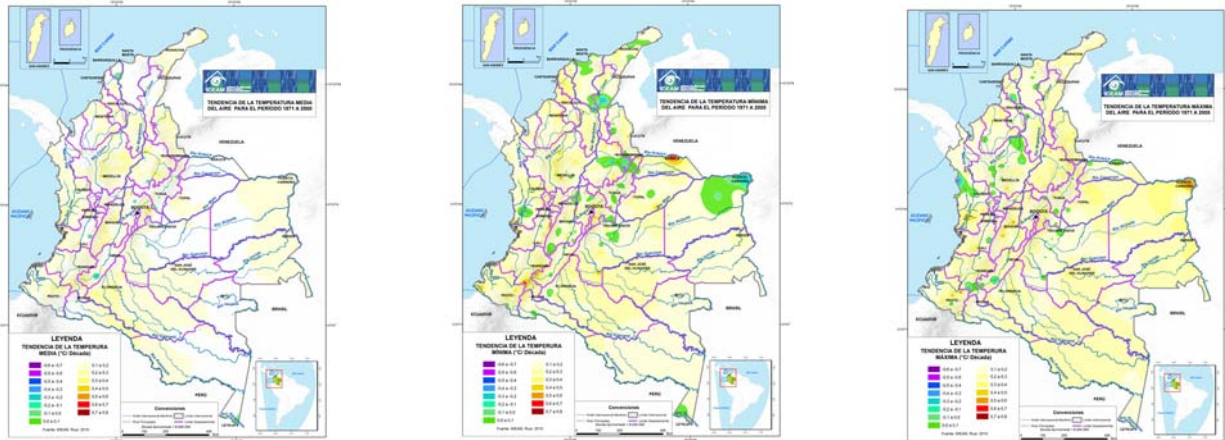
En el caso de las temperaturas máximas, la media observada para el territorio nacional alcanzó una tasa de cambio de 0,11 °C/década, mientras que el modelo ERA40 arrojó 0,16°C/década.

Para la temperatura media mínima tanto las observaciones como el modelo ERA40 presentaron una tasa promedio de aumento para el país de 0,10°C/década. Con el modelo japonés no se encontraron mayores cambios para estos valores extremos. Los resultados gráficos se muestran en la Figura 4.1.

4 No existe, por ahora, claridad respecto a cuál escenario tiene mayor certidumbre de la forma cómo evolucionará nuestro desarrollo socioeconómico (Morita *et al.*, 2001), razón por la cual el IPCC ha generado varios escenarios de emisión de GEI.

5 El estudio incluyó humedad relativa.

Figura 4.1 Tendencia de la temperatura del aire para el periodo 1971 a 2000



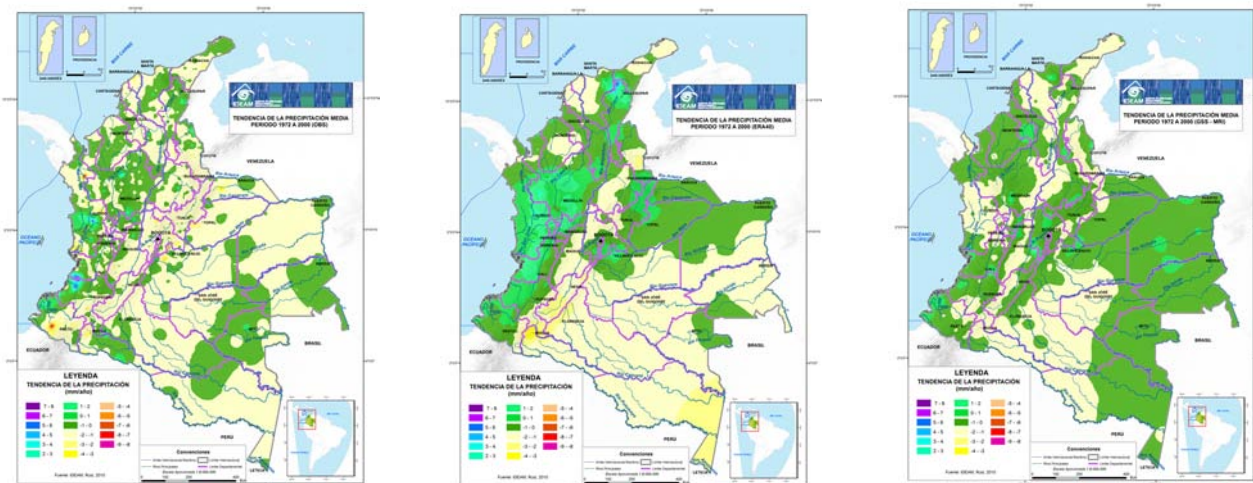
Fuente: Ideam – Ruiz, 2010

Los departamentos en los que se están presentando los mayores aumentos de temperatura (en el periodo de referencia) son: Córdoba, Valle del Cauca, Sucre, Antioquia, La Guajira, Bolívar, Chocó, Santander, Norte de Santander, Cauca, San Andrés, Tolima y Caquetá; indicando de alguna manera que son lugares que han sentido mayormente el calentamiento sobre el territorio nacional.

En resumen, a través de diferentes estudios realizados por el Ideam, se encontró en los análisis una tendencia lineal en la temperatura media del aire, la cual está aumentando a una tasa de cambio promedio para el país de 0,13 °C/década; valores que son consistentes con los obtenidos con el modelo ERA40 (*Precis*), con el cual se obtuvo un valor similar de 0,12 °C/década; mientras que el modelo MRI arrojó un resultado de 0,32°C/década para la serie 1978-1998. Esto explica, además, que los resultados finales son sensibles al periodo de referencia que se tome.

Teniendo en cuenta los resultados de los modelos ERA40 y GSM-MRI, se localizaron aumentos de precipitación en algunos sectores de las regiones Caribe, y Andina, particularmente hacia Antioquia, Valle del Cauca y Eje Cafetero, mientras que se observan reducciones en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila. El modelo GSM-MRI también consideró aumentos de lluvia en una amplia porción de la Amazonia como lo hicieron las observaciones.

Figura 4.2 Tendencia de la precipitación media periodo 1971 a 2000



Fuente: Ideam – Ruiz, 2010

Las tendencias para el periodo 1971-2000 de la precipitación total anual, han mostrado disminución en unos sectores y aumentos en otros. En particular, las disminuciones más significativas en la lluvia total anual se registraron en los departamentos de Atlántico, Arauca, Guaviare, Boyacá y Cundinamarca; mientras que las mayores tasas de aumento se registraron a nivel regional en áreas de Quindío, San Andrés, Cesar, Cauca, Vaupés, Guainía, Antioquia, Chocó y Caldas.

En el caso de la humedad relativa, las observaciones realizadas por el Ideam mostraron en promedio para Colombia una tasa de cambio de  $\pm 0,1\%/año$  ( $\pm 1\%/década$ ); en cambio, los modelos ERA40 y GSM-MRI no presentaron cambios representativos al menos en la primera décima de humedad relativa ( $\pm 0,0 \%/año$ ).



Con referencia a los posibles cambios que se presentarían para el futuro en la humedad relativa, se encontró un comportamiento similar al obtenido con la temperatura. Los promedios arrojados por el ensamble multimodelo para la humedad relativa, muestran que la señal de cambio climático es mayor hacia finales de siglo XXI (2071-2100). Las disminuciones más significativas de esta variable meteorológica, de acuerdo con los modelos, se obtuvieron en Tolima, Quindío y Huila a lo largo del siglo XXI; no obstante, la pérdida de humedad más significativa, se calculó para el periodo 2071-2100, en especial para sectores de los departamentos de Tolima, Norte de Santander, Huila, Quindío, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Sucre, Bolívar, Santander, Nariño, La Guajira y Risaralda. La humedad relativa no ha presentado cambios significativos para el periodo 1971 a 2000, es decir, sus valores han permanecido estables.

## 4.2 POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

Las actuales evidencias de incremento de la temperatura media global y de sus efectos asociados con otras variables climáticas, hacen necesario preparar y explorar vías para una adaptación a los cambios; para ello, se requieren proyectar las posibles condiciones futuras y evaluar los impactos potenciales asociados con el calentamiento global. Sin embargo, proyectar en el futuro las variables climáticas no es tarea fácil, debido al grado elevado de incertidumbre asociada con los diferentes factores, tanto físicos como socioeconómicos, que pueden estar generando el calentamiento global.

Para generar escenarios del clima futuro, el IPCC considera modelos integrados que contemplen tanto la generación futura de gases de efecto invernadero producto del desarrollo socioeconómico global, como la respuesta del clima del planeta al forzamiento radiativo resultante (ver Cuadro 4.1). El IPCC ha proyectado diversos escenarios de emisiones y concentraciones de gases de efecto invernadero para estimar los cambios en el clima del planeta, para ello utiliza diferentes hipótesis sobre el desarrollo socioeconómico del planeta. De manera resumida, los escenarios de emisiones se muestran en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Escenarios de emisiones del informe especial de IPCC sobre escenarios de emisiones (IE-EE)

Los escenarios son descripciones plausibles, sin atribución de probabilidades de posibles estados futuros del mundo.

Las líneas argumentales son narraciones cualitativas de un escenario (o familia de escenarios) que exponen sus principales características, las relaciones entre las principales fuerzas dinamizantes y la dinámica de su evolución.

El informe Especial del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IE-EE), publicado en el año 2000, describe escenarios de emisiones futuras de GEI acompañados por líneas argumentales de desarrollo económico, social y tecnológico que se pueden utilizar en los estudios de los impactos del cambio climático, la adaptación y la vulnerabilidad (CCIAV). Aunque pueden existir problemas metodológicos al aplicar tales escenarios (p. ej.: al reducir las escalas de las proyecciones de la población y el PIB de los cuatro IE-EE de las regiones más grandes del mundo a escalas nacionales o entre naciones), estos, no obstante, suministran un cálculo congruente del desarrollo socioeconómico, de las emisiones de GEI y del clima.

Es decir, mientras que el objetivo de la investigación científica es reducir la incertidumbre, el objetivo de la toma de decisiones es tratar la incertidumbre mediante el mejor uso del conocimiento disponible, razón por la cual la gestión de riesgos se diseñó para toma de decisiones ante la incertidumbre.

Fuente: Adaptado de: IPCC, 2007a. p. 32 y 33.

Teniendo en cuenta lo expuesto en el Cuadro 4.2, en donde se presentan las características argumentales para los escenarios de emisiones definidos por el IPCC, el escenario A2, supone un mundo heterogéneo con aumento continuo de la población mundial y un crecimiento económico orientado regionalmente y más fragmentado, mientras que el escenario B2, supone un mundo en el cual hay un énfasis a soluciones locales para la sostenibilidad económica, social y ambiental, con crecimiento continuo de la población (inferior a A2) y desarrollo económico intermedio.

El escenario B2, por ser un escenario “más optimista” que el A2, muestra las variaciones climáticas menos intensas. Sin embargo, la distribución del comportamiento de la lluvia y la temperatura muestran tendencias similares para los dos modelos.

En el glosario se incluyen explicaciones adicionales respecto a los escenarios y modelos, los cuales permiten relacionarlos con otros temas.

### 4.2.1 Escenarios climáticos para Colombia en el periodo 2011 a 2040

Si bien se mostraron las evidencias y tendencias del cambio climático observadas, a continuación se muestran las condiciones y características más sobresalientes de los escenarios esperados, con base en los resultados de los modelos corridos por el Ideam-Ruiz (2010) para el periodo 2011 a 2040.



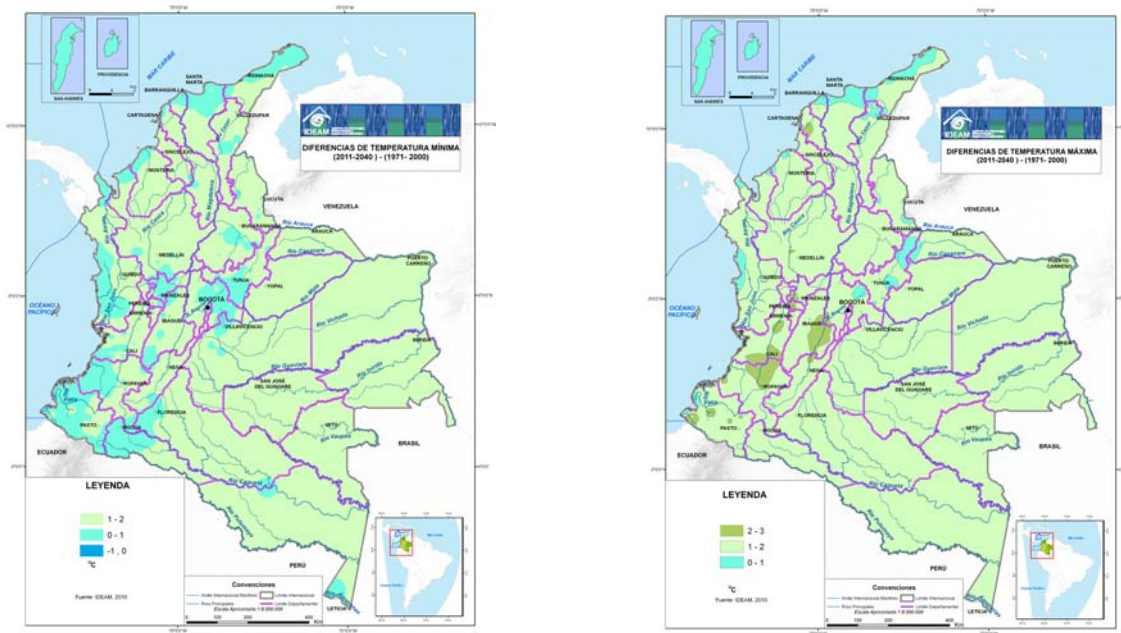
Cuadro 4.2 Resumen de las características líneas argumentales de los cuatro IE-EE	
Integración mundial →	<p style="text-align: center;">Énfasis económico →</p> <p><b>Línea argumental A1.</b>  <i>Mundo:</i> orientado hacia el mercado.  <i>Economía:</i> crecimiento per cápita acelerado.  <i>Población:</i> nivel máximo en 2050, después declive.  <i>Gobierno:</i> Interacciones regionales fuertes; convergencia de ingresos.  <i>Tecnología:</i> tres grupos de escenarios: A1FI: fósil intensivo. A1T: fuentes de energía no fósiles. A1B: equilibrado en todas las fuentes.</p>
	<p><b>Línea argumental A2.</b>  <i>Mundo:</i> diferenciado.  <i>Economía:</i> orientada hacia las regiones; crecimiento per cápita lento.  <i>Población:</i> aumento continuo.  <i>Gobierno:</i> autoconfianza en la conservación de la identidad local.  <i>Tecnología:</i> desarrollo más lento y fragmentado.</p>
	← Énfasis medioambiental
	<p><b>Línea argumental B1.</b>  <i>Mundo:</i> convergente.  <i>Economía:</i> basada en los servicios y la información, crecimiento menor que el A1.  <i>Gobierno:</i> soluciones mundiales al desarrollo económico sostenible, desarrollo social y del ambiente.  <i>Tecnología:</i> desarrollo más lento y fragmentado.</p>
	<p><b>Línea argumental B2.</b>  <i>Mundo:</i> soluciones locales.  <i>Economía:</i> crecimiento intermedio.  <i>Población:</i> crecimiento continuo a una tasa más baja que el A2.  <i>Gobierno:</i> soluciones locales y regionales a la protección del entorno y la equidad social.  <i>Tecnología:</i> más rápida que A2; más lenta y más diversa que A1/B1.</p>
	← Énfasis medioambiental
	← Énfasis regional →

Fuente: IPCC, 2007<sup>a</sup>

#### 4.2.1.1 Temperatura

Los mayores cambios en la temperatura del aire para el periodo 2011 a 2040, se tendrían principalmente en las temperaturas máximas en diferentes áreas de los departamentos de Tolima, Cauca y Valle del Cauca. Ver la Figura 4.3.

Figura 4.3 Diferencias de temperatura mínima (Izq.) y máxima (Der.) entre el clima de 2011 a 2040 vs. 1971 a 2000



Fuente: Ideam-Ruiz, 2010

En términos generales, se tendrían para gran parte del territorio nacional un incremento superior a un grado Celsius de la temperatura media. Ver la Figura 4.4.

#### 4.2.2.2 Precipitación

A partir de los resultados promedio de los escenarios en el periodo 2011 a 2040, los departamentos que tendrían una reducción de precipitación mayor o igual al 10% serían: Antioquia, Caldas, Cauca, Córdoba, Huila, Nariño, Putumayo, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca.

Figura 4.4 Mapa con la diferencia de temperatura media del multimodelo para el periodo 2011 a 2040 vs 1971 a 2000

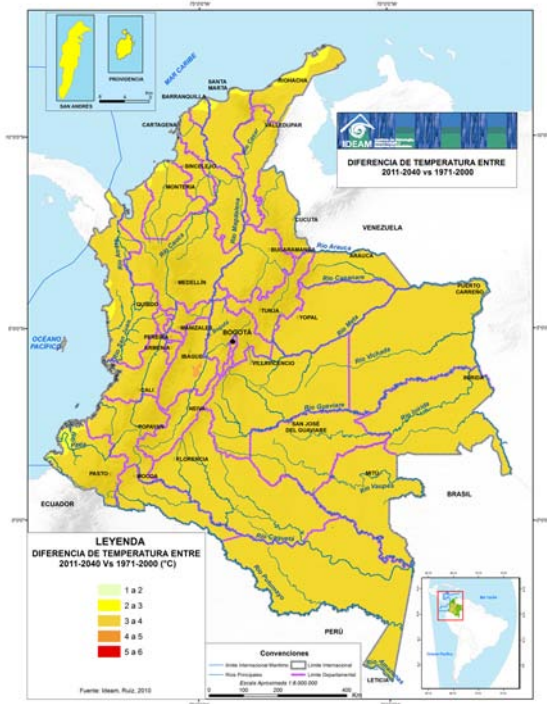
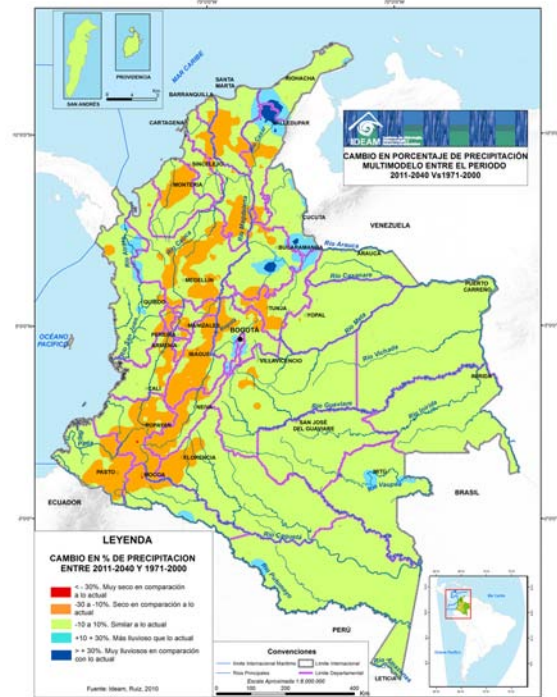


Figura 4.5 Mapa con el cambio en el porcentaje de precipitación del multimodelo del periodo 2011 a 2040 vs 1971 a 2000



Fuente: Ideam - Ruiz, 2010

## 4.2.2 ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA COLOMBIA EN EL PERIODO 2071 A 2100

Teniendo en cuenta el Cuarto Informe de Evaluación (CIE) se llegó a la conclusión de la existencia de un riesgo por el aumento en las temperaturas extremas con más episodios de calor extremo en un clima futuro. Se proyectan aumentos futuros en las temperaturas extremas que seguirán a los aumentos en la temperatura media en la mayoría de regiones del mundo, excepto donde cambian las propiedades de la superficie (por ejemplo, capa de nieve o humedad de la tierra). A finales del siglo XXI, la probabilidad proyectada de estaciones calurosas extremas sobrepasa el 90% en muchas zonas tropicales y alcanza cerca del 40% en otras zonas (IPCC, 2007, p. 76).

### 4.2.2.1 Temperatura

En el mapa del ensamble multimodelo (Figura 4.6), se observa cómo es la distribución del incremento de las temperaturas: mínima y máxima para finales de siglo. En la Figura 4.7 se muestra la variación de la temperatura media.

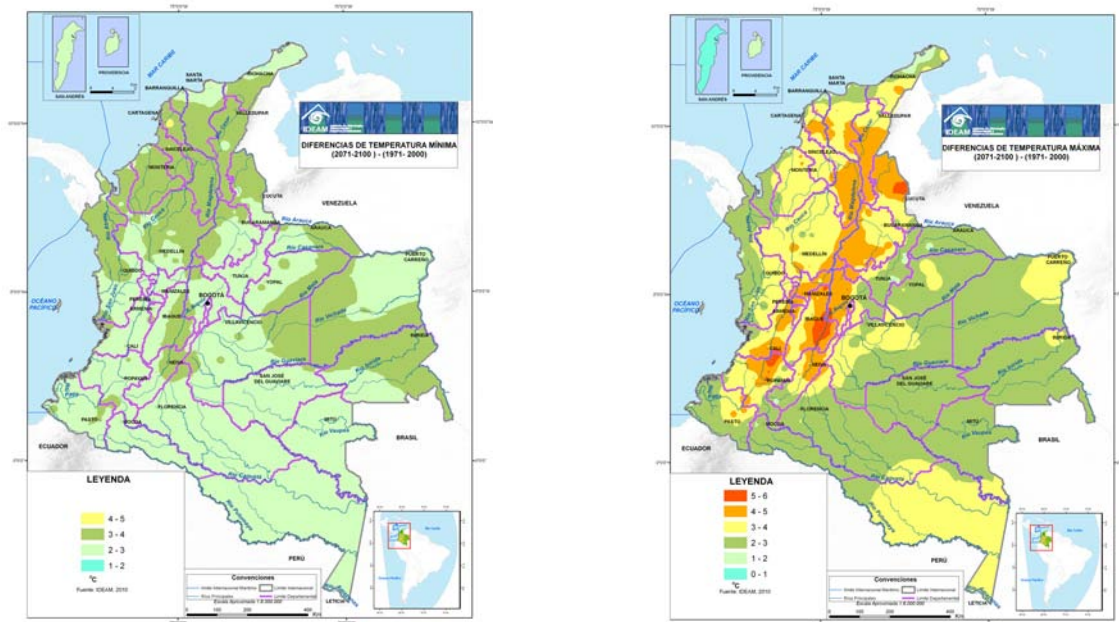
Los aumentos más significativos de la temperatura media se observan en gran parte de la región Caribe y Andina con valores que oscilan entre 3°C y 4°C, e incluso valores superiores en zonas del Tolima y Norte de Santander; influenciado por la manifestación de que los días, según los modelos, serán más cálidos, ya que la media de las temperaturas máximas en gran parte de las regiones mencionadas aumentaría sus valores entre 4 y 5°C para finales del siglo XXI con respecto a la normal climatológica 1971-2000.

En el ámbito regional, las zonas más sensibles al incremento de la temperatura corresponden al alto Magdalena, medio Magdalena y Catatumbo, en donde los incrementos de la temperatura pueden alcanzar más de 4°C. Además, regiones que actualmente presentan limitantes de humedad, con índices de aridez bajos y limitantes para el abastecimiento del agua para la sociedad, presentan un alto cubrimiento con el incremento de la temperatura entre 2°C y 4°C; las regiones corresponden al río Sogamoso, sabana de Bogotá, noroeste de la Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del Cesar y cuenca del río Patía.

La situación puede ser especialmente crítica para la sabana de Bogotá y la cuenca del río Sogamoso, pues al parecer el modelo puede estar subvalorando el incremento de temperatura para estas regiones, en las cuales se podrían esperar mayores incrementos si se basan en las tendencias actuales, las cuales muestran que las zonas altas localizadas en vertientes de baja humedad (sotavento) presentarán mayores incrementos de la temperatura.



Figura 4.6 Diferencias de temperatura mínima (Izq.), y máxima (Der.) entre el clima de 2071 a 2100 vs 1971 a 2000



Fuente: Ideam-Ruiz, 2010

De la comparación de los promedios arrojados por el ensamble multimodelo para temperatura del aire entre el periodo de 2011 a 2040, frente al de finales de siglo, se encuentra que la señal de cambio climático es mayor hacia este último (2071-2100). Véanse las figuras anteriores.

#### 4.2.2.2 Precipitación

Las zonas que en promedio, para el fin de siglo XXI, presentarían las mayores reducciones de precipitación estarían ubicadas en los departamentos de Huila, Putumayo, Nariño, Cauca, Tolima, Córdoba, Bolívar y Risaralda donde las lluvias se reducirían cerca al 15% con respecto a la climatología 1971-2000. Asimismo, es posible que se presenten aumentos de la precipitación cercanos al 10%, los cuales se ubicarían en amplias zonas de Chocó. Desde el punto de vista de los escenarios más pesimistas (A2, por ejemplo), las reducciones más significativas de lluvia a lo largo del siglo XXI, se presentarían en Córdoba, Cauca, Bolívar, Caldas, Sucre, Valle, Antioquia, Nariño y Risaralda, donde llovería entre 70 y 80% de las precipitaciones registradas durante el periodo 1971-2000 (o sea, reducciones entre 20% y 30%).

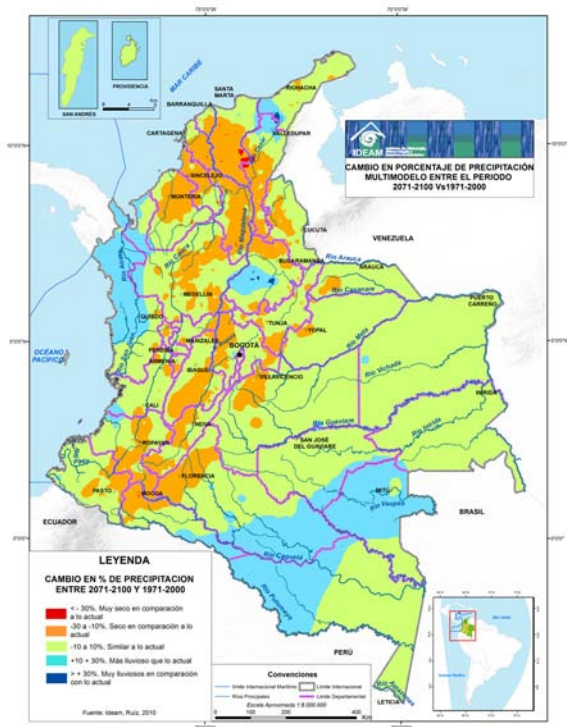
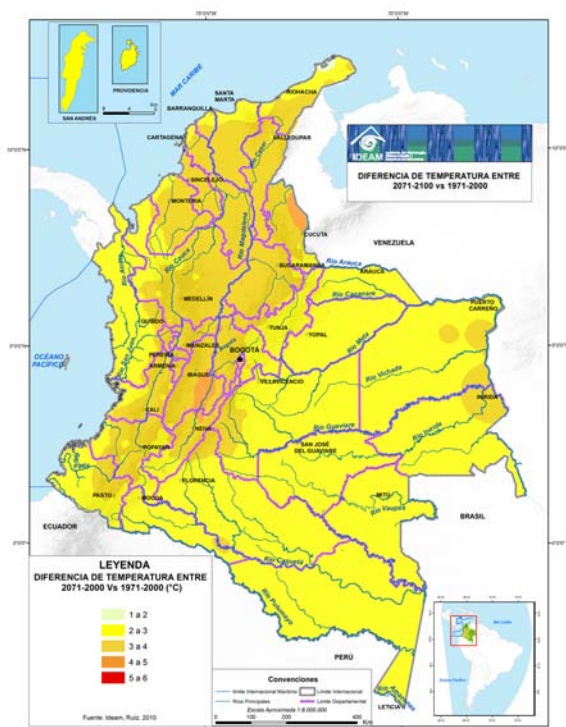
Si a las condiciones anteriores de temperatura se le agregan las variaciones de precipitación, las cuales tienden a reducirse en las zonas montañosas colombianas, además de los cambios de cobertura vegetal, es de esperar repercusiones en las características estadísticas del régimen hidrológico de alta montaña, con aumento de la variabilidad natural de las series hidrológicas. Lo expuesto se puede traducir en sobrecostos en el diseño y operación de las estructuras y dispositivos hidráulicos de gestión del agua para el soporte de la sociedad y sus sectores productivos. Es decir, los cambios en las variables climáticas, sumados a la transformación de las coberturas vegetales, afectarán el régimen hidrológico de las cuencas de montaña, las cuales tendrán caudales más variables y extremos (caudales máximos más severos y sequías hidrológicas más extremas). Esta situación puede ser particularmente crítica, si se tiene en cuenta que gran parte de la población de Colombia habita en las montañas de la región Andina y, además, su abastecimiento para el consumo depende de microcuencas que en su gran mayoría nacen en la alta montaña colombiana (Figuras 4.7 y 4.8).

No obstante los resultados obtenidos, es necesario tener en cuenta el análisis compilado por Mesa (2007), quien indica, como conclusión general, que los resultados de los modelos evaluados son creíbles para las condiciones medias actuales, así como para el ciclo estacional, para la mayoría de las regiones continentales y para la gran mayoría de las variables (McAvaney *et al.*, 2001). Agrega Mesa, la nubosidad y la humedad atmosférica siguen siendo fuente significativa de incertidumbre a pesar de los avances. Ninguno de los modelos supera definitivamente a los demás, es conveniente utilizar los resultados de un rango de ellos. Aunque ha habido importantes mejoras, los procesos en la superficie están todavía relativamente mal representados. Algunas de las variables asociadas contribuyen significativamente con la incertidumbre de los modelos, en particular la evaporación. En general, la sensibilidad de los procesos de superficie es alta y tiene importante variabilidad geográfica. La dificultad es mayor en vista de la falta

de observaciones para calibrar y verificar los modelos, por ejemplo, la temperatura superficial es fuertemente dependiente de los procesos superficiales en los trópicos, mientras en las altas latitudes está controlada por procesos atmosféricos (p. 113).

Figura 4.7 Mapa con la diferencia de temperatura media del multimodelo para periodo 2071 a 2100 vs 1971 a 2000

Figura 4.8 Mapa con el cambio en el porcentaje de precipitación del multimodelo del periodo 2071 a 2100 vs 1971 a 2000



Fuente: Ideam, 2008

### 4.2.3 COMPARACIÓN DE LOS CAMBIOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA ENTRE PERIODOS

Si bien se presentaron los escenarios para los dos periodos, de principio y finales de siglo, sobre los cuales se realizan los diferentes análisis de la vulnerabilidad más adelante, a manera de resumen comparativo, se muestra el comportamiento esperado entre los diferentes periodos.

#### 4.2.3.1 Precipitación

De forma resumida, los cambios de la precipitación que se podrían presentar para los distintos periodos analizados se presentan en las siguientes figuras (4.9 y 4.10)

El 78% del territorio nacional tendría para el primer periodo (2011 - 2040) una variación entre más o menos 10%, lo cual se puede considerar dentro del rango normal de variabilidad. Adicionalmente, se puede destacar que la mayor reducción de la precipitación (-30 a -10%) se presentaría en un 20% del territorio colombiano para el 2011 - 2040.

En la figura 4.10 se puede observar cómo la tasa de variación de la precipitación media anual que se presentaría posiblemente para los diferentes periodos, disminuirá en mayor proporción del territorio (74% a 56%) dentro del rango de -3,1 a 4,0 mm/año. Tal comportamiento deficitario se vería agravado, si se toma en cuenta que para finales de siglo, que se podrían presentar disminuciones mayores a -4,0 mm/año, en aproximadamente un 20% del país.

#### 4.2.3.2 Temperatura

El comportamiento de la temperatura media anual del aire con base en el ensamble multimodelo para los diferentes periodos se presenta en la Figura 4.11.



Figura 4.9 Variación porcentual de la precipitación media anual (%)

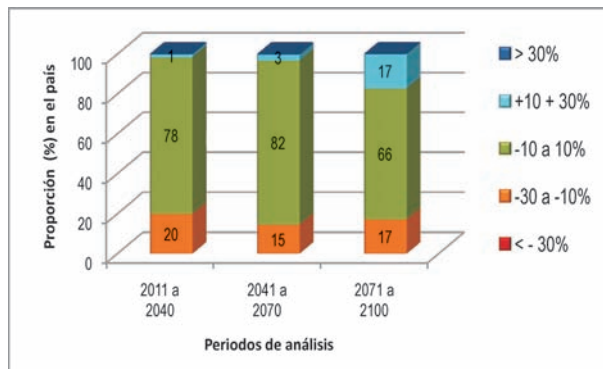
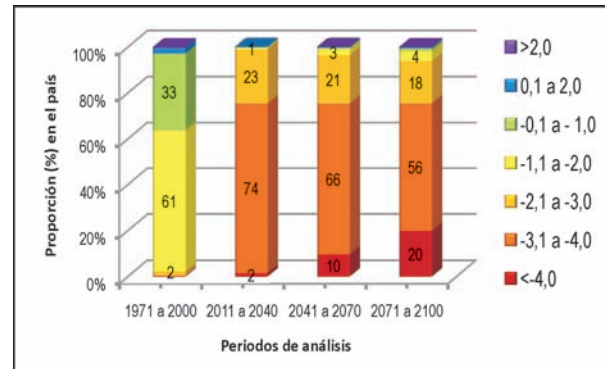
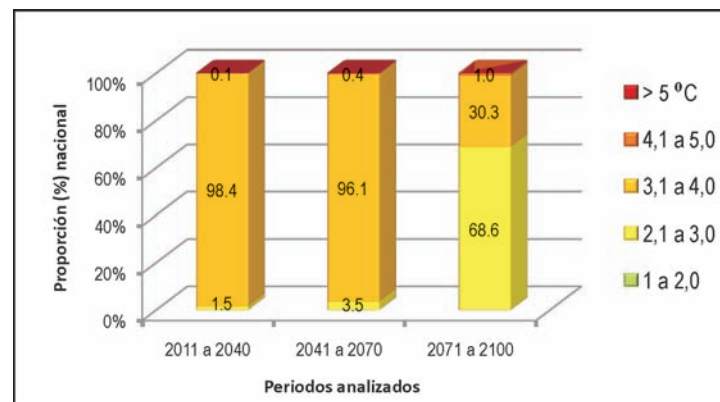


Figura 4.10 Tasa de variación de la precipitación media anual (mm/año)



Fuente: Ideam-autores

Figura 4.11 Variación de la temperatura media anual (multimodelo) para diferentes periodos, respecto a 1971 a 2000



Fuente: Ideam-autores

De la figura anterior (4.1), prácticamente todo el territorio colombiano (99,9%) estaría presentando un aumento de la temperatura por encima de los 2 °C, principalmente para finales de siglo. La cartografía de tal comportamiento se puede observar en la figura 4.7.

En los dos periodos de inicio de siglo (2011 a 2040 y 2041 a 2070) se podrían estar afectando la mayor proporción (>96%) del país con incrementos superiores a 3,0 °C. En la figura 4.4 se muestra el cubrimiento de cada rango de temperatura para el periodo 2011 a 2040.

## 4.3 OTRAS EVIDENCIAS Y TENDENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

### 4.3.1 Evidencia y tendencia de ablación de los glaciares

Por su ubicación latitudinal, los glaciares de la zona ecuatorial han sido considerados como un excelente laboratorio para estudiar el calentamiento de la baja atmósfera, debido a la variabilidad climática de esta franja y a la consecuente sensibilidad de estas masas de hielo ante las variaciones.

Los glaciares colombianos son sensibles y vulnerables a pequeñas variaciones en el clima y un reflejo de ello se ha observado durante los periodos de El Niño y La Niña. Durante El Niño, donde las temperaturas son mayores y la precipitación disminuye notoriamente en la región Andina colombiana, se han encontrado pérdidas casi del doble de lo normal, mientras que en periodos La Niña, con condiciones contrarias, se ha observado una disminución en la tasa de pérdida y, en algunos casos, pequeñas ganancias. Por lo anterior, el sistema glaciar no sólo refleja su dinámica como un producto del cambio climático, sino también de la misma variabilidad climática, convirtiéndose así en uno de los mejores indicadores planetarios para comprender las transformaciones biosféricas.

Actualmente, el límite inferior glaciar se encuentra desde los 4.700 a 4.800 m de altitud, dependiendo de las características topográficas y climáticas locales. El retroceso e incluso la extinción de glaciares en la Tierra han sido con frecuencia utilizados como un indicador del aumento de temperatura del pasado (Blair *et al.*, 1996). Los modelos climáticos desarrollados a nivel mundial han sugerido que el control de la evolución de las masas glaciares está dado más por las temperaturas que por las precipitaciones. El IPCC presume que las

temperaturas más cálidas asociadas con cambio climático son la causa del derretimiento glaciar a nivel mundial (Watson *et al.*, 1996).

Los nevados constituyen una reserva de agua, de donde surgen por fusión los nacimientos de algunos ríos. Los glaciares aportan agua para las cuencas hidrográficas deficitarias climáticamente: drenajes del flanco occidental de la Sierra Nevada del Cocuy (hacia la cuenca del río Chicamocha) y de los flancos sur y oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. También constituyen una fuente de aportes hídricos para cuencas de la vertiente occidental y oriental de la cordillera Central entre las cuales se encuentran los ríos Otún y Combeima, respectivamente.

Sin embargo, debido al bajo cubrimiento existente de los glaciares en Colombia, actualmente 47,1 km<sup>2</sup> aproximadamente, y tomando como referencia el proceso de retroceso acelerado que vienen presentando, se puede inferir que los aportes de caudal a las cuencas no es alto y que cada vez aportan menos caudal a las corrientes de agua que alimentan. En la Tabla 4.4 se resumen las principales cifras relacionadas con la extensión de los glaciares tropicales.

Tabla 4.4 Extensiones y proporción de los glaciares tropicales

Región	Área (km <sup>2</sup> )	% de los glaciares tropicales	Año de estimación
Perú	1.958 (1.370)	71,1	1970 (2006)
Bolivia	562 (393)	20,4	1975 (2006)
Ecuador	112,8 (79)	4,1	1976 (2006)
Colombia	108,5 (76)	3,9	1950 (2006)
Venezuela	2,7 (1,8)	0,09	1950 (2006)
<b>Total de América del Sur</b>	<b>2.744 (1.920)</b>	<b>99,68</b>	<b>1950 (2006)</b>
Kilimanjaro	2,2	-	2000
Ruwenzori	0,96	-	2003
Mt. Kenia	0,3	-	2004
<b>Total África</b>	<b>3,46</b>	<b>0,18</b>	<b>~ 2000</b>
...	<b>2,3</b>	<b>0,12</b>	<b>2000</b>
<b>Total probable para los glaciares del trópico</b>	<b>~ 1.926</b>	<b>100</b>	

Las cifras entre paréntesis representan estimaciones de Bernard Francou y G. Kaser, más conservadoras que las originales, basadas en extrapolaciones de mediciones efectuadas sobre algunos glaciares de las zonas indicadas.

Fuentes: Kaser, 2008; Jordan, 1991; Hastenrath, 1981 y 2005; Kaser & Osmaston, 2002; Thompson *et al.*, 2002; Taylor *et al.*, 2006; Klein & Kincaid, 2006; y Francou y Vincent, 2007. Citado por: CAN, 2007

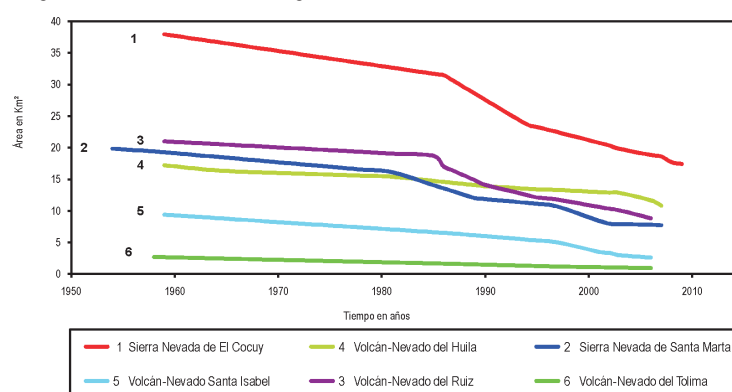
Adicionalmente, al considerar la coincidencia de que la mayor parte de las masas glaciares se desarrollan sobre estructuras volcánicas, en el país se han generado eventos catastróficos ampliamente conocidos. De los seis nevados actuales, cuatro presentan esta característica: Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Nevado de Santa Isabel, Volcán Nevado del Tolima y Volcán Nevado del Huila. Las erupciones volcánicas y los sismos asociados con éstas, coadyuvan a generar la fundición del hielo y generación de flujos de tipo *lahar*; sus efectos como fusión violenta con disminución de la reserva hídrica y generación de flujos volcano-glaciares, afectan los valles de los ríos al dispersar su energía sobre los conos de piedemonte. Las avalanchas relacionadas con glaciares de montaña han generado grandes catástrofes sobre poblaciones; entre los episodios más nefastos se encuentra la destrucción de la ciudad de Armero en el año 1987, la cual dejó más de 20.000 muertos, y la avalancha del río Páez en el año 1994, la cual borró varias poblaciones, con un saldo de 1.600 muertos.

No obstante, a medida que avanza el proceso de ablación (fusión - retroceso) de los glaciares disminuye su amenaza frente a eventuales explosiones volcánicas por la menor disponibilidad de agua para generar flujos. Sin embargo, también disminuye la capacidad de regulación hídrica de las cuencas alimentadas por glaciares, en especial durante las temporadas de bajas lluvias.

En términos generales, todas las superficies de glaciares se encuentran expuestas a diferentes escenarios de aumento de temperatura, en el cual se esperan condiciones de 2°C a 4°C, más cálido de lo actual.

Los nevados o glaciares colombianos presentan una acelerada pérdida de área desde finales de la Pequeña Edad de Glaciar (1850). Los datos de cambio de área glaciar en Colombia indican una rápida deglaciación, especialmente en las tres últimas décadas (ver la Figura 4.12) con pérdidas de 3 a 5% de cobertura glaciar por año y retroceso del frente glaciar de 20 a 25 m por año. De esta forma, para el periodo 2002 a 2003, el área total de los glaciares era de 55,4 km<sup>2</sup>, mientras que para el lapso 2006 a 2007 la superficie apenas alcanzó 47,1 km<sup>2</sup>.

Figura 4.12 Evolución del área glaciar de los seis nevados existentes en Colombia



Fuente: IGAC (1992), Ideam (1996, 2007), Ideam – UNAL (1997), Ingeominas (1996), imágenes Landsat TM 2001, 2002, 2003, Landsat ETM 2007, Spot 2006 y Quick BIRD 2007.

En la Tabla (4.5) se muestra la evolución del área glaciar de los nevados en Colombia.

Tabla 4.5 Evolución del área glaciar de los nevados existentes en Colombia- 2010

Glaciar	Pérdida de área entre periodos	
	1850 – 1954/59 (106 años aprox.)	1954/59 – 2001/03 (45 años aprox.)
Sierra Nevada de Santa Marta	76%	60%
Sierra Nevada de El Cocuy	76%	49%
Volcán Nevado del Ruiz	55%	51%
Volcán Nevado de Santa Isabel	66%	65%
Volcán Nevado del Tolima	71%	62%
Volcán Nevado del Huila	53%	25%

Fuente: Ideam-Ceballos *et al.*, 2005

De persistir el calentamiento atmosférico, y con las tendencias actuales de derretimiento, es probable que en tres o cuatro décadas estén extintos los nevados colombianos o exista una muy pequeña masa glaciar en los picos más altos.

### 4.3.2 Áreas marino costeras frente al cambio climático

La siguiente información recopilada por el Invermar, presenta los principales aspectos de las áreas marinas y costeras del país.

Colombia posee una variada y dinámica zona costera sobre 3.340 km de longitud en dos litorales, el Caribe con 1.818 km de línea de costa y el Pacífico con 1.522 km.

Tanto su línea de costa alta, como las planicies litorales y los ecosistemas costeros e insulares serán afectados por el actual cambio climático y, en especial, por el ascenso acelerado del nivel del mar. Evidencia de este ascenso es el retroceso generalizado de la línea de costa colombiana (Martínez, Robertson & Jaramillo, 2005; Robertson, Martínez & Jaramillo, 2003; Flórez & Robertson, 2001; Ideam & Universidad Nacional, 1998), el cual ya está causando la erosión de playas, acantilados y terrazas, con la consecuente destrucción de poblados y pérdida de ecosistemas. En el largo plazo, las potenciales variaciones físicas de las zonas costeras e insulares asociadas con el ascenso acelerado del nivel medio del mar están dadas por la pérdida de tierra a causa de la erosión y la inundación del litoral, lo cual generará impactos socioeconómicos y ecológicos sobre los sistemas y las actividades de la zona.

#### 4.3.2.1 Situación actual de la biodiversidad marina y costera y efectos del cambio climático

Se estima que en Colombia existen 2.500 especies de moluscos, 2.000 de peces (176 de elasmobranchios), 35 de mamíferos que habitan aguas marinas o estuarinas y 82 de aves marinas (Díaz y Acero, 2003; Flórez *et al.*, 2006) lo que hace que Colombia sea probablemente el país más rico en biodiversidad marina en Suramérica y uno de los mayores en el mundo. Por otro lado, en términos de ecosistemas, Colombia es también un país privilegiado ya que por las condiciones climáticas, oceanográficas, geológicas, ecológicas y biológicas y por el hecho de tener dos océanos, se hallan bien representados la mayoría de los hábitats marinos tropicales.

El efecto de los cambios en el régimen climático sobre la diversidad marina es principalmente el estrés fisiológico, el cual actúa con más fuerza sobre las especies que ya están cerca de su límite de tolerancia ante cambios en el régimen climático (Laubier, 2001, citado por Occhipinti, 2007). Dicho estrés causado por anomalías en la temperatura puede causar muertes masivas en varios organismos, lo cual se traduce en una reducción del patrimonio biológico del país (Occhipinti, 2007). Tales condiciones afectan la distribución, la composición de las especies, estacionalidad, producción en los sistemas marinos y de agua dulce, además de la fenología y producción primaria (Brander, 2009).

#### 4.3.2.2 Situación de los recursos sometidos a explotación pesquera y efectos del cambio climático

En Colombia, la mayor cantidad del recurso pesquero se extrae de la costa Pacífica, con una cifra cercana a las 73.388t, para el año 2007, de las cuales la pesca industrial comprendió el 94,3%, el 5,7% restante lo produjo la pesca artesanal; mientras que en el Caribe, para el mismo año, se estimó en 1.694 t, distribuidas en 50,9% para el reglón industrial y 49,1% restante en el artesanal. Alteraciones en el régimen climático causarían cambios drásticos en la salinidad de sus aguas, inhabilitándolas como guarderías de peces de río o peces anádromos, lo cual redundaría en una disminución del reclutamiento con serios desbalances en la dinámica de poblaciones de peces que sustentan pesquerías importantes (Blanco, 2006). Un ascenso del nivel del mar (ANM) afectaría a las poblaciones de estos recursos, tanto en su distribución, como en su abundancia. Los cambios en la salinidad llevarían a un régimen más marino que estuarino, impactando previsiblemente las poblaciones de almejas, ostras y caracoles. Los recursos que se encuentran asociados con los arrecifes de coral y praderas de pastos marinos, seguramente se verán impactados por el aporte de sedimentos continentales.

Debido al ascenso rápido en el nivel del mar (ARNM) se podrían abrir nuevos canales de acceso a áreas de laguna o estuarios, condición que incrementaría en primera instancia la producción de especies comerciales, sin embargo, en la medida en que el nivel del mar aumente, la mayoría o todas las áreas serán reemplazadas por cuerpos de agua abiertos y la producción de estas especies disminuirá paulatinamente.

Por otro lado, no es previsible que las pesquerías de altura de estos recursos se vean afectadas por un incremento de 50 cm en el nivel del mar (NM); sin embargo, pueden ser vulnerables a otros factores inherentes al cambio climático como aumento de la temperatura del mar, disminución de la salinidad y del oxígeno disuelto e incremento de nutrientes (Blanco, 2006).

#### 4.3.2.3 Tendencia del nivel medio del mar en Colombia

En Colombia la estación mareográfica de Cartagena (Bolívar) cuenta con una serie de registros históricos horarios de la marea de más de cuarenta años, pertinentes para los análisis de tendencias, en ellos se evidencia un ascenso del nivel del mar en el Caribe de aproximadamente 3,5 mm/año, atribuibles posiblemente al cambio climático global, entre otros factores. Las mediciones realizadas en el puerto de Cristóbal (Colón) en Panamá, muestran resultados similares de ascenso del nivel, aunque de menor magnitud. La tendencia calculada sobre la serie de datos tomado en el puerto de Cristóbal arroja un valor de 2,3 mm/año.

Para la costa Pacífica, la evaluación de los datos históricos de las mediciones del nivel en la estación mareográfica de Buenaventura (Valle del Cauca) y de otras estaciones comparables, muestran valores similares de ascenso del nivel del mar (aunque mayores en Buenaventura). La tendencia calculada sobre las series de datos en puntos costeros de Panamá y Ecuador, muestran incrementos entre 0,9 mm y 1,4 mm por año, mientras en Buenaventura el aumento es de 2,2 mm por año.

#### 4.3.2.4 Impactos del aumento en el nivel del mar en las zonas costeras

Los efectos biofísicos más importantes por el aumento del nivel del mar en las zonas costeras, se resumen en la Tabla 4.6, incluidos los factores más relevantes asociados directa o indirectamente con clima. La mayoría de estos impactos son, en general, funciones lineales de elevación del nivel del mar (Nichols y Lowe, 2004).

Asimismo, se advierten impactos sobre el sistema socioeconómico tales como: la pérdida de propiedades y hábitats costeros, aumento del riesgo de inundación y posible pérdida de vidas, daños a obras de protección costera y otras infraestructuras, pérdida de energías renovables y recursos de subsistencia, pérdida en las actividades de turismo, recreación y transporte, pérdida de bienes y servicios ambientales y los valores de los recursos culturales, impactos en la agricultura y la acuicultura a través de la disminución de la calidad del agua y del suelo (Nichols y Lowe, 2004).

Adicionalmente, con el ascenso del nivel del mar, los efectos de las tormentas tropicales, el mar de leva y los huracanes serán cada vez más severos. Lo anterior debido a que el nivel de base del mar aumenta y, por consiguiente, las repercusiones del oleaje serán mayores, al incrementarse la extensión de las zonas afectadas por la inundación marina (IPCC, 2001).



Tabla 4.6 Impactos del aumento en el nivel del mar en las zonas costeras y factores asociados

Efecto biofísico		Factores relevantes	
		Climáticos	No climáticos
Inundaciones y daños por tormentas	Marejadas	Tormentas, cambios morfológicos, aporte de sedimentos	Aporte de sedimentos, manejo de inundaciones, cambios morfológicos, pérdidas de tierra
Pérdida de humedales		Fertilización por CO <sub>2</sub>	Aporte de sedimentos, migración, destrucción directa
Erosión		Aporte de sedimentos	Aporte de sedimentos
Intrusión salina	Aguas superficiales	Escorrentía	Ordenación de cuencas, uso del suelo, uso de los acuíferos
Impedimentos de drenajes	Aguas subterráneas	Precipitación	Uso de acuíferos

Fuente: Invemar, 2010. Adaptado de Nichols y Lowe, 2004

## 4.4 POSIBLES EFECTOS ADICIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### 4.4.1 Sensación térmica

Con base en los resultados obtenidos de temperatura y humedad relativa promedio para las tres medias climatológicas de clima futuro (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100), sobre el territorio colombiano se calculó el índice de confort térmico<sup>6</sup>. Para calcular el confort térmico se utilizó la ecuación ajustada de Poder de Refrigeración de Leonardo Hill y Morikofer-Davos (Ideam, 2005), la cual considera el parámetro de humedad junto con la variación de la temperatura con la altura, para así, catalogar la sensación térmica en siete clases, de acuerdo con la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Índice de confort térmico

Índice de confort	Sensación térmica
0 a 3	Muy caluroso
3,1 a 5	Caluroso
5,1 a 7	Cálido
7,1 a 11	Agradable
11,1 a 13	Algo frío
13,1 a 15	Frío
Mayor a 15	Muy frío

Fuente: Ideam-Ruíz, 2010

La característica más visible ante el cambio climático es la alteración de sensación térmica que se percibiría de caluroso a muy caluroso en gran parte de las regiones Caribe, Orinoquia y Amazonia, así como a lo largo de los valles del Magdalena y Cauca en la región Andina, especialmente desde el periodo 2041 a 2070. En las zonas de alta montaña de las cordilleras Oriental y Central existiría un cambio paulatino de muy frío a frío y a algo frío. No predominan climas clasificados como agradables al ser humano. En la Figura 4.13 se muestra la representación cartográfica del índice de confort térmico observado y esperado para los diferentes periodos de análisis.

### 4.4.2 En la salud humana

De acuerdo con los datos del Departamento Nacional de Planeación (DNP), el comportamiento de los cambios observados en las últimas décadas muestra las diferentes tendencias para los sistemas sociales, tal como se ilustra en la Tabla 4.8

Con base en la información asociada con el fenómeno El Niño 1997-1998, se tienen los siguientes registros:

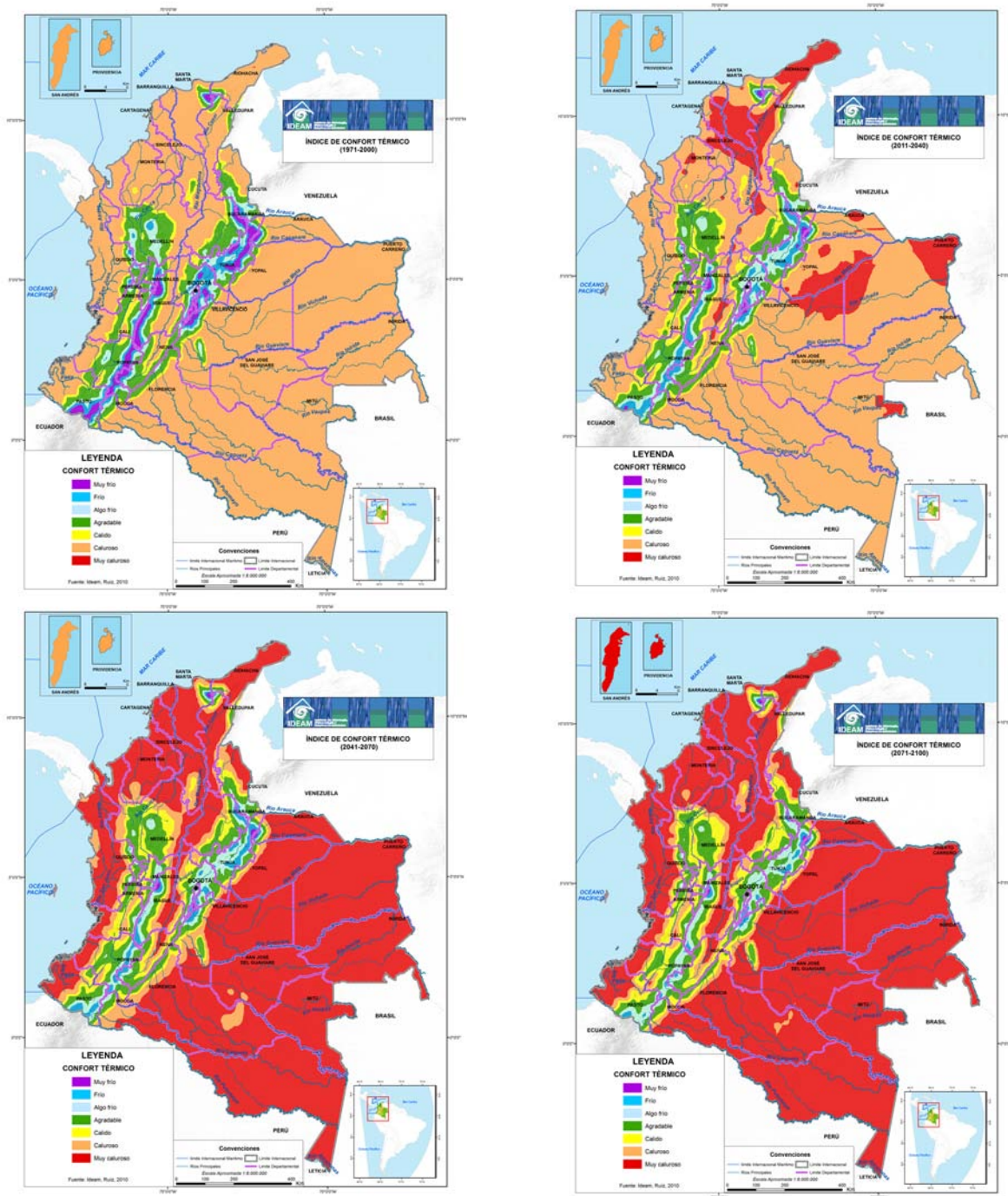
**Dengue:** 73% de casos de dengue clásico se registraron en los departamentos de Antioquia, Valle, Santanderes, Quindío y Huila. 62% de casos de dengue hemorrágico se presentaron en los dos Santanderes, Antioquia y Valle del Cauca.

**Malaria:** En los departamentos de Chocó, Antioquia y Córdoba, los casos de malaria de 1997 fueron superiores a los registrados en 1996, alcanzando 72,1% del total de los casos informados. En el departamento del Chocó, 200 de cada 1.000 habitantes se infectaron con malaria en dicho periodo.

Se pueden encontrar diferencias en la distribución de las enfermedades y muertes por el deterioro ambiental por grupos etarios, para lo cual se ha encontrado que los menores de 5 años (4.282.000, proyección a 2009, con base

<sup>6</sup>  $IC = (36.5 - t)(0.05 + \frac{h}{250})$  para elevaciones inferiores a 1000 m;  $IC = (36.5 - t)(0.05 + \frac{h}{180})$  para elevaciones entre 1000 a 2000 m.;  $IC = (36.5 - t)(0.05 + \frac{h}{160})$  para elevaciones superiores a 2000 m. Donde IC es el índice de confort; t es la temperatura del aire en grados Celsius y h la humedad relativa, en porcentaje.

Figura 4.13 Evolución del índice de confort térmico por periodos



Fuente: Ideam-Ruiz. 2010

en el censo 2005) y las personas de la tercera edad (1.351.000 proyección a 2009, con base en el censo 2005) pueden ser los más afectados.

En la Tabla 4.9, se presenta un resumen de las consecuencias del fenómeno El Niño presentadas por el Ideam, de acuerdo con las experiencias y el conocimiento adquirido en el evento del fenómeno El Niño 1997-1998.

Adicionalmente, teniendo en cuenta los impactos que el cambio climático produce en la salud humana tanto por efectos directos como por efecto en sus determinantes, se convierte en un factor adicional a tener en cuenta al definir políticas de salud pública. En los últimos años, se ha venido acumulando evidencia sobre el cambio el cambio climático y su relación con la salud de las poblaciones. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático agrupa los efectos del cambio climático en diez categorías: 1) efectos del calor y el frío; 2) inundaciones tormentas y vientos; 3)

Tabla 4.8 Variables y cambio observados en dengue y malaria

Variable de cambio	Cambio observado
Enfermedades transmitidas por vectores y otras enfermedades infecciosas	<b>Malaria:</b> Los análisis estadísticos detallados de la relación entre el clima y la malaria en Colombia, indican que la malaria presenta un ciclo anual fuertemente relacionado con los ciclos hidroclimáticos <sup>7</sup> . Adicionalmente, ejercicios de modelación sugieren que los ciclos intranuales de temperatura media son lo suficientemente buenos para representar la oscilación estacional de la incidencia mensual de malaria. Sin embargo, también mostraron que la estacionalidad de la densidad de vectores es un factor importante a tener en cuenta para entender la transmisión, sugiriendo que la variabilidad interanual y estacional de la temperatura y la precipitación se requieren para evaluar el impacto del clima en la dinámica de la malaria <sup>8</sup> . También se logró establecer picos de malaria coincidentes con épocas del fenómeno El Niño y asociar estas epidemias de malaria con aumentos de temperatura y disminución de la precipitación durante este fenómeno <sup>9</sup> .
	<b>Dengue:</b> Los resultados preliminares del componente salud del proyecto INAP han sugerido que el calentamiento global y ciclos de ENSO más intensos pueden aumentar la producción y abundancia del vector transmisor del dengue en ciudades de la región Andina ubicadas entre 750 y 1.500 msnm, principalmente a través del aumento de la tasa de desarrollo larvario. Sin embargo, en la costa Caribe norte, el escenario más común de cambio climático puede disminuir las poblaciones de vectores a través del aumento de la mortalidad larvaria. Estas predicciones preliminares serán refinadas con la integración de parámetros dependientes de la temperatura en los modelos ecosociales de simulación de la producción de vectores y subsecuentemente probadas con datos de campo multianuales. <sup>10</sup>

Fuente: Ideam, 2009 con información del DNP

Tabla 4.9 Consecuencias del Fenómeno El Niño 97-98

Variable	Consecuencias del fenómeno El Niño 1997-1998
Abastecimiento de agua para consumo humano	En el 50% de la superficie de la Guajira y Cesar, con índices de reducción en caudales para las principales fuentes de agua superficial cercanos al 30%. Las zonas del altiplano Cundiboyacense, los dos Santanderes y el centro oriente de Nariño, también evidencian reducciones severas y, en particular los departamentos de Boyacá y Cundinamarca en aproximadamente 25% de su territorio.
Salud	El número de municipios que registraron casos de dengue hemorrágico aumentó de 168 en 1997 a 302 en 1998. Los municipios con tasas de incidencia superiores a 100 por 10.000 habitantes urbanos fueron Bucaramanga, Floridablanca, Barrancabermeja, Girardot, Ibagué entre otras. Tendencia a que durante los años considerados como eventos fuertes y moderados de El Niño, ocurran incrementos importantes en el número de casos de malaria.
Población y asentamientos humanos	Consecuencias sociales debido a la intensidad y magnitud los eventos aislados de inundaciones y deslizamientos. 1.160 municipios, 100 presentaron déficit extremo, 861 déficit, 67 ligeramente deficitario y 42 condiciones normales.

Fuente: Ideam-Pava, 2009. Con base en información compilada sobre ENSO 97-98

sequías, nutrición y seguridad alimentaria; 4) inocuidad/higiene de alimentos; 5) agua y enfermedad; 6) calidad del aire y enfermedades; 7) alérgenos<sup>11</sup> aéreos y enfermedad; 8) enfermedades transmitidas por vectores (ETV) y otras infecciosas; 9) salud ocupacional; 10) radiación ultravioleta y salud. Este impacto se puede dar por múltiples mecanismo que interactúan entre sí.

Por ejemplo, es así como el cambio climático produce efectos en los diferentes ecosistemas, tiene igualmente, repercusiones en las poblaciones de vectores lo cual, a su vez, puede aumentar o disminuir la transmisión de ciertas enfermedades como malaria, dengue o leishmaniasis. Por otro lado, dado el impacto en el acceso al agua, se puede observar un cambio en las conductas en las comunidades respecto al almacenamiento de este recurso, pudiendo por ende favorecer la transmisión de ciertas enfermedades (Osorio, 2010).

Los análisis de la vulnerabilidad de la salud humana al cambio climático involucran diferentes interacciones complejas con diversos mecanismos por los cuales se puede producir un impacto en la salud, por lo cual se convierten en desafíos transdisciplinarios. Al evaluar la vulnerabilidad, se debe tener en cuenta tanto la vulnerabilidad basada en las condiciones de vida (pobreza, salud, acceso a servicios) como por la capacidad de adaptación. En consecuencia la vulnerabilidad de la salud humana al cambio climático, si bien depende de condiciones climáticas medidas generalmente sobre grandes extensiones, su impacto es muy local. El caso colombiano se ve afectado por la incertidumbre respecto a los impactos y, por ende, también se afecta la capacidad de adaptación<sup>12</sup>.

7 Environmental Health Perspectives (2001). 109, Number 5. Coupling between Annual and ENSO. Time scales in the Malaria, Climate Association in Colombia. Poveda, G., Rojas, W., Quiñones, M., Iván D. Vélez, I., Mantilla, R., Ruiz, D., Juan S. Zuluaga, J & Rua, G.

8 Malaria Journal (2006), 5:66. Modelling entomological-climatic interactions of Plasmodium falciparum malaria transmission in two Colombian endemic-regions: contributions to a National Malaria Early Warning System. Ruiz, D., Poveda, G., Vélez, I., Quiñones, M., Rúa, G., Velásquez, L., & Zuluaga, J.

9 Climate and ENSO variability associated with vector-borne diseases in Colombia. Poveda, G., Nicholas E. Gram, Epstein, P., Rojas, W., Quiñonez, M., Vélez, I., Willem J. M. Martens

10 Padmanbha, H. - Instituto Nacional de Salud de Colombia (2008). Informe Anual Componente dengue proyecto INAP.

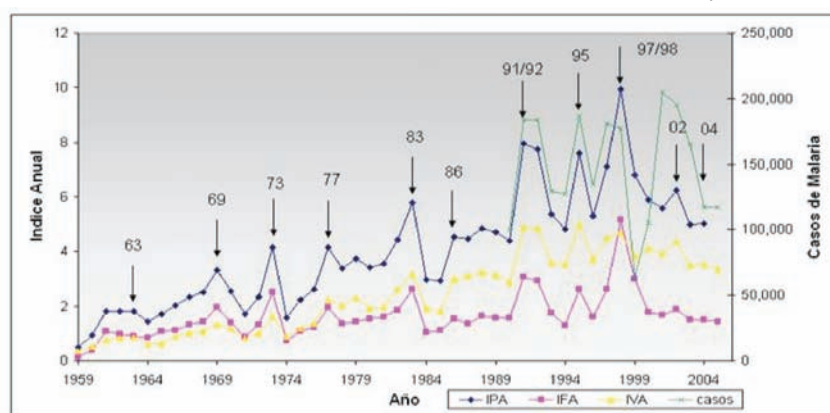
11 Sustancia que, al introducirse en el organismo, lo sensibiliza para la aparición de los fenómenos de la alergia.

12 Véase el glosario para ver la definición.



A pesar de la falta de información detallada respecto al impacto climático en la salud, eventos como el fenómeno de El Niño pueden poner en evidencia para algunas enfermedades la influencia del clima en la salud, la cual si bien puede enmarcarse dentro de los efectos de la variabilidad climática, es posible ver la relación del impacto con dicho fenómeno climático. En la Figura 4.14, se puede observar un aumento de casos en los años que cursaron con el fenómeno de El Niño, según las flechas que los resaltan.

Figura 4.14 Evolución de los índices de transmisión de malaria en Colombia en el periodo 1959-2005.



*P. falciparum* (IFA), y *P. vivax* (IPA), y casos totales (IPA). Fuente: Estrada y Poveda 2008

El incremento importante en la incidencia del dengue clásico y hemorrágico se focaliza en aquellos municipios más pobres, localizados por debajo de los 1.800 msnm, ubicados en las riberas de los principales ríos, donde existen condiciones previas de endemia y que fueron afectados por disminución en el abastecimiento de agua<sup>13</sup>. No obstante lo anterior, se podría esperar que con el calentamiento, el dengue y la malaria pueden expandirse a zonas más altas del país y, por ende, pisos térmicos más altos podrían estar más impactados en el futuro por estas enfermedades.

Así las cosas, el cambio climático pone en evidencia, respecto a la salud pública, la importancia del trabajo multi y transdisciplinario, con el fin de entender las interdependencias entre diferentes sistemas (humano, climático, etc.) para abordar el tema de forma completa y así obtener medidas de adaptación integrales, más efectivas y apropiadas.

## 4.5 VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Según el informe realizado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2009) en cooperación con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (EIRD) y otros asociados internacionales, en los últimos 50 años, el 90% de los desastres naturales se han debido a fenómenos hidrometeorológicos (Cred: Centro de investigación de la epidemiología de los desastres). Entre 1956 y 2005, el número de desastres relacionados con condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas fue casi 10 veces mayor, mientras que los costos económicos casi se multiplicaron por 50. Sin embargo, las pérdidas de vidas humanas descendieron de 2,66 millones (durante el decenio 1956-1965) a 0,22 millones, gracias, en particular, a los progresos en materia de gestión de riesgos de desastres y a las alertas meteorológicas tempranas cada vez más precisas (OMM). Entre 1991 y 2005 los desastres naturales afectaron a 3.470 millones de personas; en ese periodo se contaron 960.000 víctimas mortales y pérdidas económicas por un total de 1.193 billones de dólares estadounidenses (EIRD/ONU, citado por OMM, 2009).

Dicha organización destaca, además, cómo la reducción de desastres basada en disciplinas científicas ofrece un alto rendimiento sobre la inversión: un dólar invertido en prevención de desastres puede representar siete dólares de ahorro en términos de pérdidas económicas relacionadas con desastres naturales. Unas predicciones y alertas meteorológicas y climáticas de mayor precisión son un factor clave para anticiparse a los peligros que acechan a vidas y bienes.

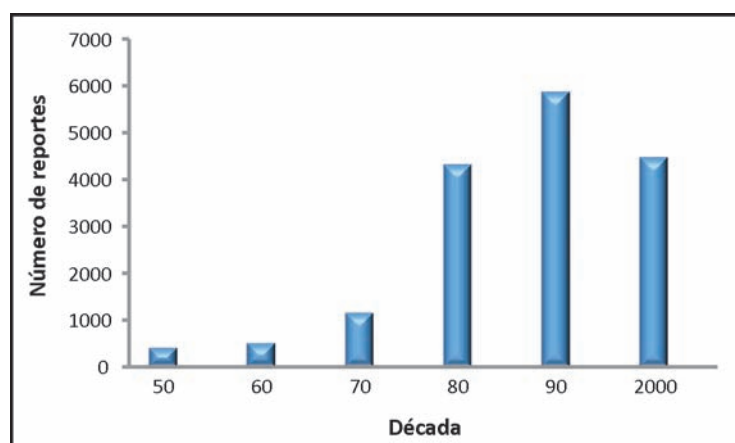
En Colombia, el registro de eventos se ha incrementado significativamente en las últimas dos décadas (ver la Figura 4.15). Este patrón si bien está relacionado en parte con el incremento de los fenómenos con que los sistemas nacional, regional y local de emergencias ha mejorado sus reportes, también influye que la población y los medios de comunicación a nivel local y regional se han concientizado de estos problemas, además de existir una mejor difusión de los desastres.

<sup>13</sup> En el capítulo de Adaptación, se encuentran los resultados de las medidas de adaptación del componente de Salud del Proyecto Nacional Piloto de Adaptación, INAP.



Teniendo en cuenta lo analizado por Velásquez y Rosales (2003), los reportes de desastres más frecuentes en Colombia están asociados con dinámicas hídricas (inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales). Entre 1930 y 2002, los registros suman 11.561 eventos que representan 70 % de los casos registrados en la base de datos del OSSO, cuya principal fuente de información son la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (DGPAD) y el periódico El Tiempo.

Figura 4.15 Número de reportes hidrometeorológicos registrados entre los años 1950 y 2007



Fuente: Autores, 2009. Análisis realizado con base en los reportes de desastres del OSSO y de la DGPAD.  
Nota: La década del 2000 incluye hasta el año 2007.

Es importante destacar que el territorio colombiano se caracteriza por una gran diversidad de paisajes, debido entre otros, a los procesos de formación de las cordilleras y la variabilidad de climas. Esta situación junto con las diversas formas de ocupación del territorio, conlleva que al país a estar sometido a diferentes amenazas naturales de origen climático, hidrológico, sísmico, volcánico, geomorfológico y antrópico.

En términos generales, en las tres últimas décadas, más de 15 millones y medio de colombianos se han visto afectados por los desastres de origen natural, más de 38.000 personas han muerto a consecuencia de este tipo de eventos y, en la actualidad, cerca de 15 millones de personas, 35% de la población, está expuesta a un alto nivel de riesgo y otros 20 millones, 47%, a un riesgo intermedio<sup>14</sup>.

La inversión del Estado colombiano en prevención y atención de desastres entre 2005 y 2009, supera los US\$ 1,8 billones<sup>15</sup>; de estos, 51,5% ha sido destinado a reducir las condiciones de riesgo; 45,4% al manejo de desastres; 2,7% a la identificación del riesgo y 0,4% a la gobernabilidad y protección financiera. La inversión del Estado en su conjunto como porcentaje del PIB durante el periodo 2005-2007, oscila entre 0,15 y 0,24%.

De acuerdo con el DNP, los eventos relacionados con el clima, como son los deslizamientos e inundaciones para los años 1970 a 2000, alcanzaron daños estimados en US\$ 2.227 millones, los cuales representaron alrededor del 2,66% del PIB del año 2000. Esto sin tener en cuenta, que en la última década 2000 - 2010, el país ha superado los niveles históricos de inundaciones en los principales ríos, y que algunas regiones del país han sufrido los periodos más secos de los últimos 30 años.

Las anteriores cifras reflejan la importancia que tiene la temática de los desastres en el país y la necesidad de mejorar el conocimiento de los eventos y las dinámicas naturales que los provocan.

#### 4.5.1 Fenómeno El Niño – La Niña (ENOS)

En Colombia las emergencias y desastres hidrometeorológicos guardan relación con la distribución de los periodos de lluvia, es decir, siguen el patrón de precipitaciones en cada región. También se ha identificado que se presentan variaciones en la distribución espacio-temporal de las lluvias, las cuales están relacionadas con el ciclo climático conocido como ENOS (El Niño-Oscilación del Sur).

<sup>14</sup> Cifras citadas por la Contraloría General de la República. Boletín de prensa 21 de julio de 2008: "En Quetame, anuncia el Contralor General: La CGR hará seguimiento sobre acciones de prevención y desastres". Recuperado el 01/08/2008, de [http://www.contraloriagen.gov.co/html/contralor/contralor\\_inicio.asp](http://www.contraloriagen.gov.co/html/contralor/contralor_inicio.asp).

<sup>15</sup> Las cifras se basan en la información consolidada por el DNP, Sistema Integrado de Información Financiera (SIIF), inversión nacional 2005-2009 (apropiación inicial) y los reportes realizados por los departamentos y municipios del país (2005-2007). Los montos fueron calculados a precios constantes de 2009, empleando como TRM, \$2.091 COP por USD.

Los periodos El Niño corresponden a fases cuando la temperatura del océano Pacífico Oriental se incrementa respecto al promedio. Esto afecta la distribución de la precipitación con mayores lluvias en la parte sur del Pacífico colombiano y el piedemonte oriental de la cordillera Oriental y menores en la región Andina y el Caribe, mientras La Niña corresponde a un enfriamiento severo teniendo en cuenta la misma media, que se refleja en condiciones contrarias a las de El Niño.

Con base en los reportes de desastres del OSSO<sup>16</sup>, y de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (DGPAD), entre los años 1950 y 2007 se estableció que los desastres asociados con las lluvias tienen un incremento del 16,1% en relación con las condiciones normales durante los meses en los cuales se presenta el fenómeno de la Niña, mientras que durante el fenómeno El Niño presentan en promedio una disminución de 33,5%.

De igual forma, los reportes de desastres asociados con la sequía presentan un incremento del 216% durante los periodos El Niño y una reducción de 99,6% durante los periodos La Niña. En general, se puede concluir que históricamente un alto porcentaje de episodios relacionados con bajas precipitaciones, en especial en las regiones Andina, Caribe y Orinoquia, están asociadas con el fenómeno cálido del Pacífico (El Niño), y han impactado de diversas formas la producción agrícola, ganadera, la generación de energía eléctrica, la salud y el abasto de agua a ciudades y comunidades rurales. Obviamente, cada evento tiene sus particularidades, efectos e impactos, y un evento específico presenta características específicas y diferentes con respecto a otros. También se ha identificado que durante años La Niña se incrementa las precipitaciones en estas mismas regiones, trayendo como consecuencia un aumento en los reportes de procesos de remoción en masa, avenidas torrenciales e inundaciones.

#### 4.5.2 Eventos climáticos extremos de precipitación y temperatura

Con base en los estudios realizados por el Ideam-Dorado (2008), para 393 estaciones en los que se seleccionaron y clasificaron en rangos los eventos de lluvias mayores a 20 mm y a 50 mm en el periodo 1971 a 2006, presentados en cada mes, se encontró lo siguiente:

- Las precipitaciones mayores a 20 mm (y menores a 50 mm) se distribuyen en su mayoría en el occidente del país (Nariño y Cauca), para los meses enero, febrero y marzo; las precipitaciones mínimas se localizaron en la región Andina, norte del país y piedemonte Llanero con valores medios en la Amazonia en los meses de abril, mayo, junio y julio. Para noviembre y diciembre se minimiza esta intensidad de eventos llegando a ser este último el más bajo de los casos, con un cubrimiento significativo para el país
- Los eventos con precipitaciones mayores a 50 mm son más reducidos, siendo enero, febrero y marzo los que registran menores casos. Desde abril hasta octubre se presentan comportamientos más amplios en el rango no significativos pero con mejor distribución de eventos. En noviembre y diciembre nuevamente se reduce el número de casos de las precipitaciones mayores a 50 mm. En todos los meses se conserva la zona occidental como la más amplia en el número de eventos.

Con respecto a la temperatura, en el estudio anterior se realizó el análisis de la distribución espacial de los valores máximos, a partir del análisis de los registros de 558 estaciones distribuidas por todo el país en el periodo de 1970 a 2006, con la selección de las temperaturas máximas y las mínimas mensuales para identificar los extremos en esta variable para cada uno de los meses. Las temperaturas se distribuyeron en ocho rangos, siendo 5°C el mínimo y 46,6°C el máximo. De los resultados obtenidos se destaca lo siguiente:

- En el norte del país se encontraron temperaturas elevadas, presentando un comportamiento entre los 31,1 °C y los 41,4 °C para los meses enero, febrero y marzo; estos dos últimos meses mostraron la mayor intensidad para las regiones de la alta Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del Cesar, bajo Magdalena, litoral central, Sinú, San Jorge, bajo Nechí y Urabá. Los valores se minimizan en abril y mayo para luego incrementarse nuevamente para el periodo de junio a septiembre. Los meses de octubre a diciembre presentaron una disminución en la temperatura.
- La zona occidental presenta temperaturas máximas entre los 31 y 36°C con ligeros acompañamientos de núcleos en el norte y sur del Pacífico con temperaturas comprendidas entre 25 y 31°C. Esto se encuentra para las regiones del Pacífico norte y central, Pacífico sur y el oriente del Magdalena medio.
- En la región Andina se observan temperaturas más bajas en comparación con otras regiones. Para las regiones del alto Cauca y alto Magdalena se presentan tendencias mínimas a lo largo de las tres cordilleras, siendo la Cordillera Oriental la de mayor variación de temperatura.

16 Osso: Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOriente colombiano.

- En los llanos Orientales se observan altas temperaturas, siendo la región más cálida frente al resto del país; esto se observa en forma más clara para los primeros meses, comportamiento que luego disminuye.

Con los datos obtenidos de las anomalías de temperatura se seleccionaron dos rangos (menor a -0,5 y mayor a 0,5) para poder ver la existencia en mayor proporción de los cambios de temperatura para los próximos 20 años. En términos generales, se encontró una tendencia al incremento de la temperatura para los próximos 20 años.

De otra parte, con base en otros análisis realizados por el Ideam-Ruiz (2009) en términos generales, los valores de las temperaturas extremas (mínima y máxima) están tomando valores mayores con respecto a sus valores medios normales.

### 4.5.3 Ciclones tropicales en el Caribe

El litoral Caribe colombiano se ve afectado esporádicamente por el paso de huracanes (máxima expresión de los ciclones tropicales), debido a que está ubicado en una de las zonas ciclo-genéticas o formadoras de huracanes del mundo.

Los ciclones que potencialmente influyen en el país se forman al occidente del continente africano, donde se generan en promedio 11 ciclones tropicales por temporada (por año); estos avanzan hacia el occidente y pueden afectar de forma directa la península de La Guajira y el archipiélago de San Andrés y Providencia. Por su localización, el archipiélago insular colombiano es más propenso al paso y efectos de las categorías de huracanes más fuertes.

La temporada de huracanes normalmente ocurre desde comienzos del verano hasta finales del otoño del hemisferio norte (aproximadamente de junio a noviembre). De forma indirecta, los ciclones tropicales que se presentan en el mar Caribe, generan la activación de las precipitaciones en el interior del país. Con las lluvias se puede inducir una serie de eventos como los procesos de remoción en masa e inundaciones.

Algunos de los huracanes más destacados por su afectación sobre el territorio nacional han sido reportados en los años: 1818, 1876, 1877, 1906, 1932, 1935, 1940, 1961 con el Hattie, 1971 con Irene, 1972, 1984 y 1986, Parsons. Recientemente se destacan: en 1988 el huracán Joan, en 1993 la tormenta Bret, en 1996 el huracán César y en el año 2006 el huracán Beta. Gran parte de ellos tuvieron mayor incidencia especialmente el archipiélago de San Andrés y Providencia.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Ideam-León (2007), de los ciclones presentados en el mar Caribe para el periodo comprendido entre los años 1851 y 2005, 10% corresponde a depresiones tropicales, 48% a tormentas tropicales y 42% son huracanes (NHC<sup>17</sup>). Véanse las Figuras 4.16 y 4.17.

Figura 4.16 Ocurrencia de ciclones tropicales y huracanes (1851-2005) en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W)

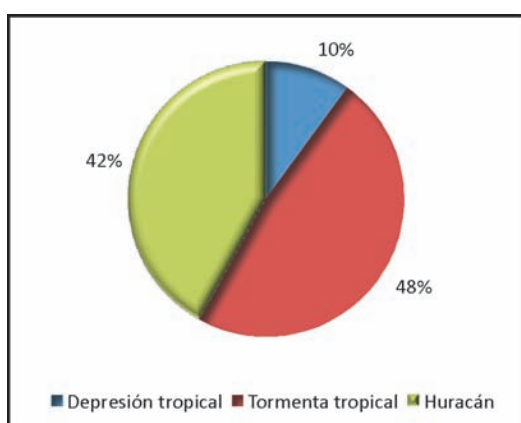
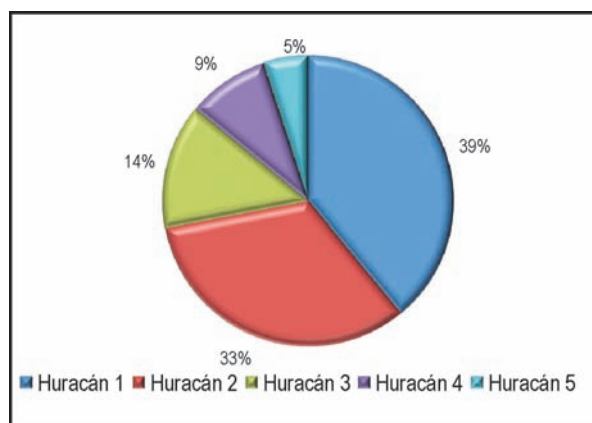


Figura 4.17 Ocurrencia de huracanes, según la escala Saffir-Simpson 3, 4 y 5 (1851-2005) en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W)



Fuente: Elaborado por Ideam-León 2007, con datos de NHC

De los huracanes que han transitado por el Caribe (Figura 4.17), 5% fueron de categoría 5, 9% categoría 4, 14% categoría 3, 33% categoría 2 y 39% de categoría 1.

Entre los años 1951 y 2005 se observa tendencia positiva al incremento de las tormentas tropicales y huracanes en el mar Caribe. Entre los años 1979 y 2005, los tres tipos de ciclones tropicales (depresiones, tormenta y huracanes), exhiben una tendencia creciente; resultados que son coherentes con los encontrados para toda la cuenca del Atlántico en los trabajos del IPCC (2007) y Landsea (2007).

En las Figuras 4.18 y 4.19 se presentan las series temporales de ciclones tropicales para los periodos 1951-2005 y 1979-2005.

Figura 4.18 Serie temporal y tendencia lineal de ciclones tropicales entre 1951 y 2005, en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W)

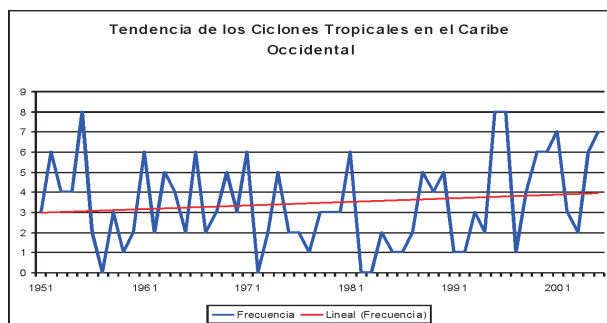
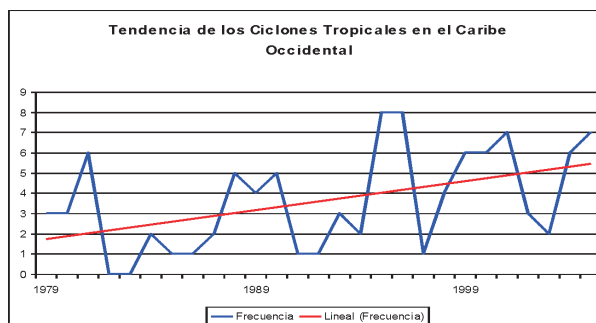


Figura 4.19 Serie temporal y tendencia de ciclones tropicales entre 1979 y 2005, en el Caribe (9°N a 18°N y 54°W a 84°W)

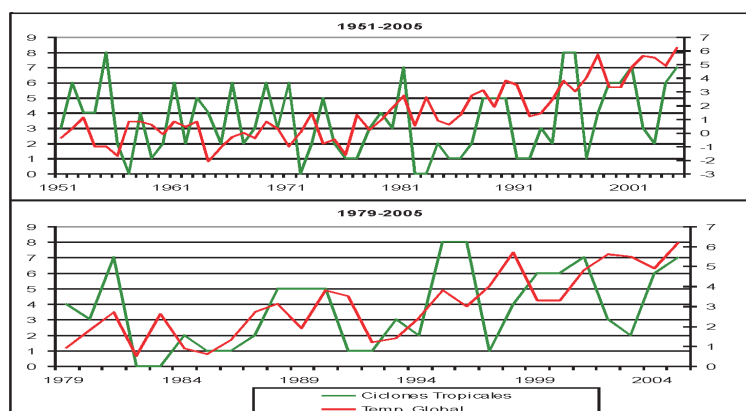


Fuente: Elaborado por Ideam-León 2007, con datos de NHC

Esta tendencia creciente en la frecuencia de ciclones tropicales en el área del Caribe está relacionada con la aparición y mayor frecuencia de estos sistemas que cruzan por latitudes más bajas en la región del mar Caribe y más cercanas a la zona continental colombiana.

Es probable que el calentamiento global esté contribuyendo para que los huracanes sean más destructivos y más frecuentes como lo muestran los registros analizados (Figura 4.20). Emanuel (2005) ha aportado pruebas de un aumento sustancial en el poder de los ciclones tropicales, señalados por la integral del cubo de los vientos máximos en el tiempo para las cuencas del Atlántico y del Pacífico occidental durante los últimos 50 años. Este resultado está apoyado por otros estudios (Webster & Hoyos), que revelan que se ha producido un aumento sustancial mundial de casi el 100% en la proporción de los ciclones tropicales más intensos (categoría 4 y 5 en la escala Saffir-Simpson), desde el periodo comprendido entre 1975 y 2004, y que ha ido acompañado de una disminución similar en los sistemas más débiles.

Figura 4.20 Serie temporal del índice de temperatura media global océano/tierra y de frecuencia de ciclones tropicales para los periodos 1951-2005 y 1979-2005 en el Mar Caribe, entre 9°N y 18°N, y 54°W a 84°W.



Fuente: Ideam-León, 2007, con datos de NHC

De los análisis adelantados por el Ideam, en términos generales, durante los eventos El Niño se presenta reducción en el número de casos de ciclones tropicales, mientras durante eventos La Niña aumentan.

Con la actual tendencia de incremento de la temperatura a nivel global se espera que en el océano Atlántico y particularmente en el mar Caribe, sea más propenso a la formación de huracanes, en especial de categorías fuertes, debido a que una de las condiciones para la generación de estos fenómenos corresponde con



temperaturas altas en la superficie del mar (por encima de 27,8°C). En términos generales, se puede prever que la intensidad de los huracanes aumente, sin embargo, es poco claro si las trayectorias dominantes o el número de eventos cambiará.

#### 4.5.4 Incendios de coberturas vegetales

Los incendios forestales incontrolados afectan todos los componentes del medio ambiente, además de ser un serio problema económico debido a las grandes pérdidas que producen. Generan la destrucción de importantes extensiones vegetales, degradación y erosión de suelos, pérdida de hábitats y fauna, cambios en la calidad del agua y el aire, entre otros (Neary *et al.*, 2005; Brown *et al.*, 2000; Smith *et al.*, 2000 y Sandberg *et al.*, 2002 en: MAVDT-Fonade, 2009). Además, en el ámbito social pueden generar problemas por interrupción en el tránsito de las carreteras o líneas férreas, interrupción de servicios eléctricos o telefónicos, destrucción de viviendas, desplazamiento y hasta muertos y heridos. Muchas zonas pueden verse afectadas de forma reiterada por los incendios, acumulándose así los efectos negativos en el tiempo con la posibilidad de volverse un problema crónico.

En Colombia se realizó (MAVDT-Fonade, 2009), un mapa de susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios, con el fin de analizar la vulnerabilidad de nuestros ecosistemas ante dicha problemática. Este mapa surgió de la caracterización de la condición pirogénica de la vegetación con base en un modelo de combustibilidad vegetal aplicado a los datos obtenidos en el inventario de incendios en los diferentes ecosistemas (1986-2005). La susceptibilidad de las coberturas vegetales a los incendios está determinada por la cantidad de combustible disponible, la disposición de estos y el grado de combustibilidad que poseen, las cuales le brindan cierto grado de vulnerabilidad tanto de sufrir daños como de resistir y de recuperarse.

Excluyendo las coberturas clasificadas como no combustibles y las áreas urbanas, las cuales tienen una extensión aproximada de 22.472 km<sup>2</sup> (1,97% de la superficie del país), las áreas con susceptibilidad baja son las de mayor extensión con un área de 668.938 km<sup>2</sup> (58,99%), seguidas por las áreas de susceptibilidad alta con 21.0494 km<sup>2</sup> (18,44%). Las categorías de muy alta, moderada y muy baja susceptibilidad alcanzaron áreas de 57.625; 79.676 y 75.582 km<sup>2</sup>, respectivamente, totalizando una menor extensión a nivel nacional.

Todos los biomas existentes presentan en algunas zonas una susceptibilidad baja, razón por la cual esta categoría abarca la mayor extensión a nivel nacional. Por otra parte, las áreas agrupadas dentro del rango de susceptibilidad alta, ocupan el segundo lugar en cuanto a superficie ocupada en el país, donde sobresalen los ecosistemas herbáceos y de pastizales en los biomas de la Orinoquia y Amazonia, y los agroecosistemas dentro del bioma Andino Bajo<sup>18</sup>.

Las áreas con muy altas y altas susceptibilidades corresponden a las áreas de pastizales y herbazales de los biomas de la Orinoquia y la Amazonia, como era de esperarse, ya que en esta área se presentan los ecosistemas naturalmente influidos por el fuego. Sin embargo, por el alto grado de susceptibilidad se hace necesario el control y prevención constante de estas biocenosis, debido a que es una zona importante de producción agropecuaria del país, donde culturalmente se usan prácticas de roza y quema, lo cual aumenta su vulnerabilidad a los incendios descontrolados.

Otros biomas categorizados en el rango de muy alta susceptibilidad, son los orobiomas bajo y alto de los Andes, donde se ubican diferentes agroecosistemas, herbazales, pajonales, pastizales y bosques bajos de zonas altoandinas y de páramo. Durante las épocas en las cuales se presenta el fenómeno de El Niño, la susceptibilidad de la vegetación a los incendios, en esta área del país, aumenta considerablemente por efecto de las sequías prolongadas y por el incremento de la temperatura y la insolación.

## 4.6 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL

La metodología utilizada para evaluar la vulnerabilidad y definir las estrategias de adaptación, parte del análisis de las condiciones actuales de desarrollo del país agrupados en sistemas naturales y sociales. En los sistemas sociales se incluyen los asentamientos humanos, la infraestructura, los sectores productivos y las relaciones sociales y económicas generadas.

### 4.6.1 El enfoque y propósito del método

Si bien la vulnerabilidad varía mucho entre las comunidades, los sectores, y las regiones, se debe partir de la dificultad misma de separar causas y efectos de la misma variabilidad climática y del cambio climático. Por lo anterior se

desarrolló una forma y método que le permita al país la comparación de los análisis y evaluaciones que se realicen por los diferentes sectores e involucrados.

El ejercicio se basa en la discusión con expertos de los sectores directamente relacionados con la afectación de las emisiones a nivel global, los cuales se identifican tanto por los efectos en el clima y la productividad como las relaciones entre el ambiente, los recursos naturales y las comunidades (sectores, población o sociedad). En consecuencia, el método además de ser un desarrollo conceptual y procedimental, facilita ver los resultados secuenciales de un tipo de investigación comprensiva y explícita.

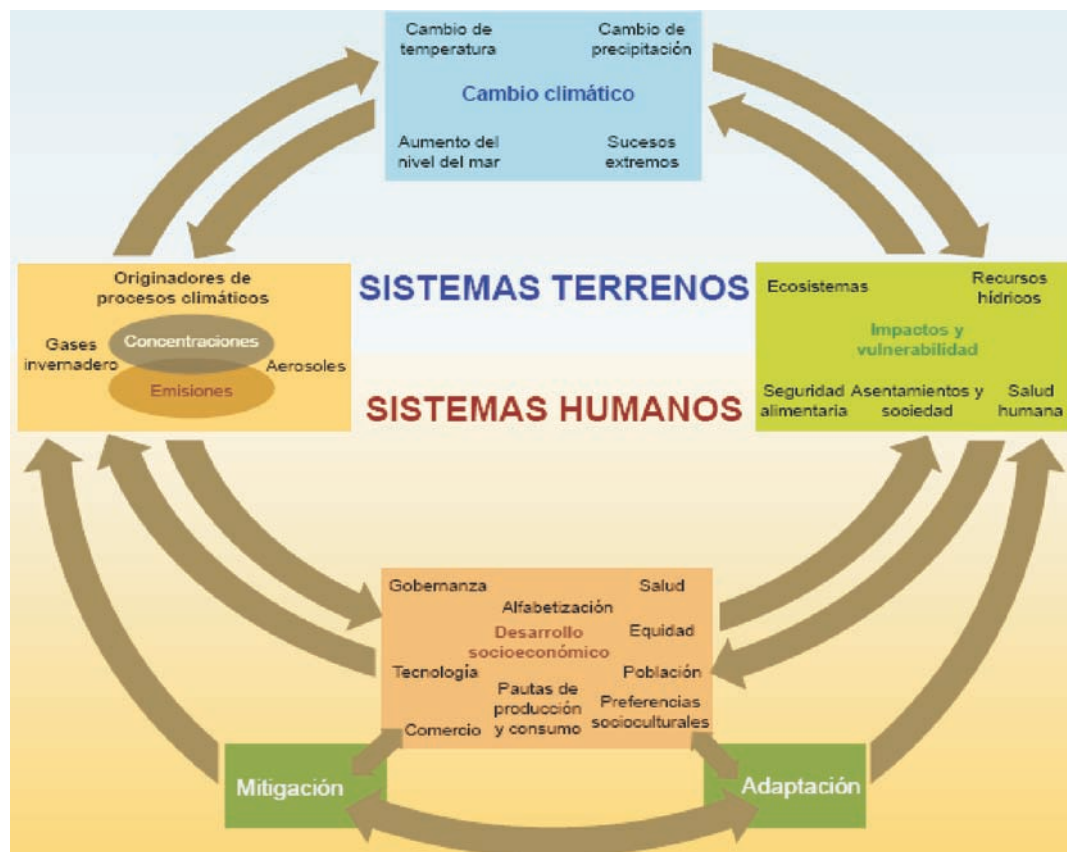
Para tales fines, se requiere de manera previa, aclarar algunos conceptos claves de la metodología y estado del marco de referencia.

#### 4.6.2 Marco de referencia

Como referencia general, se parte de la definición dada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007, p. 113) quien define la vulnerabilidad "como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos..."

En la siguiente figura se muestra el esquema básico con el cual se soportó el proceso, teniendo en cuenta la revisión de los enfoques y métodos de diferentes lugares. Uno de los referentes principales se tomó de la documentación del Cuarto Informe de Evaluación CIE (IPCC, 2007) el cual se muestra en la Figura 4.21. Tal esquema, si bien identifica las variables o insumos que se valoraron, muestra la interrelación y dificultad al momento de generar la secuencia de procedimientos.

Figura 4.21 Metodología general para el análisis de la vulnerabilidad



Fuente: IPCC, 2007. Cuarto Informe de Evaluación, CIE

#### 4.6.3 Estructura general

De los conocimientos logrados con el análisis de amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo, diferentes referencias de la literatura sobre tal ámbito han relacionado tales factores o variables con la siguiente expresión:

### **Riesgo = Amenaza (Peligro o Evento climático Adverso) \* Vulnerabilidad. Ecuación 1**

En el proceso desarrollado se ha mantenido tal enfoque (ecuación 1), con el fin de facilitar los respectivos análisis y valoración del riesgo. Lo anterior permite, además de lograr una mayor integración con los especialistas en el área de los riesgos, optar por las opciones más apropiadas en la aplicación de los recursos por los tomadores de decisiones.

Es por ello que se ha tomado la amenaza natural como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un determinado periodo de tiempo. Es decir, la probabilidad de ocurrencia (amenaza) del evento adverso, operada en forma multiplicativa por las pérdidas (impacto) o vulnerabilidad, determina el riesgo de pérdida de bienes, servicios o funcionalidad.

La vulnerabilidad, según Varnes (1984, en Suárez, 1998, p. 362 y 368) es el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. Es decir, las pérdidas potenciales son el referente del impacto potencial.

En complemento con el concepto expuesto en los deslizamientos (enfoque anterior), vale citar a Chow, Maidment y Mays (1994, p. 433), quienes definen el riesgo hidrológico natural o inherente de falla a través de la siguiente expresión:

$$R = 1 - [P(X > x_T)]^n. \text{ Ecuación 2}$$

Donde:  $P(X \geq x_T) = 1/T$ ;  $n$ : es la vida útil de la estructura;  $R$ : representa la probabilidad de que un evento  $X$  e "  $x_T$  ocurra por lo menos en  $n$  años. Al reexpresar la ecuación anterior del riesgo se tiene la siguiente ecuación:

$$R = 1 - [(1 - 1/T)]^n. \text{ Ecuación 3}$$

Se colige con base en lo anterior, que en las ecuaciones anteriores de Chow *et al.*, (1994) se hace referencia a la amenaza, según la metodología del presente documento.

Por su parte, si bien el IPCC ajustó su definición de vulnerabilidad, la cual se sigue igualmente para la presente metodología, es necesario resaltar que la vulnerabilidad se considera como los impactos residuales del cambio climático, luego que han sido implementadas las medidas de adaptación. La expresión adoptada en la presente metodología se basa en la siguiente expresión:

$$\text{Vulnerabilidad} = [\text{Impactos potenciales negativos}] - [(\text{Impactos pot. negativos}) * \text{Capacidad de adaptación}].$$

Ecuación 4

Es importante tener en cuenta que la vulnerabilidad puede corresponder a las condiciones actuales (es decir, la línea de base de vulnerabilidad definida por condiciones socioeconómicas). Sin embargo, puede extenderse al futuro como un escenario de referencia de la vulnerabilidad socioeconómica. Asimismo, diferentes autores se refieren a la vulnerabilidad futura en relación con el cambio climático, para lo cual se usa el término vulnerabilidad al cambio climático, según la definición del IPCC (Pnud, 2005).

Con tales definiciones, el marco conceptual que integra tanto la mitigación como la vulnerabilidad, tomó en cuenta el modelo de las variables mostradas, tanto por el IPCC (2007, en el CIE), como una parte de la estructura planteada por Isoard, G. & Zebisch<sup>19</sup> (2008).

En las definiciones es necesario advertir la diferencia entre la mitigación que se realiza en los procesos o medidas de manejo ambiental de proyectos, obras o actividades con la acepción o significado establecido por el IPCC<sup>20</sup>.

Con tales referentes, el proceso de construcción metodológica se fundamentó en la discusión al interior del Ideam, tanto con los profesionales de la Subdirección de Estudios Ambientales como con los expertos de las Subdirecciones de: Hidrología, Meteorología y Ecosistemas, y la Dirección General. Adicional al debate interno en el Ideam se planearon y estructuraron más de diez talleres con expertos de los sectores<sup>21</sup> agrícola, ganadero, energético, social, ecológico y ambiental; además de las relacionadas directamente con las herramientas de apoyo metodológico y SIG<sup>22</sup>.

19 Isoard, G. & Zebisch, 2008. En: EEA Report No. 4/2008. Impacts of Europe's changing climate (2008 indicator) based assesment.

20 Mitigación: Intervención humana destinada a reducir las fuentes o intensificar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI). En otras palabras: Medidas relacionadas con la reducción de emisiones de GEI y/o captura o almacenamiento de GEI.

21 La estructuración y temas discutidos se pueden encontrar en Ideam-Lamprea (2010), referente al documento interno del Ideam del proceso metodológico.

22 Acrónimo para los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

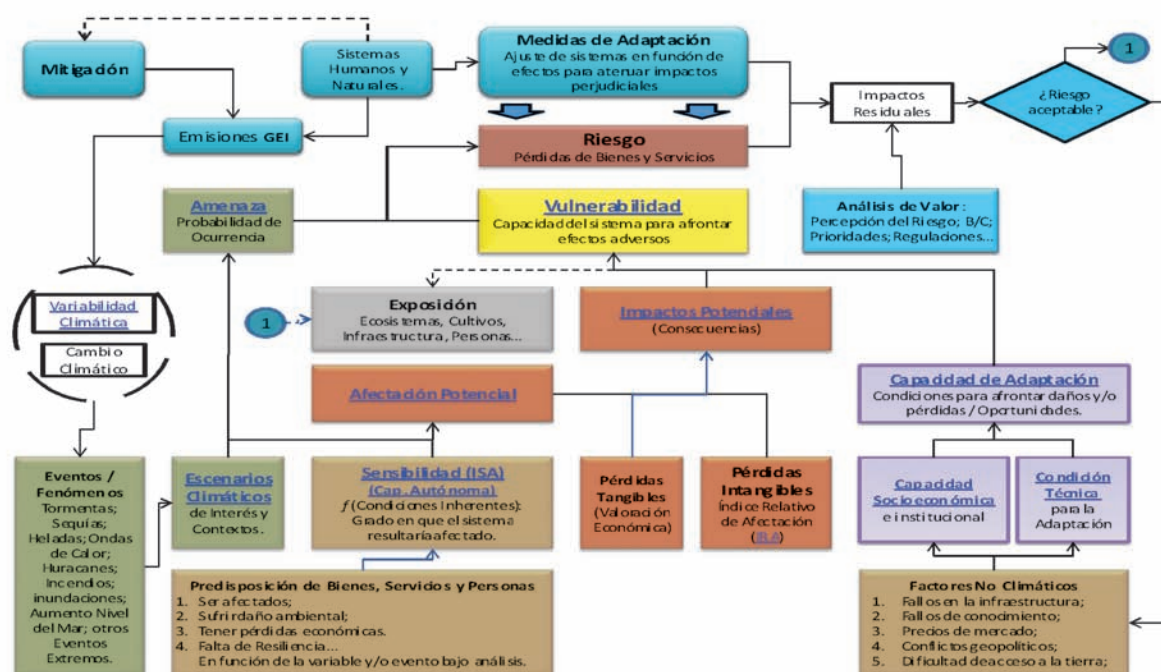
#### 4.6.4 Marco metodológico

La metodología utilizada para la evaluación de la vulnerabilidad permite identificar regiones, coberturas y/o sectores más vulnerables y/o zonas críticas, previa la obtención de los resultados intermedios.

Como se indicó, el fin principal es servir de soporte para el diseño y la evaluación de medidas de adaptación, con la posibilidad de incluir criterios de manejo con la optimización de metas que permitan reducir la vulnerabilidad. Con base en las discusiones realizadas dentro del proceso (talleres y reuniones previas), junto con los productos obtenidos de los talleres realizados con los diferentes sectores y el proceso de sistematización con el SIG, se logró obtener la estructura metodológica o modelo para evaluar la vulnerabilidad. Véase la Figura 4.22.

Es necesario tener en cuenta que la probabilidad de que se presente un nivel o categoría de pérdidas se considera bajo la ocurrencia del escenario bajo examen. Es decir, la dimensión o determinación de la vulnerabilidad resulta tanto de la condición de ocurrencia de un evento de determinada magnitud, en un área y tiempo específicos, y en función de las pérdidas, daño o afectación del sistema (natural o antrópico). En el apartado donde se explica la amenaza se amplía el criterio del riesgo como la probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso y sus consecuencias o impactos en un contexto y bajo unas condiciones determinadas.

Figura 4.22 Estructura metodológica para evaluar la vulnerabilidad



Fuente: Ideam-Cabrera & Lamprea, 2010. Con insumos de diferentes modelos

#### 4.6.5 Amenaza

La amenaza se definen como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado. (MAVDT-Millán, 2005, p. 16). Asimismo, la amenaza hace referencia a la probable ocurrencia de un fenómeno, sea natural o generado por el hombre de forma no intencional, que tenga la potencialidad de generar daños y pérdidas en un contexto social, temporal y espacial determinado. (MAVDT, 2005, p. 19).

En términos más técnicos, la definición de amenaza puede expresarse como la probabilidad de excedencia de cierto parámetro del fenómeno bajo consideración en un periodo de tiempo determinado, según la siguiente expresión:

$$H(\vec{a}, t) = P(A > a | t_1 < t < t_2)$$

Donde,  $\vec{a}$  es el vector de parámetros utilizado para describir la amenaza; y el intervalo  $[t_1, t_2]$  es el periodo de tiempo para el cual se hace el análisis. La intensidad del evento puede representarse por un parámetro específico del fenómeno; tal como la aceleración pico esperada del sismo, la precipitación máxima probable, etc., o simplemente por su severidad (Sánchez, 2005, p. 58).



La probabilidad de ocurrencia de un determinado evento varía desde imposibilidad de ocurrencia del suceso (0), la frecuente presencia (plausible o posible) hasta la seguridad misma de que éste ocurra (1). Así, un evento con alta probabilidad de ocurrencia tendrá un valor cercano a la unidad (1) y para el evento de ocurrencia nula se le asignará una probabilidad de cero (0), o excepcionalmente improbable tendría una cifra cercana a cero.

#### 4.6.6 Escenarios climáticos

Para el ejercicio realizado se optó por utilizar el resultado del multimodelo de precipitación media para los periodos 2011 a 2040<sup>23</sup> y 2071 a 2100 (Ideam-Ruiz, 2010), el cual se muestra en la Figura 4.22. Dicho escenario de lluvias se adoptó por representar condiciones más “esperadas” con respecto a la emisión de gases de efecto invernadero. Además, dicha variable permite diferenciar con mayor claridad y correspondencia directa, los efectos de reducción o aumento de la cantidad sobre diferentes sectores y ecosistemas en todo el territorio nacional. Asimismo, vale tener en cuenta que cuando se evalúa la incertidumbre respecto al impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos (por ejemplo), un planteamiento probabilístico multimodelo es preferible que utilizar los resultados de un solo modelo climático (IPCC, 2008, p. 49).

#### 4.6.7 Áreas de exposición

El grupo o áreas de exposición lo constituyen principalmente: personas (asentamientos humanos), recursos (agua, vegetación, suelo), actividades económicas (sectores) o regiones. Por ejemplo, un enfoque en los sectores seleccionados tendrá que ver con los alimentos básicos, además del análisis general de las personas, los ecosistemas y servicios prestados. Es decir, la exposición determina uno de los factores de riesgo establecidos por los límites de un espacio territorial, cantidad de recursos específicos o actividades realizadas por un grupo que se pueden ver afectados por las variaciones o cambios climáticos.

La exposición para el ejercicio desarrollado se presenta en términos de áreas de cobertura, porcentajes, personas, etc., basados en el análisis de los escenarios de cambio climático por aumento de temperatura y/o variación de la precipitación, frente a los mapas temáticos (infraestructura, población, recurso, etc.). En nuestro caso corresponde a los polígonos donde se esperan variaciones de precipitación y temperatura, según las Tablas 4.10 y 4.11. El modelo adoptado establece una condición previa para que se genere una pérdida o afectación sobre determinado recurso o actividad por ejemplo, de ahí que se incluya el escenario y/o evento amenazante según la ubicación de la Figura 4.22.

Para facilitar la lectura e interpretación de los mapas y cuadros, se utilizó la identificación de los colores, símbolos y significado que muestran en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Clasificación de los rangos de variación de la precipitación con respecto al clima presente

Descripción	Variación de la precipitación en el ensamble multimodelo y calificación establecida				
	Reducción mayor a 30%	Reducción de 10 a 30%	Reducción y/o Incremento de 10%	Incremento del 10 a 30%	Incremento mayor a 30%
Calificación	5	4	1	2	3
Color	Rojo	Naranja	Verde oscuro	Verde claro	Amarillo
Interpretación	Muy bajo (Mb)	Alto (A)	Muy bajo (Mb)	Bajo (B)	Moderado o medio (M)

Fuente: Ideam-autores, en el proceso

Con respecto a los escenarios de temperatura se tiene la siguiente clasificación presentada en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Clasificación de los rangos de temperatura

Descripción	Variación de la temperatura para el escenario				
	De 1,1 a 2 °C	De 2,1 a 3 °C	De 3,1 a 4 °C	De 4,1 a 5 °C	Mayor de 5 °C
Calificación	1	2	3	4	5

Fuente: Ideam-autores, en el proceso

23 La estimación más idónea de las proyecciones obtenidas de los modelos indica que, de aquí al año 2030, el calentamiento medio decenal en cada continente habitado no depende del escenario IE-EE escogido, y que es *muy probable* que duplique como mínimo (en torno a 0,2°C por decenio) la variabilidad natural correspondiente, estimada mediante modelos, durante el siglo XX. Según los escenarios del IEE, si en ausencia de mitigación prosiguieran las emisiones de gases invernadero a un ritmo igual o superior al actual, se produciría un calentamiento adicional, y el sistema climático mundial experimentaría durante el siglo XXI numerosos cambios, *muy probablemente* mayores que los observados en el siglo XX (IPCC, 2008, p. 25).

Para efectos de analizar el comportamiento conjunto de las dos variables anteriores, se optó por el índice de clasificación climática de Lang, el cual se analiza al final del documento.

#### 4.6.8 Decisión de la valoración

En la Tabla 4.12 se presenta un ejemplo de matriz de decisión utilizada, según los rangos (0,0 a 1,0) del cruce de condiciones, bien sea de las variables de sensibilidad o del nivel de afectación.

Tabla 4.12. Matriz de Análisis para la Decisión (MAD) del cruce de variables

Poblacional	Económico	Componente Ecológico / Ambiental	Nivel Consecuencias	Probabilidad de Ocurrencia / Sensibilidad					Valores del Cruce / Calificación			
				1	2	3	4	5	Cal.	Nivel	Rango	
				0,0 a 0,2	0,2 a 0,4	0,4 a 0,6	0,6 a 0,8	0,8 a 1,0				
Municipios (7) con > 500.000 habitantes (33%)	>\$100M USD	1) Impacto Internacional. 2) (Afectación negativa a 5 ó más bienes y/o spp. endémicas; servicios ambientales) 3) Índice de aridez: < 0,65. 4) Áreas con pendientes > 75%. 5) Vegetación de bosques de alta montaña y superiores, bosques xerofíticos, áreas de humedales, litorales costeros, marismas y ciénagas. 6) Parches < 12,5 km2. 7) Profundidad efectiva < 0,25 m	5	4	4	5	5	5	Muy alta	5	0,80	1,00
Municipios (19) de 200.000 a 500.000 habitantes (16%)	\$10M a 100M USD	1) Impacto Nacional. 2) (Afectación negativa hasta 4 bienes y/o spp endémicas; servicios ambientales). 3) Índice de aridez: 0,65 – 0,75. 4) Áreas con pendientes > 75%. 5) Bosque secundario (con 2 ó más estratos), bosques espinoso o muy seco, matorral desértico y similares. 6) Parches. 7) Profundidad efectiva.	4	3	4	4	5	5	Alta	4	0,60	0,79
Municipios (87) de 50.000 a 199.999 habitantes (18%)	\$1M a 10M USD	1) Impacto Regional. 2) (Afectación negativa hasta 3 bienes y/o spp. endémicas, servicios ambientales). 3) Índice de aridez: 0,75 - 0,85. 4) Áreas con pendientes > 50% y < 75%. 5) Arbustales o misceláneos de vegetación (exceptuando Veg. de páramo y zonas o formaciones del tipo 4 anterior). 6) Parches 25 - 50 km2.	3	3	3	4	4	5	Media	3	0,40	0,59
Municipios (235) de 20.000 a 49.999 habitantes (16%)	\$100K a 1M USD	1) Impacto Municipal. 2) (Afectación negativa hasta 2 bienes y/o spp. Endémicas; servicios ambientales). 3) Índice de aridez: 0,85 – 1,0. 4) Áreas con pendientes > 25% y < 50%. 5) Herbazales con árboles o arbustos aislados, sabanas arboladas de los bosques secos (exceptuando Veg. de páramo). 6) Parches 50-100 km2, 7) Profundidad efectiva 0,50 a 1,0 m	2	2	3	3	4	4	Baja	2	0,21	0,39
Municipios (767) de < 20.000 habitantes (17%)	< \$100K USD	1) Impacto Local. 2) (Afectación negativa hasta 1 bien y/o spp. endémica; servicios ambientales). 3) Índice de aridez: > 1,0. 4) Áreas con pendientes > 12% y < 25%. z) Agro ecosistemas (Mezclas de árboles con cultivos o pasturas). 6) 7) Profundidad efectiva > 1,0 m	1	2	2	3	3	4	Muy baja	1	0,00	0,20
Clasificación para la Vulnerabilidad Conjunta	Cifras hipotéticas	Sin Impacto notorio.	0	1	2	3	4	5				
Consecuencias / Impactos				Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta				
				Interpretación de la Clasificación								

Fuente: Ideam-autores. Desarrollada en el proceso adaptado de varias fuentes

Con dicha matriz como ejemplo, se busca calificar y definir los rangos y niveles de interpretación para el cruce de variables. Es procedente mencionar que dependiendo del operador matemático entre las variables, algunos niveles se estarían desplazando y/o reduciendo en las frecuencias de ocurrencia de los rangos de clasificación.

#### 4.6.9 Evaluación de la sensibilidad ambiental

La sensibilidad está definida como el grado en que un sistema puede ser afectado positiva o negativamente, por los estímulos relacionados con el clima<sup>24</sup>. La sensibilidad también puede ser determinada como el grado con el cual un sistema es afectado o reactivo a los estímulos del clima (Aerts & Droogers, 2004).

La sensibilidad, además de variar en función del tipo de intervención a que será sometido el elemento o grupo analizado por los agentes climáticos, responde en función de las condiciones inherentes bien sea por la estructura, arreglo, composición y relaciones para hacer frente al agente adverso. Como ejemplo, se asocia la elevada sensibilidad de la materia orgánica en la alta montaña con el incremento de temperatura, la cual al degradarse modificará los

<sup>24</sup> Climate change vulnerability and adaptation indicators. Mike Harley, Lisa Horrocks and Nikki Hodgson (AEA), Jelle van Minnen (PBL). European Topic Centre on Air and Climate Change.

procesos de regulación hídrica de las cuencas allí presentes y, por lo tanto, los regímenes de caudales; es decir, dicho ecosistema sería más sensible que la selva tropical húmeda (para las condiciones mencionadas). Adicionalmente, se puede comparar un suelo con alta capacidad de almacenamiento hídrico (profundidad efectiva, y/o materia orgánica, p. ej.) para soportar mayores exigencias en los periodos de sequía, convirtiéndose así en una menor sensibilidad ante eventos más severos provocados por una mayor variabilidad o cambio climático.

Un enfoque importante en el análisis de la sensibilidad para reducir la vulnerabilidad es la identificación de factores o variables de intervención con opciones de respuesta favorables<sup>25</sup>. Se puede dar el caso de condiciones relacionadas con prácticas de manejo agrícolas que podrían empeorar la estructura y consistencia de los suelos, haciéndolos menos eficientes en la retención de humedad disponible para las plantas o en la generación de mayores escurrimientos si se afecta el coeficiente de escorrentía cuando aparece la destrucción de las características deseables de una buena infiltración.

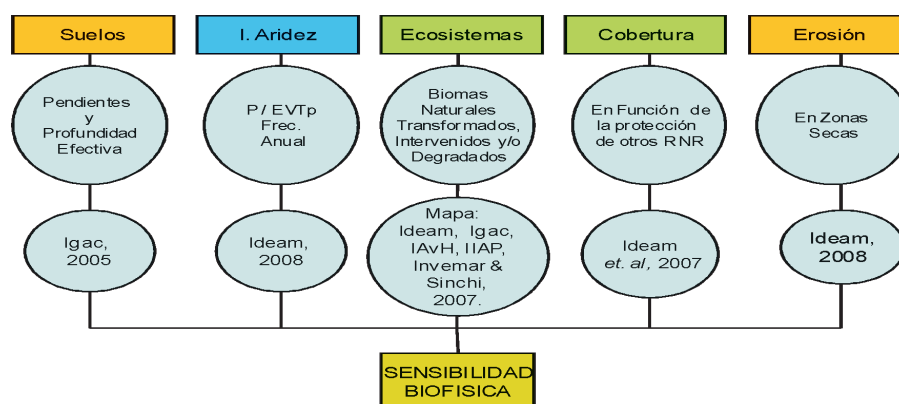
Vale mencionar, por consiguiente, que el análisis del recurso tendría que ser evaluado en función de dos comportamientos para los diferentes periodos (secos y húmedos) frente a la respuesta del medio, pues a pesar de identificarse un posible aumento en el rendimiento futuro, por ejemplo, se podría estar ingresando al manejo de procesos de degradación y/o pérdida de suelo por el potencial arrastre del mismo por la mayor escorrentía; una menor cantidad significaría posiblemente un detrimento de la disponibilidad de agua superficial. Por ello, la vulnerabilidad del recurso hídrico superficial resulta más compleja de evaluar y de involucrar en las características para analizar la sensibilidad.

Además, es necesario tener en cuenta la evolución de la vulnerabilidad socioeconómica (que podría ser relacionada con la capacidad autónoma), la cual puede influir en la sensibilidad del medio natural al estar ligada fundamentalmente con factores no climáticos como son: fallos en la infraestructura, factores o relaciones de mercado negativas para la comercialización de productos o servicios, fallos en el conocimiento del problema a resolver, conflictos geopolíticos que desmejoren las relaciones para una buena producción o rentabilidad, desequilibrios o inequidades en el acceso a las tierras aptas para la producción y, por qué no, la falta de resiliencia vista como un todo y no solamente basada en el concepto biofísico. Estos factores fueron involucrados en el análisis de la condición actual o voluntad de adaptación, los cuales son analizados más adelante. Tales variables o factores afectan el comportamiento presente y futuro de la adaptación endógena, ya sea planificada o autónoma. En resumen, las condiciones inherentes o predisposición a sufrir la afectación, daño o pérdida de un grupo, área, ambiente o territorio en relación con otras, caracteriza la sensibilidad.

En los talleres se encontró la oportunidad para discutir el entorno para analizar cómo interactúan los factores no climáticos con las actividades específicas y temas de desarrollo sostenible. En el Anexo 4.1 se encuentra un resumen de los resultados obtenidos en los talleres realizados con los diferentes sectores que colaboraron con el desarrollo metodológico.

Para la simulación y obtención de los productos intermedios se involucraron las siguientes variables biofísicas que se muestran en la Figura 4.23.

Figura 4.23 Variables empleadas para obtener el índice de sensibilidad ambiental o biofísica (ISA)



Fuente: Ideam-Carrillo & Lamprea, 2010. Desarrollado en el proceso

Teniendo en cuenta las variables empleadas, es necesario advertir que en la medida que se incluyan otras variables, seguramente se mejora la captura de información que explica ciertas condiciones propias de los diferentes territorios o ambientes; no obstante, no se debe perder de vista los efectos de tener factores redundantes que pueden enmascarar variables clave que explican de manera eficiente el comportamiento ante un evento adverso, o también una mayor ponderación o ampliación de la expresión misma dentro del territorio.

Un estudio que se utilizó como insumo para obtener información es referido al análisis del proceso de desertificación adelantado por el Ideam-Carrillo (2008), el cual está relacionado con los fenómenos climáticos, tal como se puede observar más adelante en la Figura 4.25.

#### 4.6.9.1 Ecosistemas secos y desertificación

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) reconoce en su preámbulo que “los países de baja altitud y otros países insulares pequeños, los países con zonas costeras bajas, zonas áridas y semiáridas, o zonas expuestas a inundaciones, sequía y desertificación, y los países en desarrollo con ecosistemas montañosos frágiles, son particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático”. Colombia posee diferentes regiones con las características antes mencionadas, las cuales son analizadas en el presente aparte. Ver el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 La desertificación

La convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (1994), define el proceso como: la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Las causas de la desertificación están asociadas con el clima, la pobreza, el uso de tecnologías no adecuadas y la escasez de alimentos entre otras.

Para la determinación de las zonas secas del país se consideraron indicadores climáticos como el índice de aridez de la Unesco (1997), donde la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0,02 y 0,75; indicadores bióticos como las coberturas vegetales xerofíticas e indicadores edáficos como los suelos con deficiencia de humedad (ústicos y áridos).

Fuente: tomado de las referencias citadas.

- Índice de aridez

Es necesario tener presente la diferencia entre la aridez y la sequía. En ambos casos el problema fundamental es la carencia de agua, pero mientras que la aridez es un fenómeno climatológico ligado a la circulación de las masas de aire alrededor de la Tierra y, por lo tanto, permanente y continuo, la sequía es un hecho ligado a la distribución estacional de la precipitación anual, que pasa por una serie de valles y picos con un periodo de repetición semialeatorio.

La Unep (United National Environment Programm) define la clasificación de índices hasta el rango de 0,65; la cual, al compararla con la clasificación de la Unesco, fue necesario ampliar el rango a) hasta 0,75 (seco subhúmedo), con base en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13 Clasificación de la aridez

Clasificación	Descripción	Rango
A	Seco subhúmedo	0,50 a < 0,65
B	Semiárido	0,20 a < 0,50
C	Árido	0,02 a < 0,20
D	Hiperárido	<0,02

Fuente: Thomas, 1997 adaptada con UNEP, 1992

Con la disponibilidad de los datos de todo el país, se realizó el cálculo:  $P/EVTp^{26}$ , y se adelantó la representación cartográfica para cada mes. Adicionalmente, se realizó un conteo por estación de los meses que presentan un índice de aridez menor de 0,75; con lo cual se generó un mapa de la temporalidad de las zonas con escasez.

En este orden de ideas, se identificaron las zonas que por clima, suelos, cobertura de la tierra y ecosistemas, presentan características de ambientes secos y que, además, tienen evidencias de degradación por erosión y salinización. Según tales áreas al ser evaluadas y calificadas en función de la vulnerabilidad al cambio climático y su estado de degradación, se tiene que aproximadamente 24% del territorio nacional es vulnerable a desertificarse y 14% está degradado en diferente intensidad, como se puede apreciar en la Tabla 4.14.

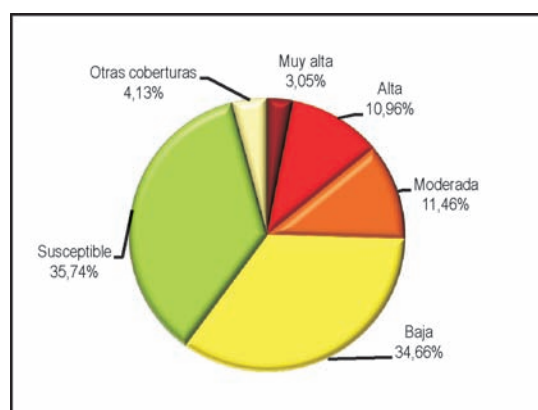
26 Precipitación / Evapotranspiración potencial.



Tabla 4.14 Distribución de los niveles de desertificación

DESERTIFICACIÓN	ÁREA PAÍS	% PAÍS	% ÁREAS SUSCEPTIBLES	COLOR
Total de zonas susceptibles	27.311.651,68	23,77	100	
Total en desertificación	16.422.065,72	14,30	60	
Muy alta	832.420,32	0,72	3,06	
Alta	2.993.620,90	2,61	10,96	
Moderada	3.129.057,81	2,72	11,46	
Baja	9.466.986,68	8,24	34,66	
Susceptibles	9.760.664,34	8,90	35,74	
Otras Coberturas	1.126.901,63	0,98	4,13	
	71.045.389,10	23,77	100,00	
Estaciones meteorológicas con índice de aridez menor de 0,75				

Figura 4.24 Distribución porcentual de la desertificación en Colombia % 2008.



Fuente: Ideam-Carrillo, 2008 y 2009

En la Figura 4.24, se presenta la distribución de los diferentes grados de desertificación y en la Figura 4.25 se presenta el mapa donde se expone cartográficamente la distribución porcentual de la desertificación en Colombia.

Las zonas que tienen un impacto potencial (o en proceso) a la desertificación, se encuentran en las regiones de la Orinoquia, Caribe y Andina. En la Orinoquia se encuentra 45,06% de las zonas secas a subhúmedas del país, en la región Caribe 28,47% de las zonas secas y en la región Andina 24,73%. Véase la Figura 4.25.

Una de las regiones más afectadas por la desertificación en extensión e intensidad es la Caribe, que presenta suelos superficiales, poco evolucionados y pH neutros a básicos, resultado de un clima donde domina la evapotranspiración sobre la precipitación, lo cual favorece la acumulación de sales en los horizontes superficiales. Véase el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Proceso de salinización

Los suelos salinos son aquellos que presentan un contenido alto de sales que afectan el crecimiento vegetal y causa disminución en la productividad de los cultivos.

Se considera que en términos generales para cultivos promedios, 4 milomhos por cm (25 °C) establecen la diferencia entre suelos afectados o no por sales. Taxonómicamente 2 mmho/cm, en la parte superior del perfil se utiliza como criterio de diagnóstico. (Cortés & Malagón, p. 290)

El sodio intercambiable en concentraciones mayores al 15% ejerce su mayor efecto en el crecimiento de las plantas por la dispersión del suelo. Sólo un 10% de sodio intercambiable en suelos de textura fina (arcilloso) y 20% en suelos arenosos han sido considerados como niveles con problema (Donahue, 1981, p. 269).

Fuente: Donahue (1981) y Cortes & Malagón (1984)

La región de la Orinoquia es la más representativa en extensión por el fenómeno, además de ser calificada a la desertificación como media y baja, pues los niveles de erosión son ligeros (ver el Cuadro 4.5). Dicha región se caracteriza por una marcada estacionalidad seca entre los meses de diciembre y abril, con lluvias abundantes el resto del año que proporcionan un intenso lavado de los nutrientes de los suelos que son altamente evolucionados.

Cuadro 4.5 Grados de erosión

Erosión ligera o laminar: se refiere a la remoción más o menos uniforme del suelo en un área donde no se noten canales conspicuos. Los canales son pequeños y tortuosos, muy numerosos e inestables, y se aumentan o alargan conforme aumenta el volumen de escurrimiento superficial (Manual de levantamiento de suelos, 1965), pero son fácilmente "borrables" con las labores de labranza.

Erosión moderada: superficialmente se presentan canales de desagüe (menos de 33 cm de profundidad), son lo suficientemente pequeños como para borrarse con el uso de implementos corrientes de labranza (Villota, 1989).

Erosión severa: "Los surcos sin prácticas de manejo se transforman en cárcavas las cuales se disectan tan profundamente en el suelo que el terreno no puede nivelarse con los instrumentos de labranza ordinarios" (FAO, 1967). A esta categoría se le han sumado las llamadas zonas eriales o Bad Lands.

Fuente: Diferentes autores citados.

Otra región que se encuentra altamente afectada es la Andina. Se destacan áreas como: el valle del Chicamocha en la vertiente occidental de la cordillera Oriental, el valle del Alto Magdalena en los departamentos del Tolima y Huila, el valle del río Cauca dentro del mismo departamento, una pequeña área en el departamento de Antioquia, y un área extensa del valle Alto del río Patía con sus principales tributarios que son el río Mayo y el Juananbú, que cubre parte del los departamentos de Cauca y Nariño.

Una de las zonas con mayor importancia económica por la actividad agrícola corresponde al Triángulo del Tolima. Dicha zona si bien se encuentra clasificada en desertificación con grado medio, su productividad está basada en el distrito de riego Uso-Coello.

Al confrontar las áreas con desertificación con los resultados de la cartografía obtenida de los escenarios climáticos futuros, se encuentra que las áreas identificadas con este proceso de degradación, tienen correspondencia con zonas donde se espera en el periodo proyectado una reducción en la precipitación, junto con la posibilidad del aumento en la temperatura hasta cuatro grados Celsius. Con base en lo anterior, se esperaría un aumento de la evapotranspiración y disminución de la precipitación lo cual conlleva a inferir una disminución en el índice de aridez (más adverso) respecto al valor actual, incrementando las necesidades de agua en las regiones ya identificadas en desertificación.

Con respecto a las zonas secas, los principales impactos, tanto positivos como negativos, se asocian con fenómenos de disminución o aumento de la precipitación, con el aumento de la temperatura, con las inundaciones, con los incendios y con los huracanes; estos dos últimos eventos presentan los valores más altos de sensibilidad para las variables analizadas de afectación a la población, daños ambiental, pérdidas económicas y funcionalidad. Sin embargo, a mediano y largo plazo, la disminución de la precipitación que también se espera en gran parte de las zonas secas de Colombia presenta valores altos; se encuentra que un porcentaje importante de estas áreas tiende a la desertificación.

Lo anterior, aunado al desarrollo de actividades agrícolas que demandan un alto consumo de agua así como al desarrollo de gran minería en estos ecosistemas frágiles, conlleva al aumento de la afectación, además de ser necesario desarrollar políticas articuladas de desarrollo regional que contemplen tanto los impactos del cambio climático como otras actividades productivas, tendientes a mantener y/o aumentar la resiliencia de los ecosistemas.

#### 4.6.9.2 Diseño y generación del índice de sensibilidad ambiental

Para facilitar la identificación y adecuada discretización y lectura de información para todo el territorio nacional, se optó por usar una calificación cualitativa entre muy baja sensibilidad, pasando por baja, media, alta y muy alta sensibilidad, en función de las peores condiciones o escenarios: la mayor reducción de la precipitación y el mayor incremento de temperatura. Las variables utilizadas para obtener el índice de sensibilidad ambiental se tomaron con igual peso a partir del promedio simple. En la Figura 4.26 se ilustra la salida cartográfica del índice de sensibilidad ambiental (ISA).

Figura 4.25 Mapa degradación de suelos y tierras por desertificación

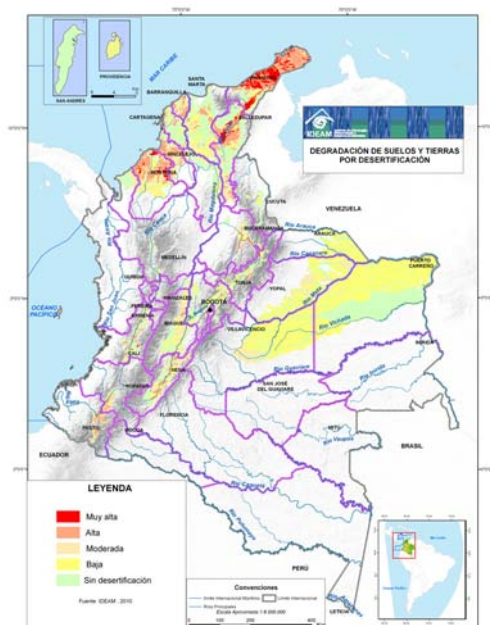
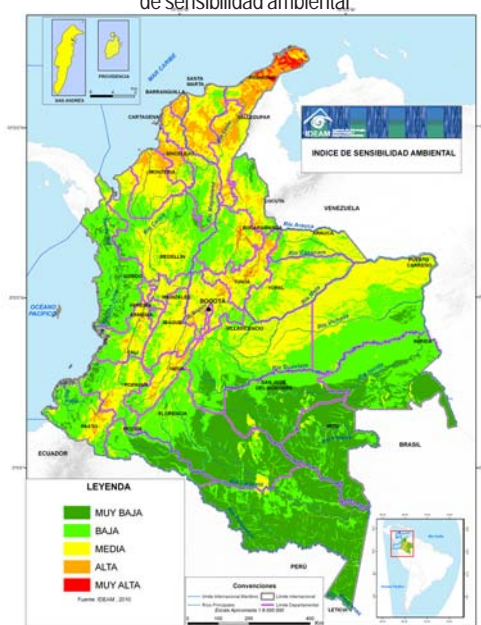


Figura 4.26 Mapa con el índice de sensibilidad ambiental



Fuente: Ideam, 2008 y 2010, respectivamente

#### 4.6.10 Afectaciones potenciales, impactos o consecuencias

Según el modelo utilizado (Figura 4.22), los impactos o consecuencias se refieren a las pérdidas estimadas, mientras la afectación potencial se delimita por la concurrencia del escenario o evento sobre un área con determinada sensibilidad.

##### 4.6.10.1 Afectación potencial

La afectación potencial se obtiene del cruce de la información de la variación de las lluvias esperadas para el periodo de análisis (2071 a 2100 por ejemplo) y del índice de sensibilidad ambiental (ISA).

La calificación establecida para los niveles de variación esperada en porcentaje de la precipitación se encuentra en la Tabla 4.10. El resultado cartográfico se ilustra en la Figura 4.27, para el periodo 2071 a 2100.

Figura 4.27 Variación de lluvias según multimodelo (2071-2100)

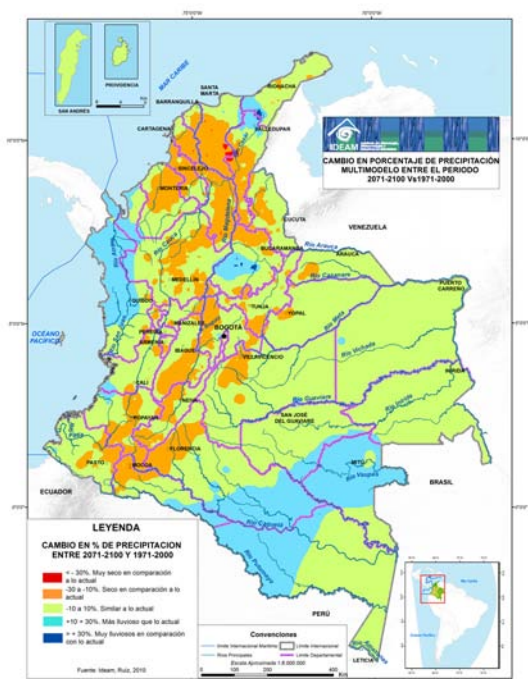
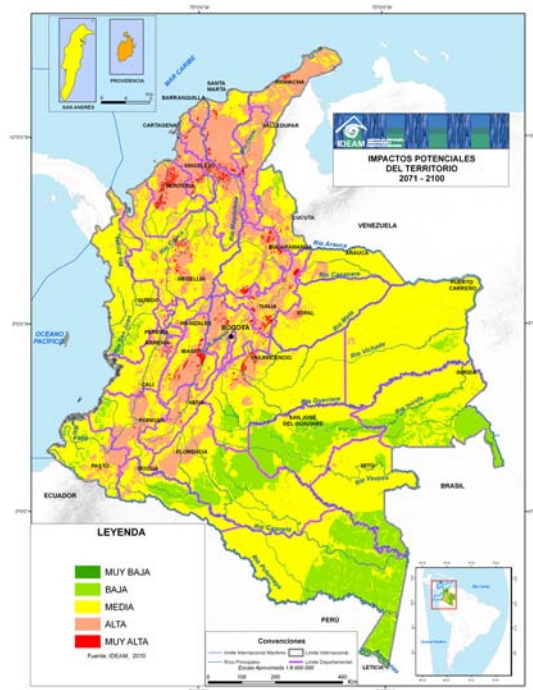


Figura 4.28 Mapa con los impactos potenciales



Fuente: Ideam-autores. Desarrollado en el proceso

##### 4.6.10.2 Pérdidas tangibles

Las pérdidas tangibles son el resultado de la cuantificación de las pérdidas monetarias sobre un determinado sector o grupo a obtener en el futuro. La cuantificación de dichas pérdidas tangibles se podrá calcular en las unidades de medida que permitan además de la comparación, contrastar la eficiencia u optimización de las respectivas medidas de adaptación.

##### 4.6.10.3 Pérdidas intangibles a través del índice IRA

Las pérdidas intangibles se estiman con la ayuda de los resultados obtenidos del índice relativo de afectación (IRA), las cuales se encuentran en la matriz que se presenta a continuación. Con dicha matriz se sintetiza en un factor (índice) el impacto potencial de las variables relacionadas con los bienes y servicios ambientales, a través del análisis de los componentes social, económico y ambiental.

A través de la matriz se pueden visualizar las variables y ambientes con sus correspondientes pesos y representatividad para los sectores o comunidades involucradas. Es decir, los valores reflejados en el índice permiten realizar un análisis rápido con la aplicación del método, según la siguiente expresión:

$$IRA = \left( \sum_{i=1}^n Cal_{i,j} * w_i \right) / \sum_{i=1}^n w_i \quad \text{Ecuación 5}$$



Donde:

$Cal_i$ : es la calificación otorgada en consenso por los participantes para cada ambiente, cobertura o ecosistema, según la variable (componente social, económico o ambiental).

$n$ : es el número de variables utilizadas.

$W_j$ : es el peso o ponderación dado a cada variable (dentro del componente social, ambiental o económico).

La matriz que se muestra es el resultado conjunto de los dos talleres realizados (17 y 18/02/2010).

Tabla 4.15 Matriz para calificar el índice Relativo de Afectación (IRA)

Cobertura / Ecosistema	Social									Económico									Ambiental									IRA Territorio = $(\sum Cal_i * w_i) / \sum w_i$					
	Pobreza	Cal. * w	Desplazamiento de personas	Cal. * w	Seguridad Alimentaria	Cal. * w	Pérdida de Espacios de Uso Acorde	Cal. * w	Afectación de población vulnerable	Cal. * w	Pérdida de Rentabilidad	Cal. * w	Afectación al Empleo Rural	Cal. * w	Afectación a la Generación de Energía	Cal. * w	Afectación a la Productividad	Cal. * w	IBI. General (Importancia)	Cal. * w	Afectación a la Biodiversidad	Cal. * w	Afectación al Recurso Hídrico	Cal. * w	Afectación al Buzo	Cal. * w	Calidad Servicios del Ecosistema		Cal. * w	Diminución de la Capacidad Adaptativa	Cal. * w		
Ponderación (w)	10	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	9	Vr.	10	Vr.	9	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	9	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	10	Vr.	147
Cultivos Anuales o Transitorios	5,0	50	5,0	50	4,3	43	5,0	45	5,0	45	5,0	45	5,0	50	5,0	50	5,0	45	5,0	50	3,7	37	4,5	45	5,0	50	4,0	40	1,0	10	4,45		
Áreas Agrícolas Mixtas	2,5	25	5,0	50	3,0	30	3,0	27	5,0	45	3,5	32	5,0	50	3,0	30	3,0	27	3,0	30	4,5	45	5,0	50	4,5	45	3,0	30	4,0	40	3,78		
Agroforestal	3,0	30	2,0	20	3,0	30	2,5	23	3,0	27	2,5	23	3,0	30	5,0	50	3,0	27	4,0	40	3,3	33	2,5	25	1,0	10	3,5	35	2,0	20	2,87		
Cultivos Permanentes	2,0	20	3,5	35	3,5	35	5,0	45	2,0	18	4,5	41	5,0	50	5,0	50	3,0	27	5,0	50	3,0	30	4,0	40	5,0	50	3,3	33	5,0	50	3,90		
Cultivos Semipermanentes	3,0	30	4,0	40	4,0	40	5,0	45	3,0	27	5,0	45	5,0	50	2,0	20	3,0	27	5,0	50	4,0	40	4,5	45	5,0	50	4,0	40	3,0	30	3,94		
Pastos / Ganadería	4,0	40	5,0	50	4,3	43	5,0	45	4,0	36	3,3	30	3,8	38	3,0	30	5,0	45	5,0	50	2,0	20	3,7	37	4,3	43	3,0	30	4,0	40	3,91		
Herbazales (sabanas) y Arbustales	4,0	40	4,0	40	2,0	20	4,0	36	4,5	41	4,5	41	2,0	20	2,0	20	5,0	45	3,0	30	5,0	50	5,0	50	5,0	50	3,0	30	3,0	30	3,69		
Bosques Naturales	3,0	30	2,5	25	2,7	27	5,0	45	3,0	27	1,7	15	2,0	20	5,0	50	5,0	45	1,0	10	3,0	30	2,7	27	2,5	25	5,0	50	2,0	20	3,03		
Bosques Plantados	2,0	20	1,5	15	1,0	10	5,0	45	2,0	18	3,0	27	2,3	23	2,5	25	2,0	18	4,0	40	2,3	23	2,7	27	2,0	20	5,0	50	3,5	35	2,70		
Parámsos	5,0	50	5,0	50	3,3	33	5,0	45	5,0	45	2,5	23	3,0	30	5,0	50	5,0	45	5,0	50	5,0	50	5,0	50	5,0	50	5,0	50	5,0	50	4,56		
Manglares	5,0	50	3,0	30	4,0	40	5,0	45	5,0	45	5,0	45	2,0	20	0	0	3,5	32	1,0	10	4,0	40	3,0	30	2,0	20	5,0	50	5,0	50	3,45		
Ecosistemas Marinos	5,0	50	5,0	50	4,5	45	5,0	45	5,0	45	5,0	45	4,0	40	3,0	30	4,0	36	3,0	30	5,0	50	5,0	50	5,0	50	4,0	40	2,0	20	4,26		
Ecosistemas Costeros - Lagunas	4,5	45	4,0	40	4,0	40	3,5	32	4,0	36	4,0	36	4,0	40	3,0	30	5,0	45	1,0	10	5,0	50	5,0	50	5,0	50	5,0	50	5,0	50	4,11		
Embalses	3,0	30	3,0	30	1,0	10	3,0	27	3,0	27	5,0	45	4,0	40	5,0	50	5,0	45	2,0	20	2,5	25	5,0	50	5,0	50	5,0	50	1,0	10	3,46		
Humedales	4,0	40	4,0	40	5,0	50	3,5	32	3,5	32	5,0	45	4,0	40	1,0	10	5,0	45	1,0	10	5,0	50	4,0	40	3,5	35	5,0	50	4,0	40	3,80		
Zonas Urbanas	5,0	50	5,0	50	1,0	10	3,0	27	5,0	45	1,0	9	1,0	10	1,0	10	2,0	18	1,0	10	1,1	11	4,0	40	1,0	10	1,5	15	1,0	10	2,21		
Ríos y cursos de agua	5,0	50	4,0	40	5,0	50	4,0	36	5,0	45	4,5	41	3,5	35	5,0	50	5,0	45	4,0	40	5,0	50	5,0	50	2,0	20	5,0	50	4,0	40	4,36		
Glaciares	2,0	20	5,0	50	1,0	10	5,0	45	5,0	45	1,0	9	1,0	10	2,0	20	1,0	9	1,0	10	1,0	10	5,0	50	1,0	10	5,0	50	5,0	50	2,71		
IRA- Variable	3,7		3,3		3,1		4,3		3,6		3,7		3,3		3,2		3,3		3,3		3,6		4,2		3,5		4,1		3,3				

Fuente: Ideam-Lamprea, 2010. Desarrollado con base en los talleres de expertos

Las celdas en color púrpura fueron calificadas por el Ideam; no obstante, bien se hubiesen podido excluir, pero con el fin de mantener un equilibrio en el número de variables entre los tres componentes (social, económico y ambiental) se procedió con su valoración. En la Figura 4.29 se muestra la representación cartográfica.

Es necesario tener en cuenta que en la medida que tales variables sean cuantificadas o valoradas en unidades monetarias (pérdidas tangibles) tendrán que excluirse de las pérdidas intangibles para hacer parte de aquellas.

El proceso de estructuración de la matriz y la calificación realizada con los expertos se encuentra en el Anexo 4.1, que contiene los resultados del taller. En el ejercicio de sistematización a través del SIG se incorporaron tales valores para obtener la salida o representación gráfica correspondiente para las diferentes coberturas incluidas en el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam et al., 2007).

Se debe tener en cuenta que aquellos ambientes, coberturas o territorios que obtengan la calificación más alta son el reflejo de la importancia relativa adoptada por los expertos, donde más allá de obtener una cifra fría, permite analizar de manera consistente, la intención o gestión consensuada de los territorios que resultarían más afectados y que a la postre representan mayor relevancia para los evaluadores o calificadores.

De los valores obtenidos en los índices, a partir de las variables determinadas, se destaca: a) La muy alta percepción de una mayor afectación sobre las coberturas de páramos, cultivos anuales y transitorios, ecosistemas marinos y costeros, junto con los ríos y cuerpos de agua; b) El relativo nivel medio de afectación por el cambio climático y/o variabilidad climática que se tendría sobre coberturas o territorios de zonas urbanas, bosques plantados, glaciares,



sistemas agroforestales y bosques. Estas áreas o ambientes serían los que a juicio de los expertos tendrían menor repercusión para la sociedad por el cambio climático, con base en las variables que se analizaron en los talleres.

Con base en las anteriores variables (columnas), las coberturas y/o ecosistemas son calificadas cualitativamente a través del IRA, de tal manera que con el índice obtenido se logra realizar una primera aproximación de las áreas que recibirían un mayor impacto derivado de la variabilidad climática y/o el cambio climático (>IRA).

Figura 4.29 Mapa con el índice relativo de afectación

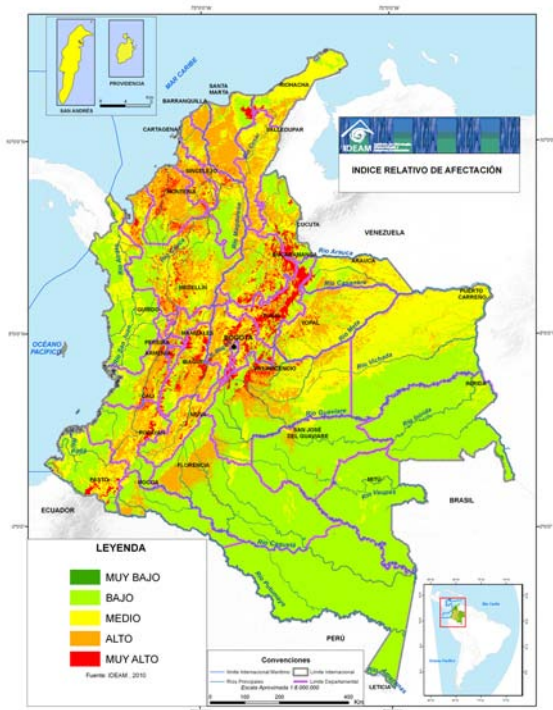
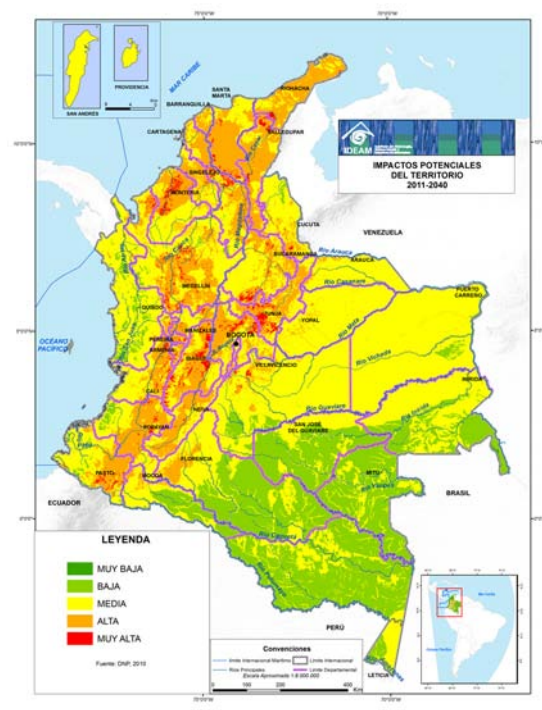


Figura 4.30 Mapa de impactos potenciales (ISA/IRA/Escenario multimodelo 2011 a 2040)



Fuente: Ideam-autores. Desarrollados en el proceso metodológico

#### 4.6.10.4 Posibles pérdidas esperadas e impactos

Una forma habitual de obtener una interpretación del riesgo, según Sánchez (2005), se expresa en función del valor esperado de las pérdidas ( $L_i$ ) en el nivel  $i$ , como:

$$Riesgo = E[L] = \sum_{i=1}^n P(L_i)L_i \text{ . Ecuación 6}$$

Donde,  $P(L_i)$ : es la probabilidad de ocurrencia de dichas pérdidas; con  $i$ : variando de 1 a  $n$  (niveles).

Tal definición es similar a la determinada por el Transportation Research Board (1998, p. 110) con la siguiente expresión:

$$Riesgo = P_f * C_f \text{ . Ecuación 7}$$

Donde:  $P_f$  = es la amenaza o probabilidad de falla  $y$ ;  $C_f$  = son las consecuencias de las fallas.

De manera práctica, el riesgo es la probabilidad por el impacto potencial (consecuencias), bien sea como la vulnerabilidad inherente o después de haber encontrado la disminución de dicha vulnerabilidad al ser reducida por la capacidad de adaptación. Véase la Ecuación 4.

Las consecuencias (impacto) se obtendrán de multiplicar la probabilidad por las pérdidas (consecuencias) esperadas para un sector (grupo), en un lugar (exposición) delimitado, sujeto a un fenómeno con determinada condición derivada del aumento (o disminución) del evento o agente amenazante. Sin duda, para la evaluación de las posibles pérdidas esperadas en los cultivos se tendría que analizar tanto el área que deja de producir como las posibles pérdidas por efectos directos del clima sobre el área productiva.

Una forma general de expresar el riesgo (Sánchez, 2005), es a través de la siguiente expresión:

$$Riesgo = E[L] = \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^m p(L_i | A_j) p(A_j) \right] L_i . \text{ Ecuación 8}$$

Los eventos  $A_j$  están determinados por el contexto del problema y pueden describir diferentes intensidades o magnitudes de la variación de la precipitación, temperatura o situaciones diferentes. Es decir,  $p(A_j)$  es la probabilidad de que se presente dicho evento;  $p(L_i | A_j)$  es la probabilidad de que se presente un nivel de pérdidas  $L_i$ , dado que se presentó el escenario  $A_j$ .

#### 4.6.11 Capacidad de adaptación al cambio climático

La capacidad de adaptación se determina con base en las condiciones de los involucrados para afrontar los potenciales daños, afectaciones o pérdidas, junto con las oportunidades que se deriven del cambio climático y/o variabilidad climática.

Para la evaluación de la capacidad de adaptación se partió del análisis de las condiciones y capacidades técnicas, junto con los aspectos socioeconómicos actuales que pueden actuar como barreras u oportunidades. (Lim, B., Spanger, E., Burton, I., Malone, I., & Hug, S., 2005). En el Cuadro 4.6, se presentan diferentes definiciones sobre la temática.

Cuadro 4.6 Definiciones: Capacidad de adaptación

Capacidad adaptativa: "Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático, incluidas la variabilidad climática y los fenómenos extremos, con el fin de moderar los daños potenciales, de beneficiarse de las oportunidades o de afrontar las consecuencias." (IPCCa, 2007, p. 101).

Adaptación autónoma: "Adaptación que no constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que es desencadenada por cambios ecológicos de los ecosistemas naturales o por alteraciones del mercado o bienestar de los sistemas humanos. Se denomina también, adaptación espontánea" (IPCCa, 2007)

Adaptación planificada: "Adaptación resultante de una decisión expresa en un marco de políticas, basada en el reconocimiento de que las condiciones han cambiado o están próximas a cambiar y de que es necesario adoptar medidas para retornar a un estado deseado, para mantenerlo o alcanzarlo" (IPCCa, 2007). En el presente documento se asimila a la disposición o voluntad de adaptación planificada.

Vulnerabilidad prevalente: Es un término utilizado para la estimación de índices de desastres locales y se refiere a las problemáticas del desarrollo que favorecen los fenómenos peligrosos y están asociados con deficiencias, inseguridad y fragilidades preexistentes. Está relacionada con el conjunto de condiciones desfavorables que prevalecen. Incluye la fragilidad socioeconómica de la población, representada en el nivel de disparidad social e inequidad económica, la falta de educación, salud y otros servicios básicos, los desequilibrios regionales y locales, el desplazamiento de población y la diferenciación de la capacidad agropecuaria.

Capacidad de adaptación: El presente documento se constituye conforme al modelo conceptual presentado en la Figura 4.22. Es decir, resulta de la unión de la condición técnica o disposición planificada al cambio climático y la capacidad socioeconómica e institucional). Isoard, Grothmann & Zebisch, 2008; en: European Topic Centre on air and climate change. ETC/AAC Technical paper 2008/9. Dec. 2008. p. 4.

Vulnerabilidad inherente: Se constituye como el grado de susceptibilidad o de capacidad natural de un sistema o territorio para afrontar los efectos adversos del cambio climático, sin tener en cuenta la capacidad de adaptación (capacidad socioeconómica e institucional ni la disposición o Voluntad de adaptación planificada al cambio climático)

Fuente: Adaptado por Ideam de diferentes fuentes.

En el modelo utilizado, la capacidad de adaptación se construye con la capacidad socioeconómica e institucional y, la condición técnica o disposición para adaptarse al cambio climático.

##### 4.6.11.1 Capacidad socioeconómica e institucional

Las condiciones socioeconómicas son tomadas como aquellas fortalezas institucionales y capacidades instaladas que cada sector puede operar como factores potenciadores o facilitadores de la adaptación. Es decir, se toman referentes asociados o aproximados que involucran factores de gestión. Con ello, se pretende tener una visualización de la capacidad de llevar a cabo los propósitos de una entidad, bien sea a través del cumplimiento de los planes de desarrollo, planes de inversión, estado de unas condiciones asociadas con la calidad de vida, desarrollo humano, gestión de la entidad, necesidades básicas insatisfechas o similares.

Se debe tener en cuenta que tales índices no fueron elaborados para identificar la capacidad de adaptación al cambio climático y/o variabilidad climática; un proceso más directo podría estar con elementos o factores de la inversión e impacto o resultado para la atención de gestiones relacionadas directamente con el objeto bajo análisis, por ejemplo.

Asimismo, dependiendo de la responsabilidad misional de cada entidad y/o sector bajo análisis, se tendrían que establecer las condiciones o límites de las variables, dada la diferencia entre una autoridad ambiental, gremio o sector versus un ente territorial.

Para facilitar la valoración de la capacidad socioeconómica e institucional se hizo uso del índice Sisben III, el cual fue suministrado por la Dirección de Desarrollo Social (Grupo de Calidad de Vida) del Departamento Nacional de Planeación (DNP) para cada municipio<sup>27</sup>. Dicho índice, en términos generales, incluye las variables relacionadas en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Componentes del índice Sisben III

Salud	Educación	Vivienda	Vulnerabilidad
Discapacidad permanente. Adolescente con hijo.	% con analfabetismo funcional. % de inasistencia escolar. Atraso escolar. % de niños trabajando. Adultos con secundaria incompleta o menos.	Tipo de unidad de vivienda. Fuente de agua para consumo. Tipo de conexión sanitaria. Exclusividad de los servicios sanitarios. Material de los pisos. Material de las paredes. Eliminación de basuras. Tipo de combustible para cocinar. Hacinamiento.	<b>Individual:</b> Número de personas en el hogar. Tipo de jefatura. Tasa de dependencia demográfica. Tenencia de activos <b>Contextual</b> % tasa de mortalidad infantil (municipal). % Tasa de homicidios (municipal). % Tasa de cobertura neta por nivel educativo municipal. % Uso de servicios de salud general dada una necesidad (municipal).

Fuente: DNP, 2008. Diseño del índice Sisben III.

Otro índice que es factible utilizar, se relaciona con el desempeño de la gestión municipal, la cual se entiende en función de los resultados alcanzados en la producción de bienes y servicios, con el uso de los insumos disponibles y la capacidad administrativa instalada. Este índice se relaciona con las metas del Plan de Desarrollo, acorde con la normativa vigente. El desempeño será mayor si se cumplen las metas en la producción de bienes y servicios, se usan racionalmente los insumos y la organización responde a las exigencias administrativas y legales en los procesos misionales y de gestión.

El desempeño municipal (en el índice de gestión municipal, Indemun), según el DNP (2005; p. 18), es una resultante de integrar la evaluación de los siguientes factores: a) eficacia (metas en productos del plan de desarrollo); b) eficiencia (mejoras en productos e insumos); c) requisitos legales (incorporación y uso de recursos transferidos); d) gestión (capacidad administrativa, desempeño fiscal); y e) contexto o entorno (orden público y relaciones).

Se debe tener en cuenta que cada sector, grupo o territorio puede diseñar su índice respectivo de tal manera que involucre aquellas variables no climáticas y que a la vez le permitan establecer rutas o formas para reducir su vulnerabilidad con respecto a la condición adversa del escenario y/o evento del cambio y/o variabilidad climática.

En el ejercicio metodológico se le dio un peso o ponderación del 60% al valor reportado (en tanto por uno) por la Dirección Social del DNP para el puntaje total promedio rural transformado<sup>28</sup>, el cual se distribuye en un rango de 0,222 a 0,555; en la Figura 4.31 se presenta dicho índice Sisben III rural transformado, el cual se adoptó como el valor que refleja la capacidad socioeconómica e institucional para los municipios.

El índice Sisben III se seleccionó después de analizar conjuntamente con los profesionales del Departamento Nacional de Planeación (DNP) las ventajas y aplicabilidad de otros índices como necesidades básicas insatisfechas; índice de gestión municipal (Indemun) que refleja más la capacidad de ejecución de los planes y presupuestos municipales; Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual no se dispuso para los municipios, entre otros. Más adelante se retoma el tema de los indicadores que se podrían tener en cuenta para diseñar los indicadores de la capacidad de institucional. La representación cartográfica del NBI e Indemun, se presentan más adelante.

#### 4.6.11.2 Condición técnica o disposición a adaptarse

La condición técnica actual de la adaptación (también asociada con la disposición a adaptarse hacia el futuro) se encuentra en función de la planeación apoyada con una adecuada estrategia, metodología y herramientas que le permitan adelantar el seguimiento objetivo de la implementación de obras y acciones para reducir la vulnerabilidad

<sup>27</sup> Información suministrada por la Dirección Social (DNP), a través de Roberto C. Angulo S., en febrero de 2010.

<sup>28</sup> El proceso de transformación se realiza con base en la ponderación del método propio desarrollado por el DNP.



al cambio climático y/o variabilidad climática. Es una valoración de la condición encontrada, la cual puede reflejar de alguna forma, la variación o avance a través del tiempo, en la medida que se revisen los criterios aplicables.

Es necesario incluir en este índice aquellas variables que no están identificadas en la capacidad institucional, teniendo especial referencia sobre las variables que se encuentran en el objetivo misional de la entidad y de acuerdo con las necesidades específicas del sector, grupo o territorio.

Del análisis realizado en el taller se obtuvo una visión general de las condiciones técnicas actuales o disposición (voluntad o conciencia) para adaptarse, con base en la calificación de más de 50 criterios (52 en el día 18/02/2010). Véase el Anexo 4.1 donde se presentan los resultados de los talleres.

El peso o ponderación asumida para la condición o estado para adaptarse fue de 0,40 operado sobre el valor de 0,41 (2,06 en la calificación de 0 a 5; valor superior como óptimo). Dicho valor fue asumido de manera homogénea para todo el país para el ejercicio metodológico. El resultado de la capacidad de adaptación construido en el ejercicio, involucra condiciones uniformes con respecto al estado de preparación técnica o condición actual de adaptación (expresada a través de los criterios identificados en el taller), lo cual deberá ser objeto de preparación particular y ajuste para el ámbito o sector correspondiente. En el siguiente numeral se presentan algunos criterios y variables.

Dichos criterios cuantificados en función de la condición óptima le permitirán a futuro revisar el avance, con base en las metas o hitos que se determinen en los plazos de un plan de adaptación.

Se debe tener en cuenta que dicho índice deberá ser ajustado y calculado para las diferentes regiones, sectores, entes territoriales o jurisdicciones donde se pretenda realizar el análisis de la condición técnica y disposición para adaptarse.

Figura 4.31 Mapa con la capacidad socioeconómica (Sisben)

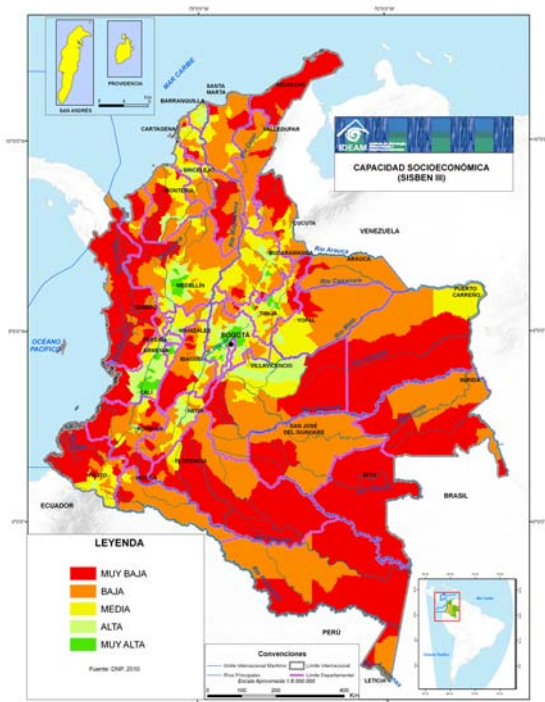
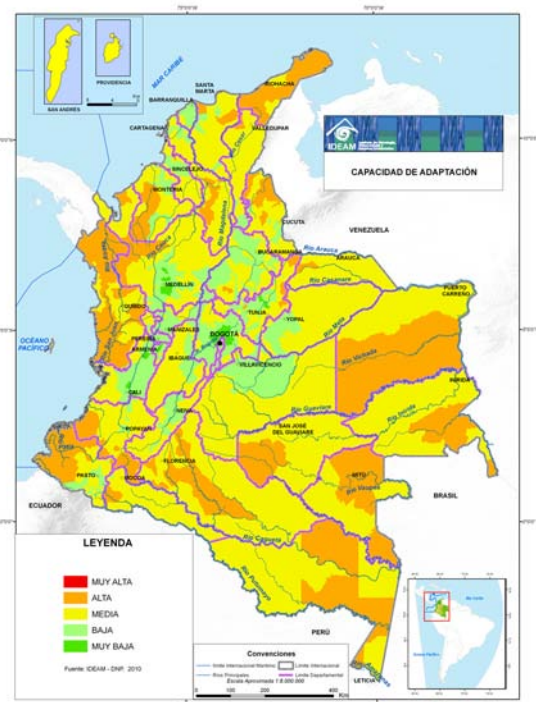


Figura 4.32 Mapa con la capacidad de adaptación



Fuente: (Izq.) DNP, 2010. (Der.) Ideam-autores. Construido con la información del DNP y talleres

Mediante el cruce del índice Sisben III con la condición técnica de adaptación se obtiene la capacidad de adaptación, la cual se muestra gráficamente en la Figura 4.32.

#### 4.6.12 Criterios, variables e indicadores para evaluar la condición técnica actual de adaptación

Con el fin de establecer la condición técnica actual de adaptación al cambio climático, se obtuvo en los talleres con expertos en diferentes temáticas (agrícola, académicos, investigadores rurales, meteorólogos, energía, transporte), las



diferentes variables que desde su visión le permitirían a las entidades tener una condición o disposición más apropiada para hacerle frente a los efectos adversos (considerando el peor escenario) al cambio climático. En el Anexo 4.1 se relacionan todas variables, de las cuales, a partir de su calificación concertada para el nivel nacional se obtuvo el valor medio. De forma resumida se presenta en la Tabla 4.17 una relación de los principales factores o elementos que pueden servir como ejes o criterios para evaluar la disposición o condición técnica de adaptación calificados a partir del taller con expertos.

Tabla 4.17 Criterios, variables y algunos indicadores para la adaptación planificada (condición técnica)

Criterios	Variables	Algunos indicadores	Calificación	Observaciones
Conocimiento de los impactos y pérdidas frente al cambio climático / Análisis y prospectiva de los impactos y pérdidas frente al cambio climático	Funcionamiento de sistemas de monitoreo y alerta temprana ante eventos con alto impacto.	¿Se tienen estudiadas las variables no climáticas que intervienen en los análisis de vulnerabilidad al cambio climático?	1,0	No se evalúan otras variables (no climáticas)
	Existencia y funcionamiento de sistemas de monitoreo de variables climáticas	¿Se cuenta con estudios de probabilidad de ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos?	1,0	Falta de fortalecimiento institucional para estos estudios. Falta de investigación y presupuesto. / Se requiere una línea base para saber a qué se hace seguimiento
	Capacidad técnica recurso humano	¿Hay suficientes profesionales especializados?	1,0	
	Sistematización de eventos y análisis de pérdidas	¿Existe la información suficiente y confiable de las pérdidas, afectación o daños por eventos climáticos?	2,5	
	Protección y conservación de recursos naturales renovables. Línea base y valoración del estado actual de RN.	¿Existen monitoreos sistemáticos sobre el estado actual de los recursos naturales	2,0	
	Estrategias de comunicación y educación	¿Existe suficiente divulgación y distribución de materiales sobre impactos, vulnerabilidad y/o riesgo climático?	3,0	No es suficiente
	Instrumentos y métodos	¿Se cuenta con instrumentos de política y gestión adecuados que incorporan estrategias de adaptación en la planeación del territorio por sectores?	1,0	
	Protección de asentamientos humanos e infraestructura.	¿Existen líneas de investigación que relacionen dinámica, población y cambio climático? ej. desplazados por cambio climático	1,0	
Manejo de efectos por eventos extremos	Planes de emergencia y contingencia dinámicos	Coordinación interinstitucional	2,0	
	Planes de rehabilitación y recuperación de áreas afectadas	¿Se cuenta con planes e indicadores apropiados?	1,0	
Organización de las instituciones y participación de la sociedad	Participación social	¿Las organizaciones cuentan con el apoyo para la gestión de proyectos de adaptación al cambio climático?	2,0	
	Institucional (público y privado)	La coordinación entre los centros de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías o conocimiento es suficiente?	3,0	
	Cooperación internacional	¿Los recursos aportados por la cooperación internacional están llegando adecuadamente a los sectores o zonas que los requieren?	2,0	
Transferencia del riesgo y/o estrategias financieras y económicas	Cobertura de seguros y estrategias de transferencia por pérdida de bienes públicos	¿Se cuenta con estudios que faciliten el aseguramiento de patrimonio público?	3,0	Existe subsidio del Estado. Se están desarrollando seguros para cosechas
	Fondos de reserva para el fortalecimiento institucional en adaptación al cambio climático	¿Existen disposiciones normativas que establecen la destinación de presupuesto para la gestión de riesgo, manejo de recursos naturales y cambio climático?	4,0	La normativa no es específica respecto al cambio climático
	Estrategia financiera frente a cambio climático	¿Existe estrategia financiera nacional para prevención y adaptación? (Conpes)	3,0	
Oportunidades y beneficios frente al cambio climático	Nuevos desarrollos productivos	Desarrollo de nuevas tecnologías	3,0	
	Oportunidad para cambiar (cambio de actitud)	Desarrollo de nuevos productos y cultivos	3,0	

Fuente: Ideam-autores. Con base en el análisis de expertos realizado en los talleres  
Notas. 1: Muy baja; 2: Baja; 3: Media; 4: Alta; 5: Muy alta

En razón a la diversidad de ecosistemas, la variedad de fisiografía y climas, la extensión territorial, el grado de dependencia de la población humana a los recursos naturales para la producción y la complejidad sociocultural que posee el país, sumado a los potenciales impactos negativos del cambio climático, se genera la necesidad de múltiples y complejos procesos de adaptación.

En tal contexto y puesto que en Colombia existen diferentes y grandes retos que requieren inversiones de capital para mejorar las condiciones actuales desfavorables, asociadas con la persistencia de las desigualdades socioeconómicas y los desequilibrios regionales y locales, hace que el Estado colombiano se enfrente a un gran desafío. En este sentido, se plantea la necesidad de potenciar las capacidades y recursos para hacerle frente a los problemas socioeconómicos del cambio climático para reducir las pérdidas esperadas.

#### 4.6.13 Formas de cuantificar la vulnerabilidad

La vulnerabilidad puede considerarse como una propiedad o característica de grupos, sociedades y sistemas claves, pero también como el resultado de procesos climáticos o de amenazas (Pnud, 2005). Por esto, a continuación se presenta una de las diferentes formas de abordar su dimensionamiento, lo cual debe estar concordante con los intereses de cada sector o institución.

##### 4.6.13.1 Vulnerabilidad inherente

Según el IPCC (2007, p. 113): "(...) La vulnerabilidad depende del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema y de su sensibilidad y capacidad de adaptación." Al respecto, si no se tiene información, índices o formas de establecer la capacidad de adaptación, se entendería que tales impactos potenciales reflejarían la vulnerabilidad inherente o propia del sistema, territorio o grupo; es decir no se aplicaría una capacidad de adaptación planeada, lo cual en la Ecuación 4, sería como tener una vulnerabilidad equivalente a los impactos potenciales o consecuencias. Estos pueden ser referidos a las pérdidas, daños, perjuicios o afectaciones a la funcionalidad del ecosistema, territorio, infraestructura o ambiente bajo examen.

En el ejercicio realizado se estableció la vulnerabilidad con base en la sustracción derivada del producto de los impactos potenciales negativos por la capacidad de adaptación.

##### 4.6.13.2 Vulnerabilidad actual, planeada o gestada

Con la metodología desarrollada, la vulnerabilidad que se obtiene se refiere a la vulnerabilidad actual conforme con la Ecuación 4. Los resultados cartográficos de la vulnerabilidad actual del territorio (el cual involucra en el IRA factores productivos) se muestran en las Figura 4.33 y 4.34, para los dos periodos evaluados.

Figura 4.33 Mapa con la vulnerabilidad ambiental del territorio 2011 a 2040

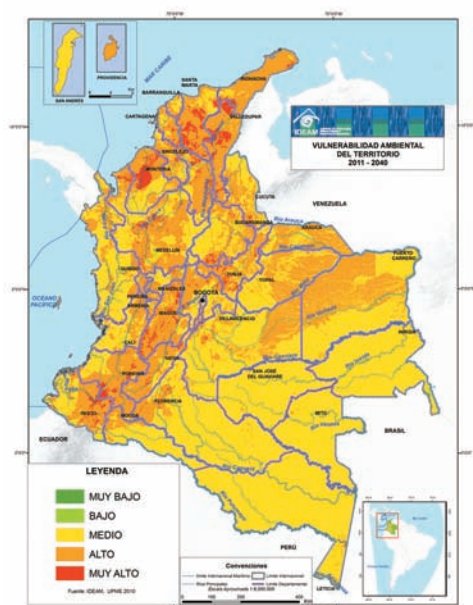
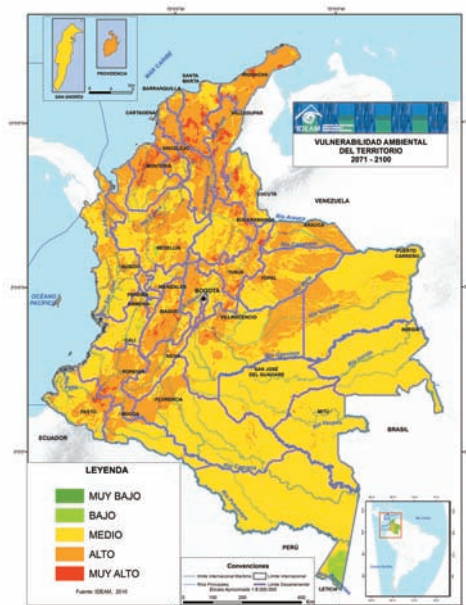


Figura 4.34 Mapa con la vulnerabilidad ambiental del territorio 2071 a 2100



Fuente: Ideam-autores

A futuro, teniendo en cuenta los diferentes procesos de evaluación de la vulnerabilidad, se podrá gestar o planear las actividades necesarias para mejorar la capacidad de adaptación y, por ende, reducir la vulnerabilidad, la cual se podría sumir como una vulnerabilidad planeada o gestada. Vale mencionar que en la vulnerabilidad estimada para finales de siglo solo se modifican los escenarios climáticos.

#### 4.6.13.3 Vulnerabilidad conjunta o compuesta

Se puede obtener una vulnerabilidad compuesta o conjunta, calculada fundamentalmente de las pérdidas económicas ( $V_e$ ); la población expuesta y/o afectada ( $V_p$ ); además de la identificación de bienes y servicios ambientales ( $V_a$ ); los cuales se podrán expresar y evaluar tanto de manera individual como agrupada. La expresión de la vulnerabilidad conjunta se muestra en la Ecuación 8, previa la normalización de los valores para luego ser ponderada y sumada.

$$\text{Vulnerabilidad conjunta} = \sum [(V_e \cdot \text{peso}) + (V_p \cdot \text{peso}) + (V_a \cdot \text{peso})] \quad \text{Ecuación 9}$$

En el ejercicio realizado se obtuvo una vulnerabilidad conjunta del componente ambiental y del poblacional, para ello se estableció una ponderación equilibrada en sus pesos, a partir de la siguiente expresión.

$$\text{Vulnerabilidad conjunta} = \sum [(V_p) + (V_a)]/2 \quad \text{Ecuación 10}$$

Los resultados gráficos se ilustran en las figuras 4.35 y 4.36.

Figura 4.35 Mapa con la vulnerabilidad conjunta (Ambiental + Poblacional) del territorio 2011 a 2040

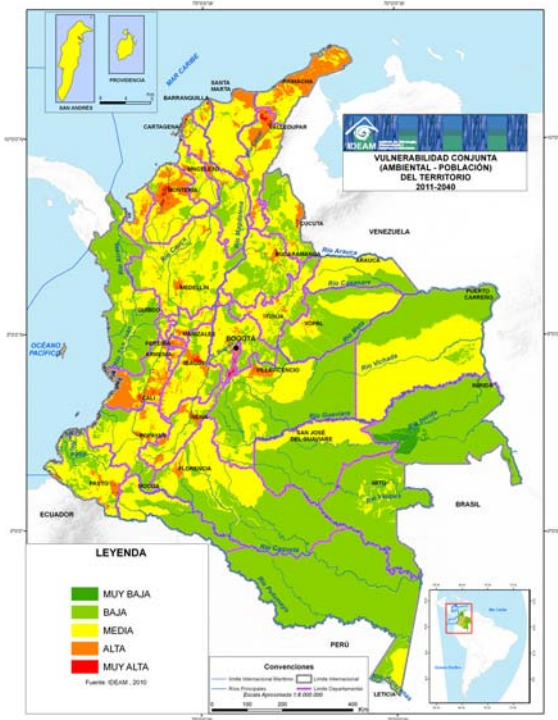
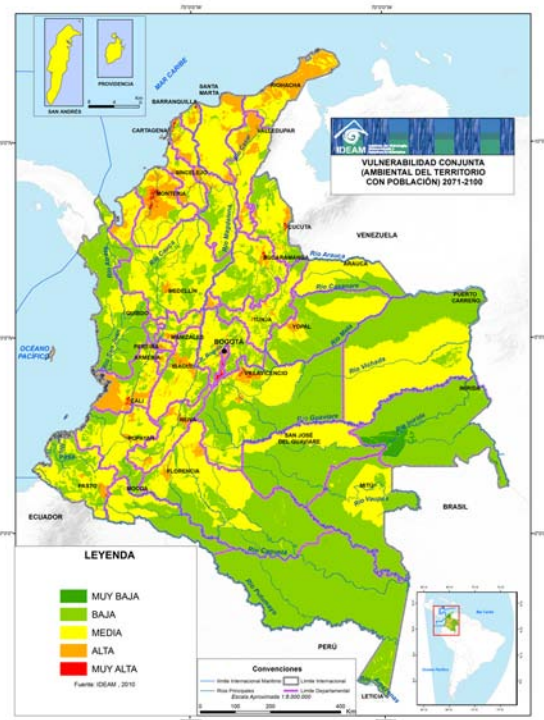


Figura 4.36 Mapa con la vulnerabilidad conjunta (Ambiental + Poblacional) del territorio 2071 a 2100



Fuente: Ideam/autor

La vulnerabilidad conjunta si bien no se utilizó posteriormente para los diferentes análisis de sectores y ecosistemas, permite apreciar la prioridad que se tendría si se involucra en la evaluación la cantidad de personas presentes (censadas) en cada municipio. Es decir, recibieron un mayor peso los territorios donde se encuentra mayor cantidad de personas. En la tabla 4.12 se relacionan los niveles y agrupación de los municipios en función de la población.

#### 4.6.14 Otros factores o criterios para analizar en la capacidad de adaptación

De acuerdo con el modelo conceptual expuesto en la Figura 4.22, la capacidad de adaptación puede obtenerse mediante el análisis de dos temas: la capacidad socioeconómica e institucional y la condición técnica actual de adaptación. A continuación se tratan algunos referentes que pueden ser útiles para seleccionar los criterios y, o variables a tener en cuenta para determinar la capacidad socioeconómica e institucional.



#### 4.6.14.1 Desequilibrios regionales y locales

De acuerdo con la caracterización del desarrollo territorial departamental realizado por DNP (2008), la magnitud y la tendencia de las disparidades económicas y sociales entre los departamentos del país hace que la capacidad adaptativa sea igualmente diferencial y que haya departamentos con mayores ventajas.

La producción económica nacional está concentrada en unos pocos departamentos y en la capital del país. La mitad del PIB, en el año 2005, provino de: Bogotá (22,6%), Antioquia (15,2%) y Valle del Cauca (11,2%). Estas tres entidades territoriales, según el censo de 2005, albergan 38,8% de la población del país. Si, además, se agregan los siguientes tres departamentos con mayor contribución al PIB (Santander, Cundinamarca y Atlántico, que producen cada uno en promedio 5% del PIB nacional), se observa que cinco de los 32 departamentos del país más el Distrito Capital concentran 66% del producto y 54% de la población (ver la Figura 4.37). Al considerar los años 2000 y 2005 se encuentra que subsiste una elevada concentración de la producción en pocas entidades territoriales<sup>29</sup>.

Según los resultados del censo general de población (2005), se encuentra que las entidades de mayor nivel relativo de desarrollo son: Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Quindío y Risaralda que tienen en promedio 17% de la población con NBI, mientras que los nueve departamentos con el menor PIB per cápita (Chocó, Vichada, Guainía, La Guajira, Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena, Cauca) tienen en promedio 55% de su población con NBI; es decir, estos últimos departamentos tienen una proporción de pobreza tres veces mayor que la de los departamentos de mayor desarrollo relativo.

Figura 4.37 PIB departamental (M\$ año 2000)

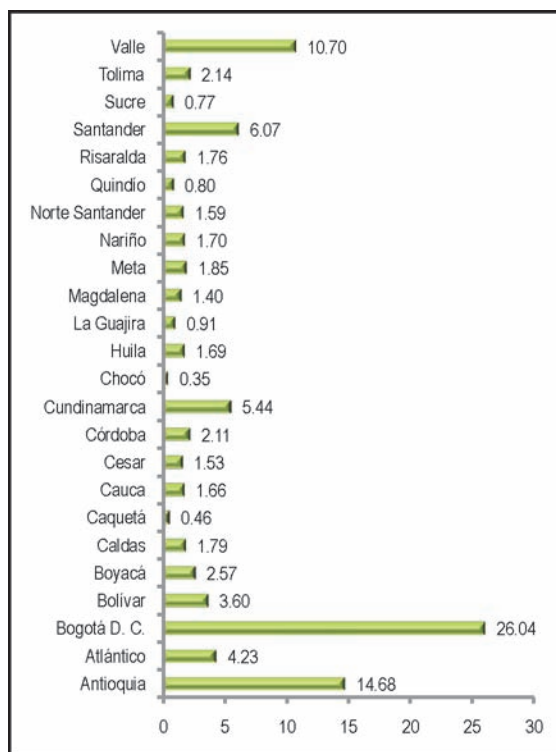
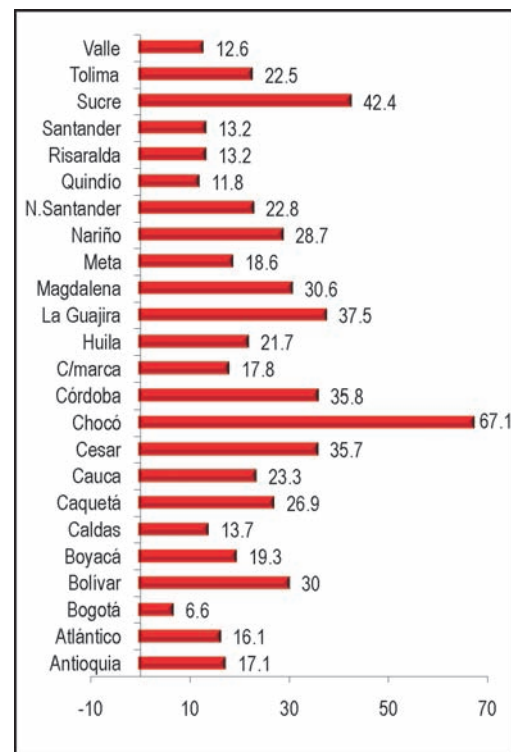


Figura 4.38 NBI departamental 2005



Fuente: Dane (2008). Dirección de síntesis y cuentas nacionales, cuentas regionales

En relación con el promedio nacional de NBI del 2005 (27,6%), diez departamentos lo superan, cifra que indica la existencia de una distribución asimétrica, donde la mayoría de departamentos (23) poseen proporciones de población con necesidades básicas insatisfechas superiores a la media. De éstos, siete tienen más de la mitad de su población con elevados valores de NBI (Chocó, Sucre, Vichada, Guainía, Vaupés, Córdoba, La Guajira). Véase la Figura 4.38.

De forma similar, el Idemun es otro indicador de los desequilibrios regionales, en el cual se refleja la capacidad institucional de los municipios, mediante los resultados de la medición y análisis de desempeño integral de los mismos (vigencia 2006) que presenta el DNP<sup>30</sup>, en razón a que más de la mitad del gasto público se ejecuta en los niveles territoriales.

29 Caracterización del desarrollo territorial departamental, DNP. 2008.

30 DNP (2006). Medición y análisis del desempeño integral de los municipios.

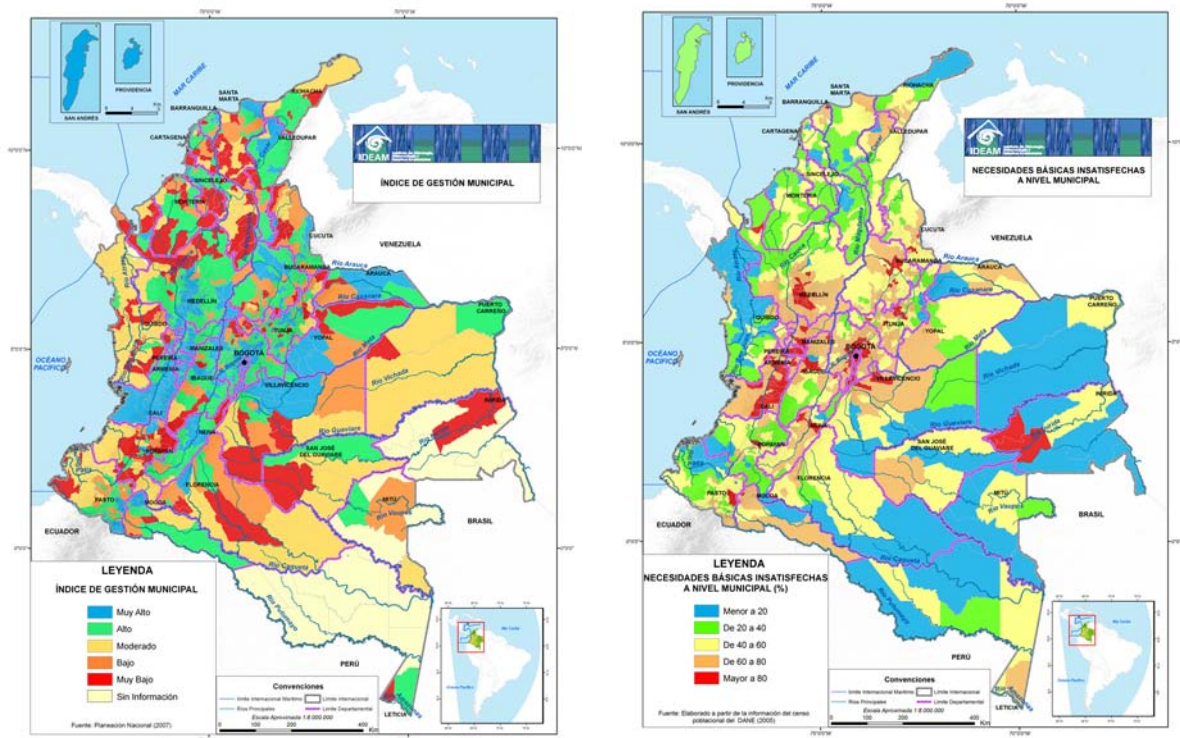


La metodología del ranking municipal mide la eficiencia en términos de rendimiento del gasto público, eficacia en el cumplimiento del plan de desarrollo, cumplimiento de requisitos legales, gestión (capacidad administrativa y desempeño fiscal) y entorno (relaciones con el consejo y orden público). Sólo 63,2% de los municipios alcanzó una calificación entre satisfactoria y sobresaliente; la eficiencia fue de regular a baja en términos de inversión del gasto público y un bajo desempeño administrativo. Véase la Figura 4.39.

En similar condición a las asimetrías ya vistas de la relación entre el PIB departamental y el índice de necesidades básicas insatisfechas en donde los departamentos con mayor PIB presentan menores NBI, a nivel de los municipios, se encuentra que aquellos municipios clasificados en rangos de bajo, muy bajo o moderado en el índice de gestión municipal también presentan un alto NBI. Es decir, la gestión municipal puede estar ligada a mejores condiciones en los hogares de los municipios. Véase la Figura 4.40.

Figura 4.39 Mapa de índice de gestión municipal

Figura 4.40 Mapa Índice de NBI municipal, 2005



Fuente: Ideam, 2009. Con base en las cifras de: (Izq.) Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible, DNP, 2006. (Der.) DNP, 2005

Al comparar la distribución por categorías de los dos índices anteriores con el índice Sisben III, se puede encontrar, de manera visual, la correlación entre los territorios con mayores o mejores índices y el Sisben III. Debe tenerse en cuenta los colores, dado que a mayor NBI es menos favorable.

#### 4.6.14.2 Capacidad nacional en gestión ambiental

Como parte de la capacidad instalada a nivel nacional, Colombia cuenta con el Sistema Nacional Ambiental (SINA), que facilita la consolidación de una gestión ambiental que promueve el desarrollo sostenible<sup>31</sup>, creado mediante la Ley 99 de 1993, y que está conformado por un conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la puesta en marcha de los principios ambientales contenidos en dicha Ley. Los componentes que la integran son: a) Los principios y orientaciones generales contenidos en la Constitución Política, en la Ley 99/93 y en la normatividad que la desarrolle; b) Las entidades del Estado responsables de la política y de la acción ambiental señaladas en la Ley 99/93; c) Las organizaciones comunitarias y ONG relacionadas; d) Las fuentes y recursos económicos para el manejo y recuperación del ambiente; e) Las entidades públicas, privadas o mixtas que realizan actividades de producción de información, investigación científica y desarrollo tecnológico en el campo ambiental. La jerarquía del SINA sigue el orden: ministerio, corporaciones autónomas regionales, departamentos y distritos o municipios (Artículo 4º Ley 99/93).

Uno de los avances importantes del SINA ha sido la identificación de indicadores de línea base sobre el estado de los recursos naturales y el medio ambiente a través del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) y consolidación de una estrategia de información a nivel nacional y regional.

- Solidez y coordinación interinstitucional

Los resultados presentados por el Banco Mundial sobre el análisis del desarrollo institucional<sup>32</sup> indican que la fortaleza institucional está asociada con la estabilidad política del país, sin embargo, existe un complejo arreglo institucional que dificulta la relación entre ciudadanos, empresarios y gobierno con lo que se muestran las dificultades para alcanzar los resultados e impactos sectoriales y sociales esperados en relación con el aumento de la inversión. Tales referentes, si bien pasan inadvertidos en la mayoría de los análisis, resultan de gran prioridad, especialmente para los territorios donde confluye la participación funcional y política al momento de coordinar acciones entre las diferentes entidades involucradas.

Paradójicamente, puede resultar contraproducente una mayor cantidad de entidades del Estado y gremios que difícilmente participan y aumentan la sinergia de capacidades, resultando muchas veces en un desgaste o multiplicación de aciertos y desaciertos por la falta de coordinación y planificación concertada. Del ejercicio adelantado en los talleres, esta variable resultó con baja calificación.

#### 4.6.15 Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación corresponden al ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas. Cabe distinguir varios tipos de adaptación: anticipatoria, autónoma y planificada (IPCC, 2007).

Se espera que las medidas de adaptación resulten de la evaluación de la vulnerabilidad, con el fin de gestionar las variables o factores manejables, tanto del análisis de la sensibilidad como de la capacidad misma de adaptación.

#### 4.6.16 Impactos residuales

Como se mencionó, las medidas de adaptación deberán ser diseñadas a partir de las variables de sensibilidad que son manejables o controlables por la tecnología y capacidad económica disponible. Asimismo, se debe analizar el valor agregado de las medidas de adaptación en función de la mejora, tanto en la capacidad socioeconómica e institucional como la disposición de adaptarse.

Es decir, tales medidas deben permitir valorar la reducción de los impactos perjudiciales; razón por la cual resulta importante conocer las consecuencias en función de las pérdidas (impactos), para luego obtener la eficiencia de las mismas.

#### 4.6.17 Análisis del riesgo

Con base en las regulaciones aplicables, análisis de beneficios y costos, junto con la percepción o cultura organizacional para asumir los riesgos, se podrá valorar la condición de aceptación o revisión adicional para mejorar nuevamente la capacidad de adaptación. Al respecto es procedente resaltar que el argumento principal de aceptación del riesgo, desde la perspectiva del interés público, es un asunto de eficiencia de la inversión (Sánchez, 2005).

Para los análisis de aceptación (riesgo tolerable, Alarp<sup>33</sup>) existen diferentes enfoques, los cuales no deben desconocer los aspectos subjetivos.

En resumen, con la metodología empleada, el riesgo es un concepto que se deriva de la existencia de un interés antrópico bajo unas relaciones ecológicas que se sustentan en el deficiente manejo del hombre frente a los fenómenos y factores de la naturaleza. Por consiguiente, el dimensionamiento o aceptación del riesgo no deja de ser un aspecto cognitivo de la interpretación de la sociedad dentro del hábitat definido bajo unos estándares de calidad centrada en la personas, comunidades y sociedad.

<sup>32</sup> El análisis del desarrollo institucional se presenta de acuerdo con la gobernabilidad y estabilidad política, imperio de la ley, derechos de propiedad y cumplimiento de contratos, estabilidad normativa y marco regulatorio, transparencia y corrupción, y eficiencia de la administración y el gasto público.

<sup>33</sup> Alarp: *As low as reasonably practicable*.

## 4.7 VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD

Si bien se expuso la metodología con sus diferentes resultados intermedios, es necesario tener en cuenta las ventajas o facilidades junto las limitaciones o debilidades de la misma.

### 4.7.1 Priorización de las gestiones y optimización del uso del territorio

La metodología utilizada permite la identificación de prioridades con base en las pérdidas, daños, afectaciones o población expuesta, y la comparación de costos de las pérdidas con los costos de adaptación. Estos costos serán insumo para la respectiva planificación e implementación de las medidas de adaptación correspondiente. Puesto que los costos estimados serán inicialmente una cifra indicativa, la tarea a desarrollar por cada responsable de la gestión será precisar y estudiar las formas de evaluar, de crear o mejorar las capacidades de adaptación correspondientes.

Bien podría estar priorizada la ruta de evitar o no favorecer la exposición del objeto o sector bajo análisis, en la medida que resulte más favorable económicamente. Es decir, trasladar la población, no cultivar o emplazar determinada actividad en un territorio vulnerable, puede resultar la decisión más apropiada, esto sin incluir costos políticos.

Adicionalmente, si se tiene en cuenta la complejidad y costos que involucra el manejo de factores o variables sobre las cuales reside la sensibilidad o susceptibilidad, la vulnerabilidad inherente podría estar en el ámbito de las últimas opciones o prioridades.

En resumen, la priorización de las gestiones se puede utilizar para determinar el grado de conformidad o riesgo en que el territorio se encuentra utilizado. De esta forma, al momento de estructurar las preferencias del decisor, se aplicarían las diferentes metodologías para la solución de los problemas con objetivos y criterios múltiples. En tal sentido, se tendría así una forma de buscar el uso más óptimo o apropiado del territorio.

### 4.7.2 Limitaciones de la metodología y formas de interpretación de resultados

Se debe tener presente el manejo de la temporalidad dentro de la metodología, donde se asumen unos escenarios futuros que son posibles con respecto a las variables de precipitación y temperatura, las cuales son tratadas con el ensamble multimodelo y con base en las condiciones naturales actuales.

Los resultados obtenidos con el modelo propuesto, a pesar de ser un avance significativo para evaluar la vulnerabilidad frente a la cambio climático, deben ser tomados como un referente relativo que cambiará y mejorará constantemente, tanto por el avance en los modelos de alta resolución, como por la optimización de la cantidad de información y la reducción de la incertidumbre. Por ello, si bien no se introduce una alteración o variación en el comportamiento de tales condiciones o variables naturales con las que se obtienen los niveles de sensibilidad, se parte del supuesto de unas condiciones inherentes del ecosistema que permanecen en el tiempo.

Así las cosas, en el caso de generarse procesos degradacionales o la alteración del medio o territorio por tensores antrópicos, estos podrían actuar en el sentido de incrementar la vulnerabilidad (sinergismo), para lo cual se esperaría una mayor alteración. En sentido antagónico, según el modelo, la capacidad de adaptación no se mejora para reducir la vulnerabilidad; es decir, se asume una condición en cierta forma equilibrada, entre la forma de incrementar y contrarrestar los efectos adversos.

Con respecto a la interpretación de resultados, es necesario destacar la utilización de variables proxy, especialmente para la capacidad institucional del ente territorial, tal como se explicó. Por consiguiente dicho índice utilizado, deberá ser ajustado y precisado en la medida que se avanza con mejores indicadores o variables que involucren el análisis de la vulnerabilidad frente al cambio climático y/o variabilidad climática, especialmente en los factores no climáticos.

## 4.8 IMPACTOS POTENCIALES Y VULNERABILIDAD

La afectación potencial sobre las coberturas y/o sectores se analiza con base en el resultado obtenido del cruce del índice de sensibilidad (ISA), el índice relativo de afectación (IRA) y el ensamble multimodelo de lluvias generado por el Ideam (2010) para las variaciones de precipitación (2011 a 2040 y 2071 a 2100). Las coberturas son capturadas de la cartografía generada por el Ideam *et al.*<sup>34</sup> (2007), en el documento Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia.

Para efectos de interpretar adecuadamente los resultados del análisis de vulnerabilidad es importante indicar que las categorías no se deben identificar como variación real e inmediata de la vulnerabilidad. El enfoque se refiere a una comparación con base en la "reducción" relativa al incluir la capacidad de adaptación (y luego reclasificada) de un



municipio respecto a otro. Esto se basa en el supuesto de que el ente territorial aplique todas sus capacidades institucionales y condición actual de adaptación para promover las medidas necesarias y suficientes para hacerle frente a los impactos potenciales esperados.

Con tal presunción, la ubicación en un rango o categoría sirve, por ahora, para agrupar las coberturas o ambientes que irían en un futuro a ser más vulnerables que otras. Esto, según los resultados utilizados del multimodelo, tanto en superficie como en porcentaje (respecto al área analizada), con base en unos criterios de sensibilidad y capacidad de adaptación previamente ponderados y asumidos para el ejercicio. Es decir, si se cambia el escenario y se modifica su cubrimiento, o se dan otros valores de ponderación a las condiciones inherentes de sensibilidad o se varía la capacidad de adaptación y se acoge otro índice (capacidad de adaptación, por ejemplo) se tendrán igualmente otros resultados.

En tal contexto, los resultados de la vulnerabilidad no son estáticos, exactos ni únicos; son un referente relativo con respecto a otro valorado a nivel nacional. Por consiguiente, es necesario señalar la ventaja de tener la posibilidad de realizar los diferentes cruces de la información obtenida y/o suministrada por cada sector, en función de la estructuración, cubrimiento y georreferenciación para todo el territorio nacional, los cuales merecen ser complementados y ajustados con la información más actualizada y exacta en la medida que cada sector o interesado pueda avanzar.

Con los elementos expuestos, la vulnerabilidad aquí representada es un valor indicativo que sirve de comparación entre la gravedad existente versus su capacidad de adaptación en relación con los factores y variables utilizados a escala nacional. Por lo tanto, la vulnerabilidad del territorio, sector o ecosistema no desaparece automáticamente, pero sí permite tomar en cuenta las variables, criterios, acciones prioritarias y recursos humanos y financieros que serían necesarios bien sea para: a) reducir la exposición; b) disminuir la sensibilidad o sea las condiciones inherentes (ISA); c) aumentar la capacidad de adaptación (socioeconómica e institucional o gestar las acciones directa y funcionalmente aplicables a cada interesado o ambiente) y, d) investigar las probabilidades de ocurrencia de los diferentes niveles de pérdidas para determinar la amenaza y analizar los riesgos derivados de determinadas condiciones o estados asumidos. Tales criterios deberían, por consiguiente, estar enmarcados dentro del proceso metodológico presentado en la Figura 4.22.

Los ecosistemas, coberturas, sectores productivos, infraestructura y demás variables analizadas en este capítulo fueron: a) Orobioma alto andino, b) Bosques naturales y plantados, c) Vegetación secundaria, arbustales y herbazales, d) Áreas naturales protegidas, e) Coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares, f) Áreas agrícolas heterogéneas, g) Cultivos semipermanentes y permanentes (café), h) Cultivos anuales y/o transitorios, i) Análisis de algunos cultivos comerciales (arroz con riego, palma de aceite, caña de azúcar), j) Áreas en pastos, k) Resguardos indígenas, l) Minifundio campesino, m) Cuerpos de agua continentales naturales, n) Aguas continentales artificiales, ñ) Áreas con infraestructura para generación hidroenergética, o) Recurso hídrico, p) Zonas marino costeras e insular, q) Salud y r) asentamientos humanos.

Es procedente indicar que el análisis de impactos para el periodo 2071 a 2100, parte del supuesto de realizar el análisis para las mismas áreas identificadas en el periodo inicial (2011 a 2040), es decir, se valoran solamente con el cambio de condiciones o escenarios climáticos.

#### 4.8.1 Orobioma alto andino

Según Ideam *et al* (2007, p. 34) el Orobioma Alto Andino se localiza por encima del límite superior del piso andino (>2.800 msnm) hasta el nivel de las nieves perpetuas o glaciares (>4.500 msnm). Los detalles de los criterios de clasificación y delimitación de los orobiomas, ecosistemas y coberturas se encuentran en el Anexo 4.2.

##### 4.8.1.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Con base en el ejercicio obtenido a través del índice de sensibilidad ambiental (ISA), según los atributos y características referidas en el marco metodológico, el cruce con el escenario derivado del multimodelo y el estudio de los ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam *et al.*, 2007), se encontraron los siguientes impactos en el Orobioma Alto<sup>35</sup> Andino.

Las áreas actuales que resultarían muy altamente impactadas se ubican en: Boyacá (78.400 ha / 8%), Tolima (63.300 ha / 14%), Nariño (60.600 ha / 14%), Cauca (51.700 ha / 12%) y Cundinamarca (50.200 ha / 8%). Altamente impactados estarían los orobiomas de los departamentos de Boyacá (576.300 ha / 75%), Cundinamarca (355.700 ha / 59%) Nariño (329.200 ha / 74%), Cauca (278.500 ha / 66%) y Tolima (218.700 ha / 42%). Ver las figuras 4.41 y 4.42.

<sup>35</sup> El Orobioma Alto Andino se ubica por encima de los 2.800 msnm, arriba del límite superior del piso andino hasta inicio de los glaciares y nieves perpetuas, (>4.500 m).



Figura 4.41 Impacto potencial en el Orobioma Alto Andino 2011 a 2040

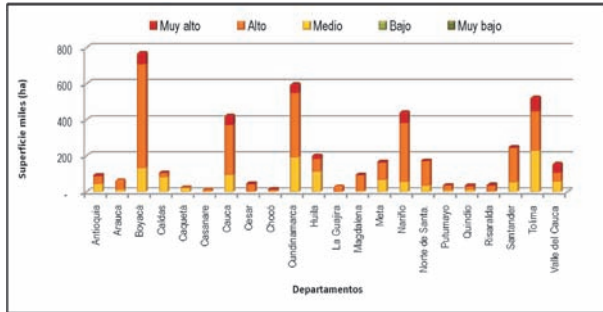
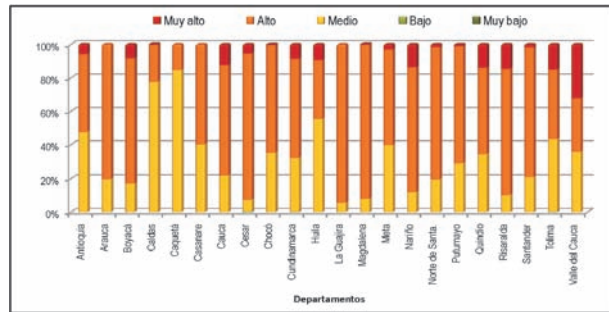


Figura 4.42 Impacto potencial en el Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Si bien en las cifras anteriores se mostró tanto el área comprometida como el porcentaje del Orobioma Alto Andino respecto al total en cada departamento, vale destacar por su alta proporción en su orden: La Guajira, Magdalena y Cesar, los cuales, además de exponer una gran extensión, son muy representativos por la alta participación en cada departamento. Véase la Figura 4.42.

Con respecto a la superficie de afectación potencial sobre las coberturas de arbustales (260.000 ha / 42,8%) y herbazales (916.800 ha / 86,5%), en los Andes colombianos se encuentran extensiones considerables que resultarían en una alta afectación. Ver la Figura 4.43.

Figura 4.43 Impacto potencial en los ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040

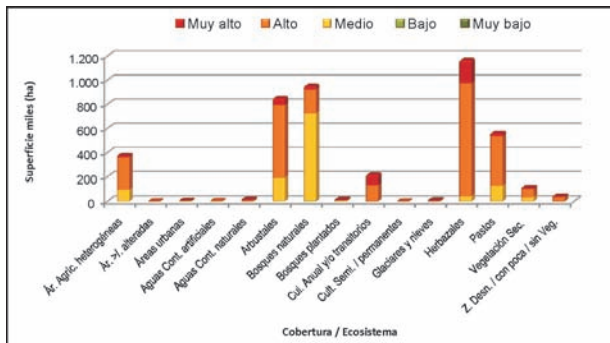
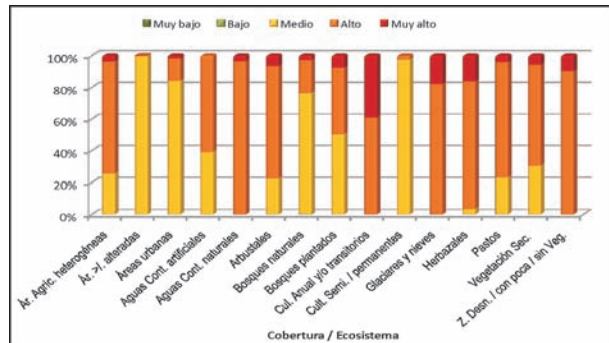


Figura 4.44 Impacto potencial en los ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Adicionalmente, si se considera la proporción y la superficie de coberturas con arbustales (45,6% / 6.800 ha) y herbazales (94,7% / 110.400 ha) dentro de dicho Orobioma en la Sierra Nevada de Santa Marta, la alta afectación se ve claramente reflejada para las comunidades presentes en los herbazales.

De la Figura 4.43 se puede resaltar el muy alto y alto impacto potencial sobre los cultivos anuales y/o transitorios dentro del Orobioma Alto Andino.

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad muy alta, estimada para el Orobioma Alto Andino en el periodo 2011 a 2040 se encontrará principalmente en los departamentos de Tolima, Cauca, Nariño y Boyacá. Ver la Figura 4.45. Proporcionalmente se tendrían: La Guajira, Magdalena, Cesar y Cauca, lo cual se puede observar en la figura 4.46.

Con referencia a los potenciales efectos sobre el bosque nublado, vale mencionar los resultados a largo plazo encontrados de los estudios realizados en Monteverde, Costa Rica para inferir la relación entre los cambios en la precipitación y su efecto sobre la biota (Pounds *et al.*, 1999, citado por Cavalier & Vargas, 2002). En esa localidad se detectaron cambios demográficos sustanciales e incluso extinciones locales en las poblaciones de anfibios y aves. Los autores siguen que tales cambios han estado regidos por el calentamiento superficial del océano Pacífico Ecuatorial desde la década de 1970. Se cree que el calentamiento ha generado en Monteverde una disminución en la cantidad anual de lluvia orográfica y, en particular, aquella en forma de niebla, la cual normalmente es retenida por la vegetación. Aparentemente, el calentamiento ha hecho que la altura promedio de la base de las nubes que causa lluvia orográfica

Figura 4.45 Vulnerabilidad en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040

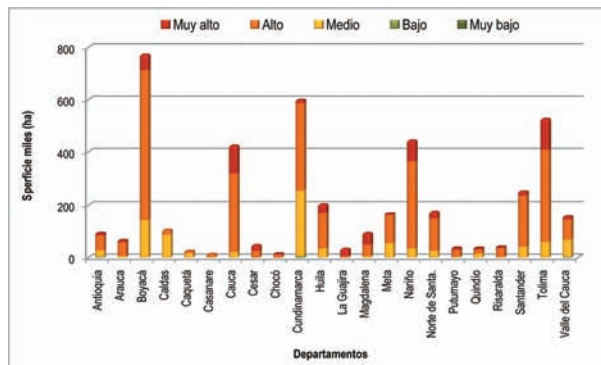
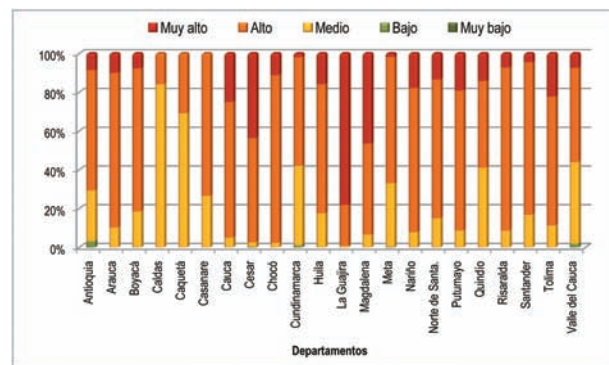


Figura 4.46 Vulnerabilidad en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

haya aumentado y, por lo tanto, éstas han dejado poco a poco de interceptar la humedad en el macizo montañoso donde se encuentra asentado el bosque de Monteverde (Cavelier & Vargas, 2002, p. 160).

Los anteriores referentes se coligen con la experiencia de los pobladores de San Juanito y El Calvario (1.500 a 2.600 msnm), en la cuenca alta del río Guatiquía (afluente del río Meta que pasa por Villavicencio), quienes relacionan la deforestación con los aumentos de altura de la base de las nubes y, por ende, en la disminución de la humedad (menor neblina), aumento de la temperatura (>4 °C pues antes se necesita saco y caucho para el frío y el agua) además de la facilidad de manejo de los cultivos que no soportan alta humedad relativa (frijol, hortalizas, entre otros<sup>36</sup>).

Es decir, si se tiene en cuenta que el intercambio de agua desde el dosel a la atmósfera puede alcanzar valores de 55% de la precipitación por medio de la evapotranspiración (15% intercepción) de los bosques lluviosos neotropicales (siendo un poco menor en los bosques montano bajos, Bruijnzeel, 1990, citado por Cavelier & Vargas, 2002), se estarían modificando drásticamente los regímenes hídricos por la deforestación y los cambios en las condiciones físicas e hidráulicas de los suelos (>densidad aparente; Lal, 1996), ocasionando en últimas: menores tasas de infiltración, menor intercepción y evaporación, y salidas más rápidas en la escorrentía con mayores caudales pico (Millet et al., 1998, citado por Cavelier & Vargas, 2002, p. 158). Lo anterior sumado a los cambios en la precipitación y temperatura, según los modelos con los escenarios analizados por el Ideam, traería diferentes modificaciones negativas para el ciclo hidrológico, especialmente en los bosques nublados (montanos), donde la precipitación horizontal reorientada por el dosel hacia la atmósfera (2 a 5 mm, Veneklaas & van Ek, en Cavelier y Vargas, 2002, p. 152) cumple un papel fundamental en la economía hídrica de tales ecosistemas.

De otra parte, la complejidad de la zona andina (con altos y muy altos impactos), se vería aún más comprometida, si se tienen en cuenta los cambios en las catenas<sup>37</sup> y/o gradientes que controlan los factores ecológicos, los cuales podrían generar realimentaciones positivas en las perturbaciones<sup>38</sup> derivadas de las variables climáticas con cambios drásticos en las relaciones agua - suelo - planta - animal. Un caso poco conocido pero con alto impacto en los sectores productivos (como ejemplo) se podría dar en la sincronía de las especies vegetales y la dinámica de polinizadores, los cuales se podrían ver afectados por las modificación de los ritmos intra o interanuales de precipitación y temperatura con la fisiología de las plantas y/o facilidad de acceso por confort o incomodidad en el ambiente. Todo lo anterior, desde luego, tiene que ver con los patrones de alteración antrópica en los procesos de fragmentación, lo cual promueve otra necesidad de conocimiento relacionado con la susceptibilidad de las especies frente a la reducción de su población y cuáles dominarían frente a los cambios esperados.

Al agrupar los impactos altos y muy altos, el Orobioma Alto Andino del territorio colombiano se vería comprometido en más de 70%, lo cual tendría graves repercusiones, máxime si se tiene en cuenta que el aumento de temperatura en los ecosistemas presentes en dicho orobioma se interrelaciona con diferentes bienes y servicios importantes para la mayor población del país. Tales factores, sumados a la presencia de cultivos anuales o transitorios (alrededor de 5%) y áreas agrícolas heterogéneas (8%) promoverían condiciones más adversas para las delicadas funciones de regulación hídrica que cumplen tales ecosistemas.

36 PRG (1999, p. 22). Bases para la ordenación y manejo ambiental de la microcuenca quebrada Honda. Proyecto río Guatiquía, convenio colombo- alemán.

37 Catena: Secuencia de suelos adyacentes casi siempre a lo largo de una pendiente (Foth, 1990, citado por Clark, 2002, p. 207).

38 Perturbación se entiende como un evento relativamente discreto en el tiempo, que produce un cambio en la estructura física del ecosistema (Clark, 1990; citado en Clark, 2002, p. 200)

#### 4.8.1.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Para finales de siglo, se estima que en el Orobioma Alto Andino el impacto se amplíe en extensión en la categoría de muy alto impacto con respecto al periodo inicial (2011 a 2040), en los departamentos de Norte de Santander y Santander. En sentido contrario, departamentos como Tolima, Cundinamarca, Cauca, Nariño y Huila, tenderían a reducir la extensión con muy alto impacto para finales de siglo. Los aumentos de "alto impacto" se localizarían en el Meta y Valle del Cauca. Ver las figuras 4.47 y 4.48. No obstante la identificación de posibles reducciones en la superficie con respecto al periodo inicial, se debe tener en cuenta la severidad de dicho impacto potencial en este orobioma que es muy sensible, lo cual le ocasionaría serías alteraciones de difícil y muy lenta recuperación.

Figura 4.47 Impactos potenciales en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2071 a 2100

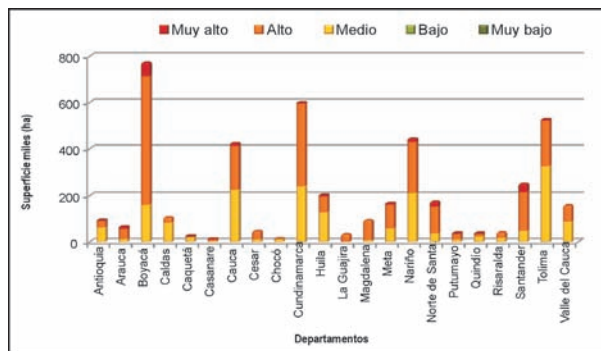
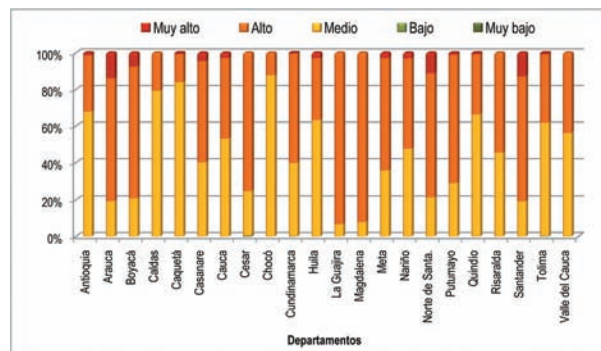


Figura 4.48 Impactos potenciales en ecosistemas del Orobioma Alto Andino 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Adicionalmente, es necesario destacar la alta presión antrópica de actividades que demandan o afectan los recursos presentes en el Orobioma Alto Andino, por las actividades agropecuarias o mineras. Con las actuales tendencias de incremento de temperatura y reducción de las precipitaciones en tales ambientes, se advierte que estos espacios se consideran muy alta y altamente vulnerables al cambio climático. Por lo tanto, sería prioritario tomar las medidas necesarias para su preservación natural, en aras de proteger los bienes y servicios ambientales para la sociedad que se sirve de ellos, principalmente para la región andina donde se concentra la mayor población del país.

### 4.8.2 Bosques naturales y plantados

#### 4.8.2.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Se encuentra que los bosques naturales y plantados serían muy altamente impactados en los departamentos de Boyacá (6.600 ha) y Valle del Cauca (6.300 ha). En la categoría de alto impacto se tendría la mayor superficie en los departamentos de Bolívar (120.600 ha), Magdalena (57.200 ha) y Antioquia (55.000 ha). Véase la Figura 4.49.

Figura 4.49 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2011 a 2040

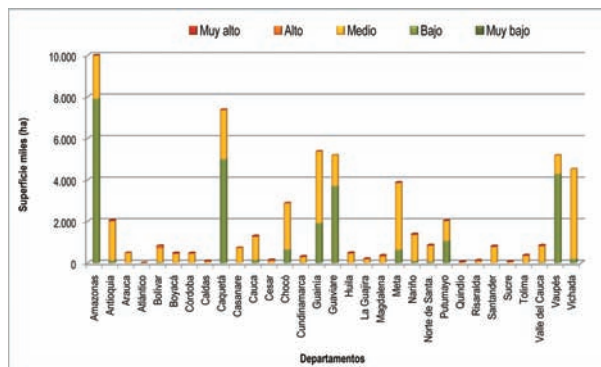
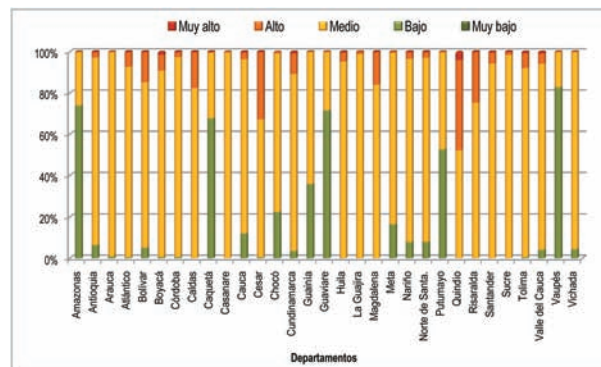


Figura 4.50 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores



Al tener en cuenta el porcentaje por categoría con respecto al departamento, el impacto potencial muy alto de los bosques naturales y plantados se encuentra en los territorios de Quindío (4%) y Boyacá (1%); mientras el impacto alto se ubica en Quindío (44%), Cesar (32%) y Risaralda (25%). Ver la Figura 4.50. El impacto potencial moderado para todo el país alcanza un valor cercano a 55%.

- Vulnerabilidad

Es notoria la alta vulnerabilidad, por la superficie de los bosques naturales y plantados, ubicados en los departamentos de Cauca (672.200 ha / 51%), Antioquia (616.000 ha / 30%), Bolívar (493.800 ha / 60%), Nariño (573.200 ha / 41%), Chocó (361.300 ha / 12%), Huila (340.700 ha / 70%) y Putumayo (324.000 ha / 15%). Al tomar la proporción de superficie boscosa en cada ente territorial con alta vulnerabilidad, adicionalmente cobran relevancia los departamentos de Tolima (72%) y Risaralda (76%). Véanse las figuras 4.51 y 4.52.

Figura 4.51 Vulnerabilidad en bosques naturales y plantados 2011 a 2040

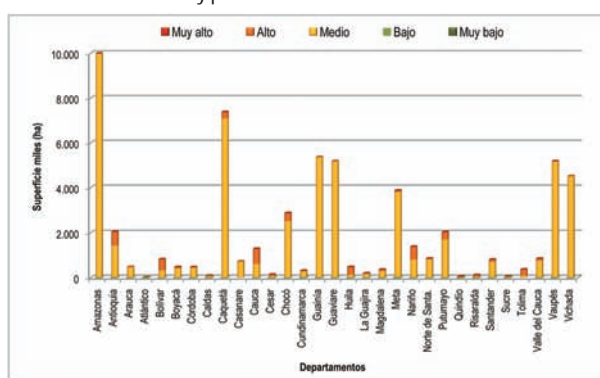
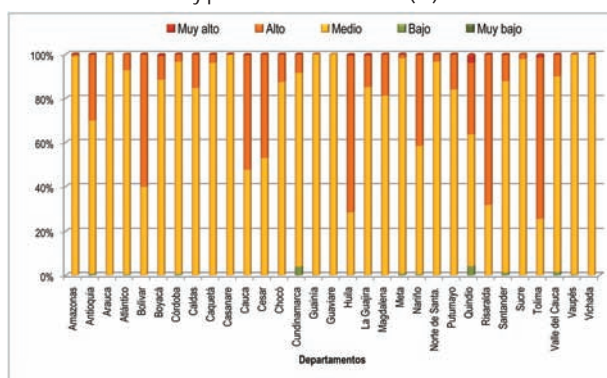


Figura 4.52 Vulnerabilidad en bosques naturales y plantados 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

No obstante encontrarse grandes extensiones en niveles de vulnerabilidad moderada, resulta prioritario tener en cuenta que uno de los mayores retos del país frente a los efectos del cambio climático se refiere al conocimiento y predicción de las variaciones esperadas sobre las especies de los bosques húmedos. Lo anterior cobra gran relevancia, tanto por la extensión, como por el poco conocimiento de los factores que contribuyen a la coexistencia de diferentes gremios o niveles tróficos, la cantidad de especies y la respuesta de las comunidades por efectos de fragmentación, la cual se incrementa significativamente, aumentando progresivamente el riesgo de pérdida de la biodiversidad allí presente.

Por lo anterior, se encuentra procedente desarrollar modelos a diferentes escalas que permitan simular los diferentes efectos en dimensiones espacio-temporales, para evaluar los resultados esperados de las medidas de adaptación que se diseñen. En otras palabras, los bienes y servicios que estarían bajo un riesgo desconocido son significativos en el evento de concretarse los efectos adversos sobre dichas áreas tan extensas y ricas en biodiversidad.

#### 4.8.2.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Hacia finales de siglo y con referencia al primer periodo de análisis (2011 a 2040), los bosques naturales ubicados principalmente en la Amazonia y Chocó recibirían la mayor alteración al incrementarse las áreas significativamente para el periodo 2071 a 2100, pasando de la categoría de impactos potenciales bajos a la de impactos moderados. Véanse las figuras 4.53 y 4.54.

Figura 4.53 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2071 a 2100

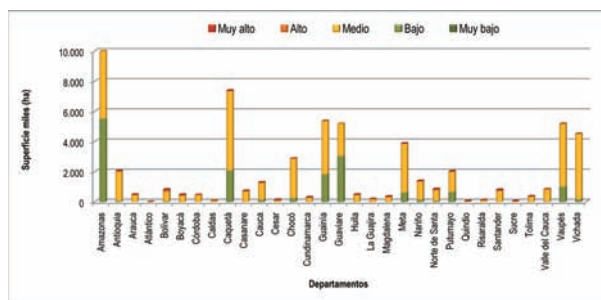
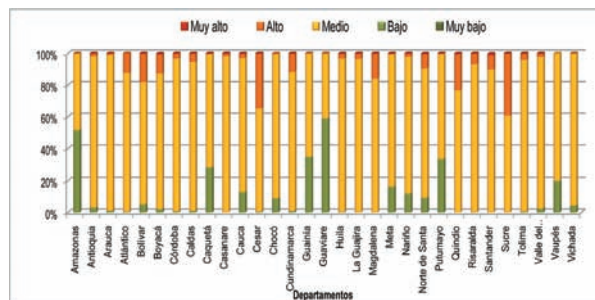


Figura 4.54 Impacto potencial en las áreas de bosques naturales y plantados 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores



Adicionalmente, si se comparan las figuras 4.50 y 4.54, se identifica el incremento relativo del impacto potencial muy alto hacia finales de siglo (con respecto a cada territorio) en los departamentos de Atlántico, Bolívar y Sucre, principalmente, a pesar de que en otros departamentos se tendría una reducción, como Quindío y Risaralda.

El incremento en la categoría de impacto moderado para finales de siglo estaría por encima de 16%, mientras los impactos altos y muy altos en conjunto se mantendría sobre la cifra de 1,3%.

Al tener en cuenta estudios globales, se ha estimado que hasta 40% de la selva amazónica podría resultar afectada por una disminución incluso pequeña de la precipitación (Rowell and Moore, 2000, en IPCC, 2008c, p. 61). Las simulaciones mediante multimodelos de MCG<sup>39</sup> de los cambios de precipitación en América del Sur, durante los próximos 100 años, apuntan a una disminución sustancial (20% o más) de la precipitación en la cuenca amazónica durante los meses de junio, julio y agosto, frente a un ligero aumento (5%, aproximadamente) durante diciembre, enero y febrero. Estos cambios de precipitación, acoplados a un aumento de la temperatura, denotan la sustitución de algunas selvas amazónicas por ecosistemas más resistentes a los múltiples estreses producidos por el aumento de la temperatura, las sequías y los incendios. Tales resultados son concordantes con lo identificado por el Ideam (2010), en el sentido de presentarse una retracción del bosque húmedo de la Amazonia, para dar paso a zonas con climas semihúmedos (clima de la Orinoquia), tal como se detalla en el análisis de la variación del índice de Lang, presentado más adelante en el presente documento.

### 4.8.3 Vegetación secundaria, arbustales y herbazales

#### 4.8.3.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Los impactos potenciales para el periodo 2011 a 2040 sobre la vegetación secundaria<sup>40</sup>, arbustales<sup>41</sup> y herbazales<sup>42</sup>, tanto en porcentaje respecto al ente territorial como en la superficie involucrada del cruce de variables para las diferentes categorías media, alta y muy alta, se muestran en las figuras 4.55 y 4.57.

Los departamentos que resultarían con superficies comprometidas en muy alto impacto potencial serían: Tolima (74.000 ha / 16%), Cauca (39.000 ha / 5%), Nariño (38.000 ha / 5%) y Valle del Cauca (36.000 ha / 36%).

En la categoría de alto impacto potencial, sobresalen los departamentos de La Guajira (1.148.000 ha / 85%), Antioquia (1.011.000 ha / 63%), Cauca (600.000 ha / 82%), Nariño (456.000 ha / 59%), Huila (452.000 ha / 73%) y Cesar (421.000 ha / 61%).

Figura 4.55 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040

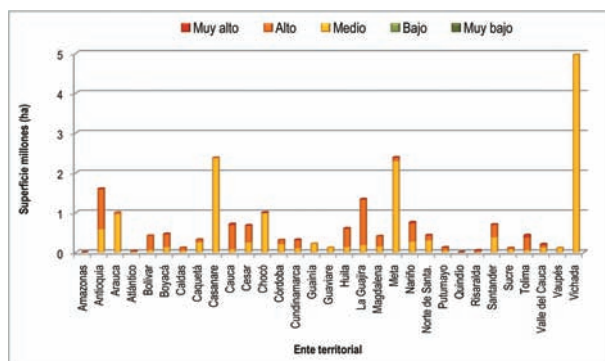
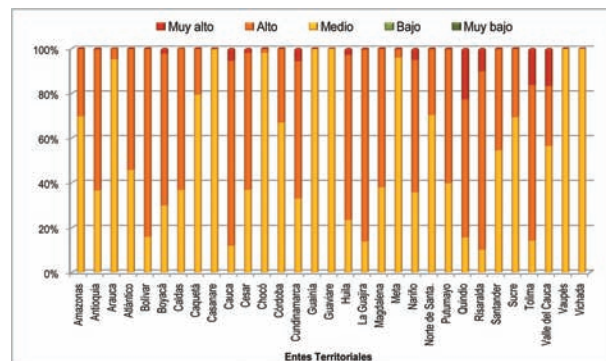


Figura 4.56 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Debido a elevada proporción dentro del territorio se destacan por su muy alto impacto potencial: Quindío (22%), Valle del Cauca (16%), Tolima (16%) y Risaralda (10%); en la categoría de alto impacto se tendrían: La Guajira (85%), Bolívar (83%), Cauca (82%), Huila (73%) y Antioquia (63%). Véase la Figura 4.56.

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad porcentual y superficial de la vegetación secundaria, los arbustales y herbazales por departamento y categoría para el periodo 2011 a 2040 se muestra en las figuras 4.57 y 4.58.

39 Modelos de circulación global.

40 Vegetación de baja altura que generalmente es producto del proceso de sucesión de pastos o cultivos hacia coberturas arbóreas. Ver del Anexo 4.2.

41 En los arbustales predominan elementos leñosos (arbustos), localizados sobre páramos, sabanas y ambientes xerofíticos.

42 En los herbazales predominan las hierbas y gramíneas, pudiéndose encontrar árboles y arbustos dispersos. Se localizan en páramos, sabanas y ambientes xerofíticos.

De los resultados estimados sobresale una muy alta vulnerabilidad de dicha vegetación en los departamentos de Cesar, Nariño, Cauca y Tolima. Alta vulnerabilidad se tendría en los departamentos de Vichada, Meta, La Guajira, Antioquia, Casanare y Arauca.

Figura 4.57 Vulnerabilidad estimada en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040

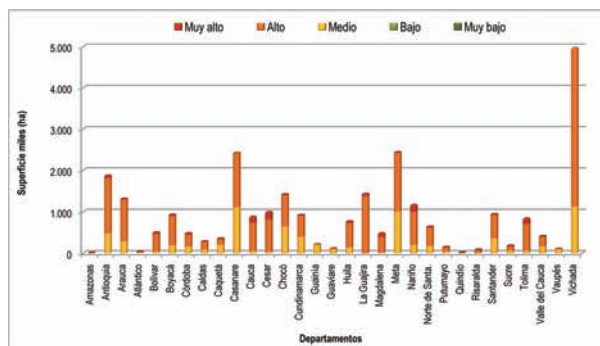
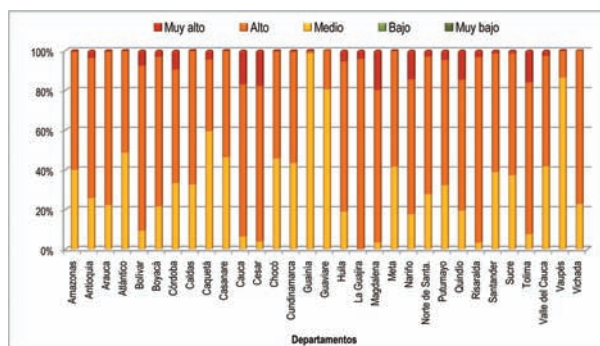


Figura 4.58 Vulnerabilidad estimada en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, los departamentos que tendrían muy alta vulnerabilidad en las áreas con vegetación secundaria son: Cesar, Magdalena, Tolima y Cauca.

El Vichada se distingue por registrar la mayor extensión con alta vulnerabilidad, equivalente a 77% de la superficie de dicha cobertura en el departamento. Le siguen en extensión de tal agrupación (vegetal) los departamentos de Meta, La Guajira, Magdalena, Antioquia, Casanare, Arauca, Cesar y Cauca.

Vale mencionar, que si bien en algunas regiones a la vegetación secundaria, achaparrada o con porte bajo se le denomina como rastrojo, la agrupación de la vegetación secundaria, los arbustales y herbazales permite revisar de manera conjunta, áreas que sufren gran presión, en el sentido de ser objeto de transformación para usarlas en pastoreo. Lo anterior cobra importancia, dado que estas coberturas generalmente se ubican en zonas que exigen manejo restringido, por los regímenes de humedad y propensión a la degradación. Tal manejo específico se agrava porque históricamente los terrenos han sido utilizados para fines exclusivamente extractivos o con presiones de carga animal elevadas que no son propicias para ecosistemas generalmente secos.

#### 4.8.3.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

En el periodo 2071 a 2100, las mayores áreas que actualmente se encuentran con vegetación secundaria, arbustales y herbazales y que tendrían muy alto impacto, estarían ubicadas en los departamentos de Boyacá (23.800 ha), La Guajira (16.400 ha), Norte de Santander (12.100 ha), Santander (11.700 ha) y Nariño (11.200 ha). Con alto impacto potencial, dichas coberturas se localizarían en La Guajira (1.132 ha), Antioquia (495.000 ha), Cauca (408.000 ha) y Cesar (403.000 ha). Ver la Figura 4.59.

Figura 4.59 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2071 a 2100

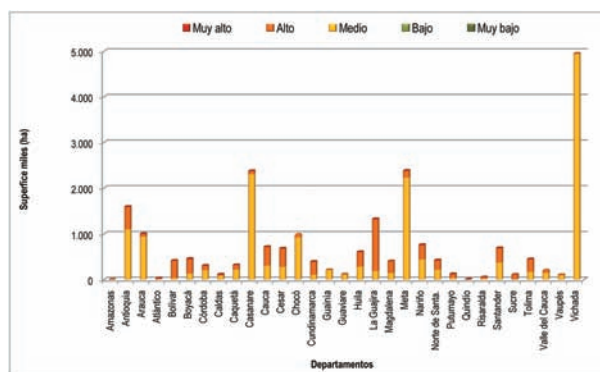
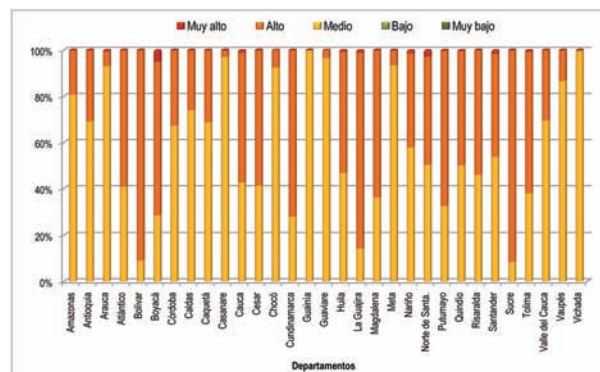


Figura 4.60 Impacto potencial en áreas con vegetación secundaria, arbustales y herbazales 2071 a 2100 (%)



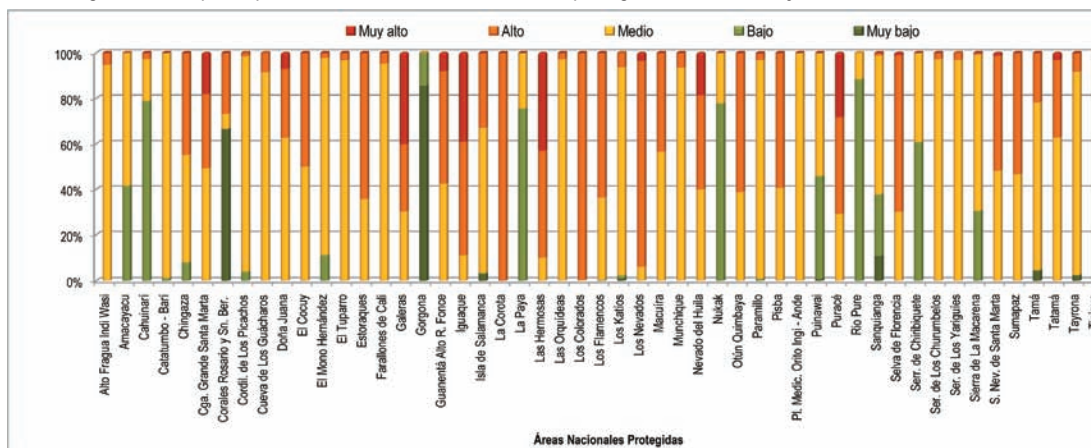
Fuente: Ideam-autores





Proporcionalmente, con respecto al área que resultaría involucrada con muy alto impacto potencial, se encuentran: el PNN Las Herosas, el PNN Galeras, el Santuario de Fauna y Flora de Iguaque, y el PNN Puracé con más de 28% cada uno. Véase la Figura 4.64.

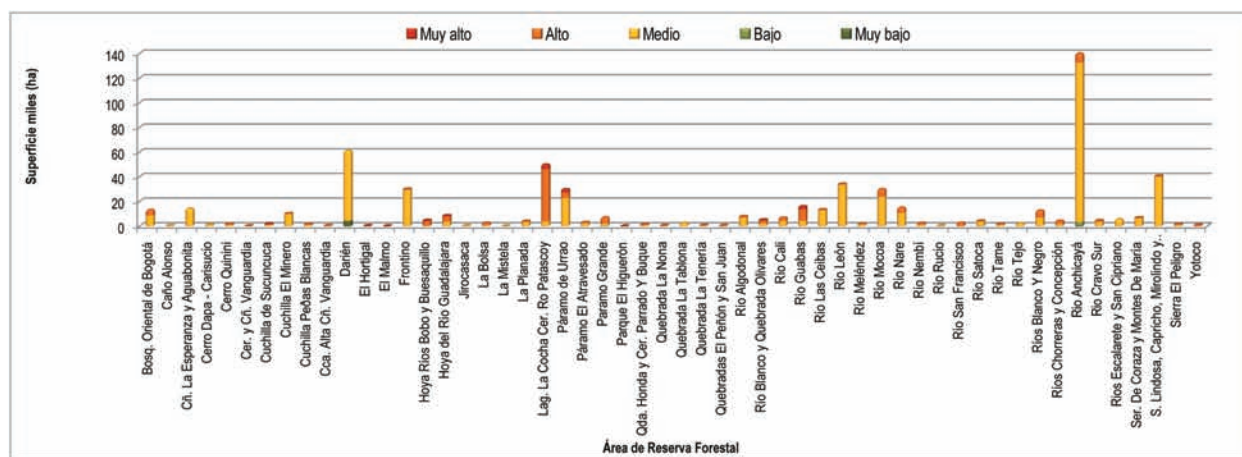
Figura 4.64 Impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin las RFP y RFPP) 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

El impacto potencial alto en las Reservas Forestales Protectoras (RFP) y las Reservas Forestales Protectoras Productoras (RFPP) se tendría en la Laguna de La Cocha y Cerro de Patascocoy, Anchicayá y Guabas, con superficies que van desde las 9.200 ha en las dos últimas hasta las 42.500 ha para la primera. Véase la Figura 4.65.

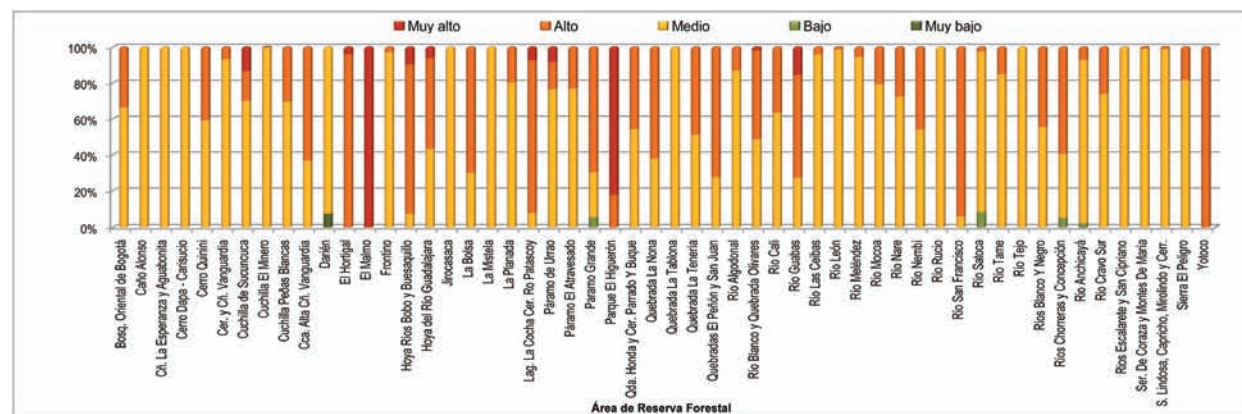
Figura 4.65 Impacto potencial sobre las áreas de RFP y RFPP 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, las RFP de El Malmo y El Higerón, estarían con más de 80% de su territorio con muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040.

Figura 4.66 Impacto potencial sobre las áreas de RFP y RFPP 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores



De forma consolidada, alrededor de 10% de las áreas nacionales naturales protegidas estarían con alto (8,8%) y muy alto impacto potencial (1,3%) para el primer periodo de análisis (2011 a 2040).

- Vulnerabilidad

El análisis de la vulnerabilidad de las áreas protegidas se vería afectado negativamente con base en la capacidad de adaptación estimada de los municipios donde se encuentran dichas áreas de protección.

Figura 4.67 Vulnerabilidad en las áreas nacionales naturales protegidas 2011 a 2040

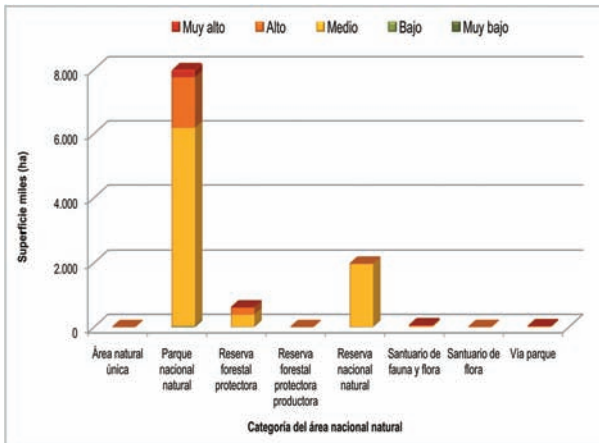
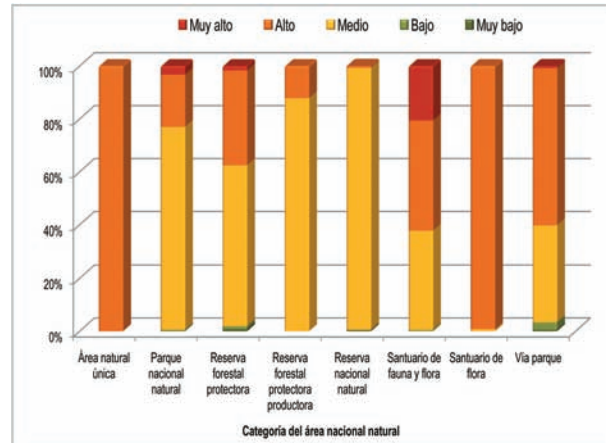


Figura 4.68 Vulnerabilidad en las áreas nacionales naturales protegidas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

En términos relativos, los Santuarios de Fauna y Flora, el Santuario de Flora y el Área Natural Única, tendrían proporcionalmente una mayor vulnerabilidad que las demás categorías de protección. Véase la Figura 4.71.

#### 4.8.4.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

El cambio proporcional más evidente con respecto al primer periodo de análisis (2011 a 2040) se tendría en el Área Natural Única, la cual pasa de 64% a cubrir 100% con un alto impacto. Véanse las figuras 4.62 y 4.70.

Figura 4.69 Impacto potencial en las áreas nacionales naturales protegidas 2071 a 2100

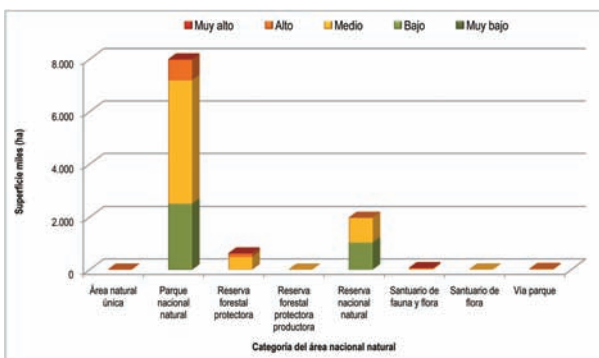
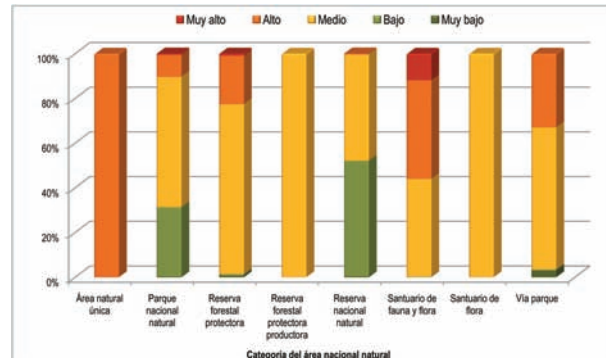


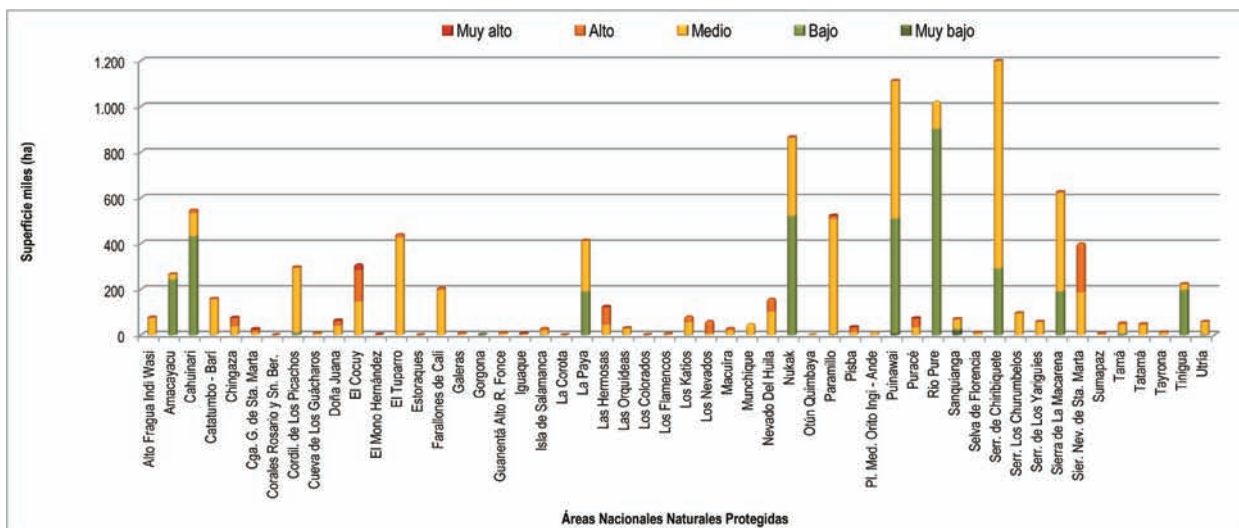
Figura 4.70 Impacto potencial en las áreas nacionales naturales protegidas 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

En relación con el impacto potencial en las diferentes áreas protegidas, con excepción de las RFP y las RFPP, el cambio más significativo se encuentra en el aumento de las áreas con moderado impacto potencial en los PNN: Serranía de Chiribiquete, La Paya y Nukak. Compárese la Figura 4.71 con la presentada para el periodo 2011 a 2040.

Figura 4.71 Impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas, sin RFP y RFPP 2071 a 2100



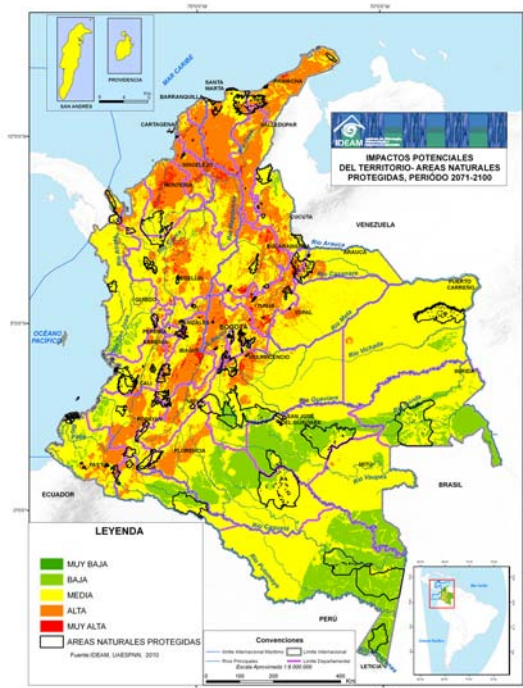
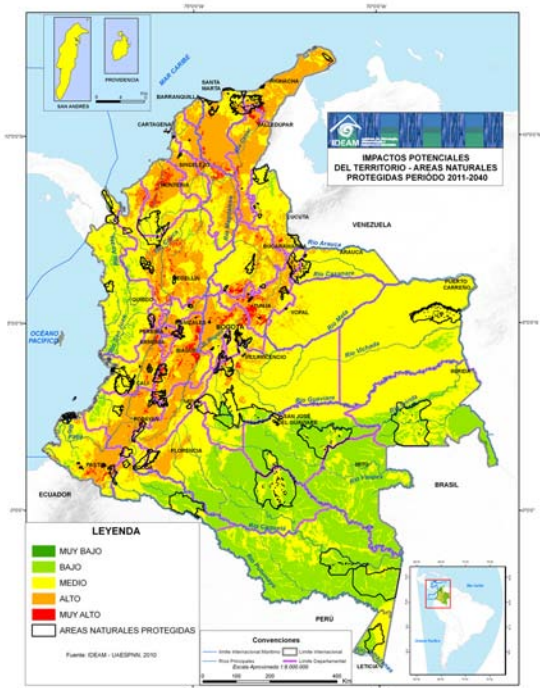
Fuente: Ideam-autores

Si bien en las áreas protegidas (sin RFP ni RFPP) no se tendría una variación significativa, en el total acumulado por categoría de protección para finales del siglo XXI, es necesario tener en cuenta el gran tamaño de las áreas ubicadas en la Orinoquia y Amazonia, sobre las cuales se encontrarían las grandes áreas con variaciones en el clima a finales de siglo, lo cual se analiza a través del índice de Lang.

En las figuras 4.72 y 4.73 se muestra el cruce del impacto potencial con las áreas protegidas para los dos periodos de análisis.

Figura 4.72 Mapa con el impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin RFP y RFPP) 2011 a 2040

Figura 4.73 Mapa con el impacto potencial sobre las áreas naturales protegidas (sin RFP y RFPP) 2071 a 2100



Fuente: Ideam-autores

De forma similar, las Reservas Forestales Protectoras (RFP) y las Reservas Forestales Protectoras Productoras (RFPP), no tendrían mayores diferencias significativas en los dos periodos de análisis. No obstante, a pesar de tener una superficie mucho menor (5,8%) que el resto del total de áreas protegidas, por su similar número de reservas, hace que el muy alto impacto (1,6%) y alto impacto esperado (20,2%), en más de 21,8% de los dos niveles más significativos, generaría un mayor esfuerzo y gestión, dada la distribución, extensiones menores y mayores de efectos negativos de fragmentación.

Es apropiado mencionar que las áreas con coberturas boscosas fueron calificadas con menor sensibilidad ambiental a los efectos adversos del cambio climático, lo cual se traduce en un menor impacto potencial estimado, con respecto a las áreas alteradas o con condiciones más degradadas o secas.

#### 4.8.5 Coberturas herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares

La presente agrupación cubre las superficies de aguas costeras junto con las áreas húmedas costeras cubiertas con especies herbáceas y arbustivas, dada la importancia para los ecosistemas del litoral marino.

##### 4.8.5.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Los impactos potenciales muy altos que se tendrían en las coberturas o ecosistemas de litoral (herbáceas y arbustivas costeras, lagunas costeras y manglares) se ubican en el departamento de Magdalena, cubriendo una extensión mayor a 10.000 ha. Las mayores superficies con impactos altos estarían en Magdalena, Antioquia, Chocó, Nariño y Bolívar, con extensiones desde 14.000 ha hasta más de 85.000 ha. Véase la Figura 4.74.

Figura 4.74 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040

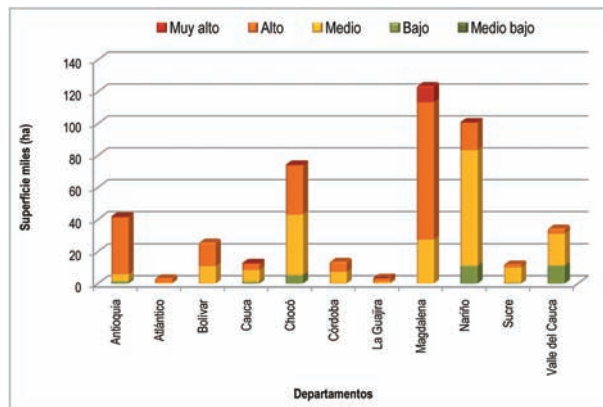
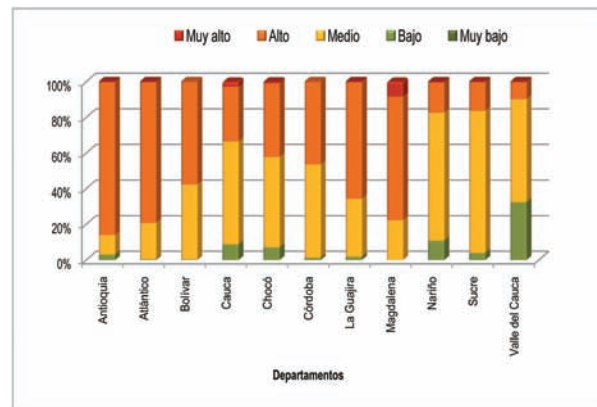


Figura 4.75 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

En la Figura 4.75 se puede advertir la proporción en el territorio departamental que estaría en muy alto impacto potencial en Magdalena (8%) y Cauca (3%). En los departamentos de Antioquia (85%), Atlántico (79%), Magdalena (69%) y La Guajira (69%) se tendría alto impacto potencial, respecto al área de ecosistemas de litoral marino que se vería involucrado en cada departamento. Al tener en cuenta las dos categorías con mayor impacto potencial (muy alto y alto), el área nacional de dichos ecosistemas de litoral marino que estaría comprometida se encuentra alrededor de 49%.

- Vulnerabilidad

Las mayores áreas con muy alta vulnerabilidad se localizan principalmente en los departamentos de Magdalena, Nariño y La Guajira. Véase la Figura 4.76.

Figura 4.76 Vulnerabilidad en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040

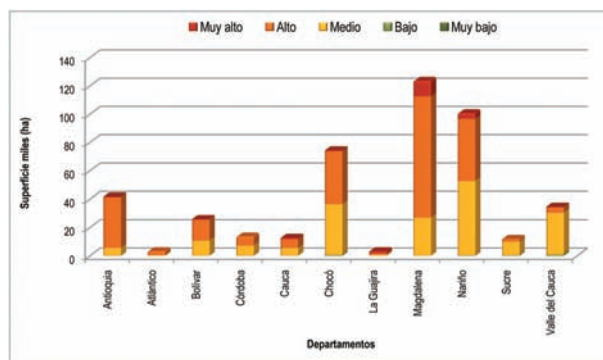
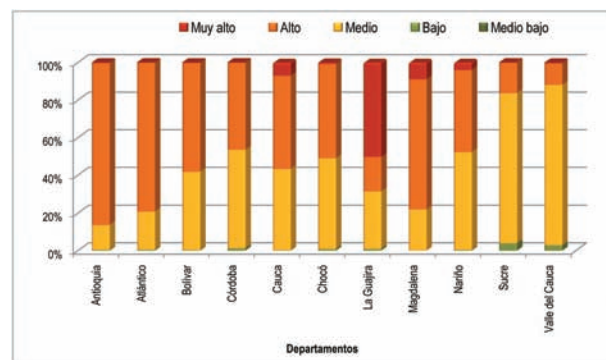


Figura 4.77 Vulnerabilidad en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores



Con respecto a la proporción de los ecosistemas del litoral marino por cada departamento, la vulnerabilidad muy alta se ubica en los departamentos de La Guajira, Magdalena, Cauca y Nariño, principalmente. La mayor participación para dichos ecosistemas con vulnerabilidad alta se tendría en Antioquia, Atlántico y Magdalena. Véase la Figura 4.77.

Por lo expuesto, es necesario anotar que las coberturas vegetales asociadas con el comportamiento micromareal localizadas en el litoral Caribe, presentarán disminución en las precipitaciones, lo cual sumado al ascenso del nivel medio del mar, repercutirá en la salinización de los pantanos litorales, mientras que los manglares asociados con el régimen macromareal, localizados en el litoral Pacífico, presentarán condiciones más húmedas.

Adicionalmente, se debe tener en cuenta que el principal problema que tendrán que afrontar los manglares colombianos es el retroceso de la línea de costa asociado con el ascenso del nivel medio del mar. Las tasas de retroceso de la línea de costa variarán de acuerdo con las condiciones topográficas de la misma, el aporte de sedimentos por parte de los ríos y el estado de conservación en el cual se encuentran, además de otros factores no climáticos que no fueron considerados en el análisis.

#### 4.8.5.2 Impacto potencial 2071 a 2100

El impacto potencial que se tendría hacia finales de siglo en las actuales áreas de ecosistemas del litoral marino se circunscribiría en la categoría muy alta para los departamentos de Magdalena, Bolívar y Sucre. El impacto alto se esperaría para los departamentos de Magdalena, Antioquia y Chocó, principalmente. Ver la Figura 4.78.

Figura 4.78 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2071 a 2100

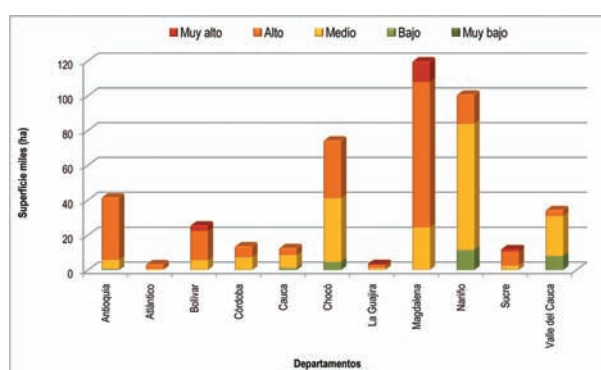
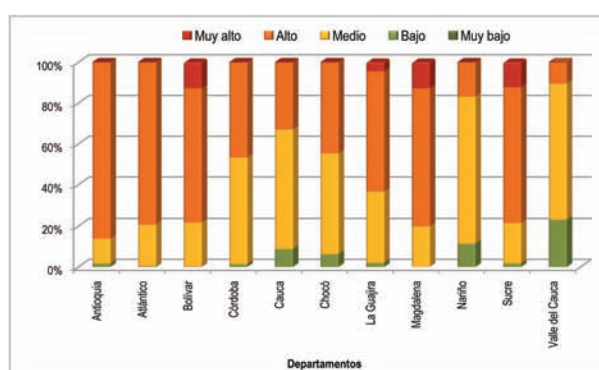


Figura 4.79 Impacto potencial en áreas de manglar, herbáceas, arbustivas y lagunas costeras 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Los incrementos más significativos en superficie de este periodo para el impacto muy alto con respecto al primer periodo (2011 a 2040) se localizan en los departamentos de Magdalena, Bolívar y Sucre. Véanse las figuras 4.76 y 4.78. Con respecto al total nacional de las categorías de muy alto y alto impacto, hacia finales de siglo se tendría un incremento alrededor de 3% adicional, a la proporción inicialmente identificada para el periodo 2011 a 2040 (49%).

#### 4.8.6 Áreas agrícolas heterogéneas

Para tener en cuenta el contexto del sector agrícola en el análisis de la vulnerabilidad, especialmente en los factores no climáticos, es necesario tener presente que el territorio colombiano presenta una gran capacidad para abastecer el mercado nacional y ha alcanzado una reconocida posición en productos de exportación en los últimas décadas; el PIB agropecuario ha contribuido con 8% del PIB total durante el año 2007 (Dane, 2008). De la misma manera, dicho sector ha sido una fuente importante de empleo entre el 2001 y 2008; en promedio generó 21% de los empleos de todo el país (DNP, Plan 2019).

En años recientes, cerca de 5,9 millones de hectáreas del territorio continental está siendo utilizado para la actividad agrícola lícita, de la cual 58,1% está representado por un misceláneo de áreas agrícolas, rastrojos, relictos de bosque, pastos y matorrales. Lo anterior indica que alrededor de 2.458.100 ha, es decir, cerca de 2,1% en la superficie nacional se puede considerar como tierras dedicadas plenamente a la agricultura.

Ahora bien, de acuerdo con la zonificación agroecológica del país, realizada por el Igac (2003), de los 114 millones de hectáreas del territorio nacional continental, cerca de 9% (10.396.650 ha) son aptas para la agricultura, sin



embargo, sólo se utilizó cerca de 2,1%; en el porcentaje restante se han implementado otras actividades, especialmente ganaderías bovinas extensivas, que por su carácter latifundista propician cambios en la estructura de la propiedad.

Con respecto al comportamiento del sector agrícola frente al fenómeno de El Niño 1997-1998, es procedente tener en cuenta que los registros de mayor afectación se dieron en el segundo año, donde los rendimientos de los 17 principales cultivos del país, excluyendo el café, presentaron una reducción en un promedio de 5% atribuible a cada evento. El impacto es ligeramente mayor en los cultivos permanentes (5,5%), que en los transitorios (4,4%). Tal comportamiento podría estar reflejando la condición del manejo y toma de decisiones por los agricultores, con respecto al control de los factores que determinan mejores resultados en los cultivos transitorios.

En la región Andina, los cultivos transitorios de papa, cebada y trigo fueron los más afectados, localizados en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá; los cultivos mecanizados y de bajo riesgo como el arroz en el departamento del Tolima, fueron afectados en menor medida. El maíz tradicional fue afectado en forma generalizada en todas las zonas.

La clasificación adoptada para el presente análisis establece que las áreas agrícolas heterogéneas son consideradas como una mezcla de diferentes cultivos anuales, permanentes, pastos y espacios naturales<sup>43</sup>.

#### 4.8.6.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Las áreas que recibirían impactos potenciales muy altos estarían en los departamentos de Cesar (13.500 ha / 4%), Nariño (6.400 ha / 2%) y Boyacá (3.100 ha / 1%). Impactos potenciales altos con mayor superficie se tendrían en Nariño (311.000 ha / 77%), Tolima (281.000 ha / 71%), Cesar (280.000 ha / 88%), Boyacá (271.000 ha / 58%) y Cundinamarca (234.000 ha / 44%). Ver la Figura 4.80.

Figura 4.80 Impactos potenciales en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040

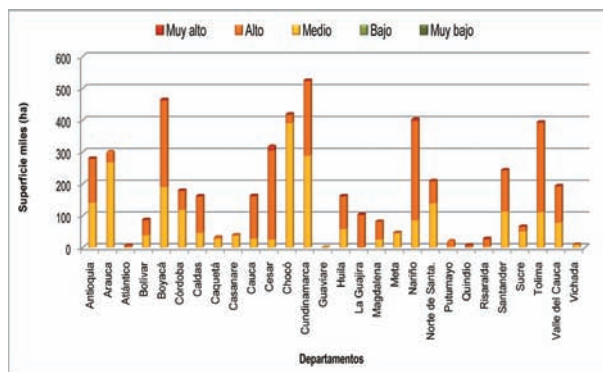
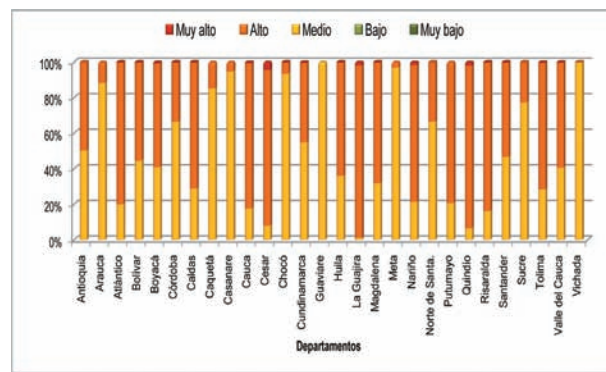


Figura 4.81 Impacto potencial en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Departamentos que resultarían muy altamente impactados por la proporción territorial serían: Cesar, Quindío, La Guajira y Nariño; en la categoría de alto impacto están: La Guajira, Quindío, Cesar, Risaralda y Cauca, con una extensión mayor a 80% de la cobertura presente en cada ente territorial.

- Vulnerabilidad

Las mayores extensiones de áreas agrícolas heterogéneas con muy alta vulnerabilidad estarían localizadas en los departamentos de Cesar (109.000 ha / 34%), Nariño (52.000 ha / 13%), Cauca (27.000 ha / 16%), Tolima (26.000 ha / 7%), Magdalena (24.000 ha / 30%), Córdoba (23.000 ha / 13%) y Antioquia (22.000 ha / 8%). En alta vulnerabilidad se encontrarían los siguientes departamentos: Boyacá (364.000 ha / 78%), Tolima (337.000 ha / 85%), Nariño (317.000 ha / 78%), Arauca (291.000 ha / 96%), Chocó (291.000 ha / 96%), Cundinamarca (263.000 ha / 50%) y Cesar (206.000 ha / 65%). Véase la Figura 4.82.

Figura 4.82 Vulnerabilidad en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040

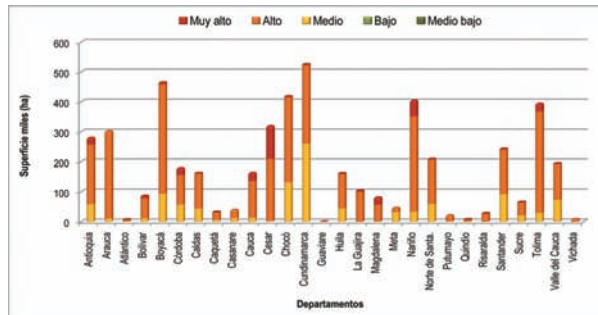
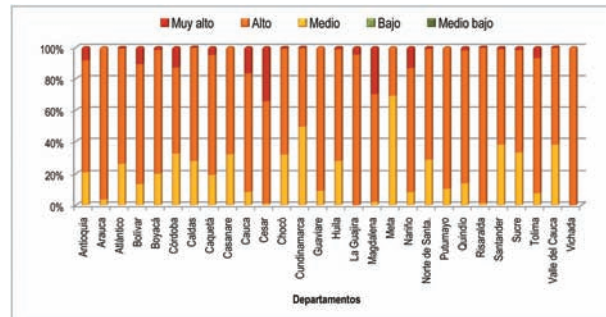


Figura 4.83 Vulnerabilidad en áreas agrícolas heterogéneas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, los departamentos con muy alta vulnerabilidad en sus áreas agrícolas heterogéneas se muestran en la Figura 4.83, los cuales fueron reseñados en el porcentaje de los departamentos antes citados.

Es de resaltar la gran cantidad, extensión y niveles elevados de vulnerabilidad que se tendrían para las áreas agrícolas heterogéneas con respecto a las demás coberturas y uso del territorio.

#### 4.8.6.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Para finales de siglo se tendría una reducción de las áreas con alto impacto en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Huila, Magdalena, Nariño, Risaralda y Tolima; mientras se aumentaría en Arauca, Bolívar, Córdoba, Caquetá, Cesar, Chocó, Cundinamarca, Meta, Putumayo y Sucre. Ver la Figura 4.84.

Figura 4.84 Impactos potenciales en áreas agrícolas heterogéneas 2071 a 2100

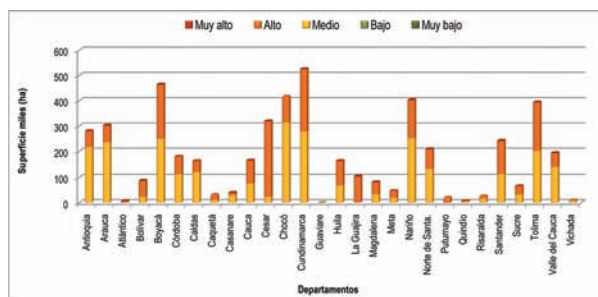
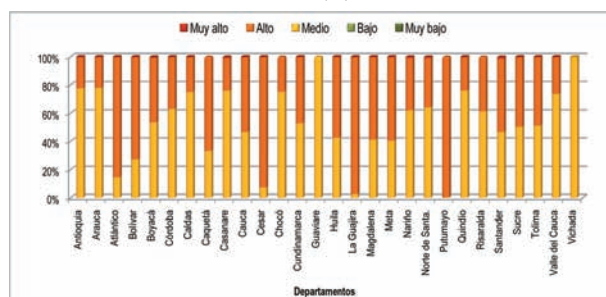


Figura 4.85 Impacto potencial en áreas agrícolas heterogéneas 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Las variaciones antes señaladas de la superficie son más notorias en las figuras (4.83 y 4.85) que muestran las proporciones con respecto a la superficie de las áreas agrícolas heterogéneas existentes en cada departamento.

#### 4.8.7 Cultivos semipermanentes y permanentes

Las coberturas de los cultivos semipermanentes y permanentes corresponden a tierras dedicadas a cultivos con ciclo vegetativo mayor un año, donde se pueden obtener varias cosechas sin necesidad de volver a plantar (Ideam *et al.*, 2007).

Vale mencionar que los sistemas agroindustriales se concentran geográficamente en conglomerados<sup>44</sup> con especialización regional en algunos productos que buscan infraestructuras consolidadas de bienes y servicios, acceden a tierras de mejor calidad y tienen ubicación privilegiada frente al mercado interno y externo. Presentan diferentes grados de integración, con especialización en la producción mediante sistemas de monocultivos, en donde se utilizan, por lo regular, paquetes tecnológicos.

44 1) Las áreas con mayor desarrollo son: Valle del Cauca (azúcar, soya, frutales, ahora etanol), zona cafetera (café y frutales, con tendencia al aumento en ganadería), Urabá Antioqueño (banano y palma africana), Alto Magdalena (arroz riego, arroz seco mecanizado, algodón, ajonjolí, maíz y soya), 2) Áreas agroindustriales con ganadería: Valle del Magdalena (palma africana, algodón, frutales), Costa Atlántica (Montería: algodón, arroz y maíz; Sincelejo: yuca y tabaco; sur de Bolívar: arroz), Meta (Villavicencio: arroz, palma africana, sorgo y soya).

#### 4.8.7.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Los departamentos que recibirían impactos potenciales muy altos con respecto al total de la superficie de los cultivos semipermanentes y permanentes para el periodo inicial son: Valle del Cauca, Cauca, Caldas y Risaralda, principalmente. Véase la Figura 4.86.

Figura 4.86 Impactos potenciales en cultivos semipermanentes y permanentes 2011 a 2040

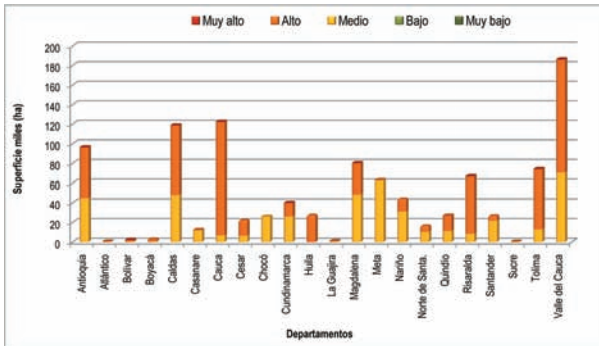
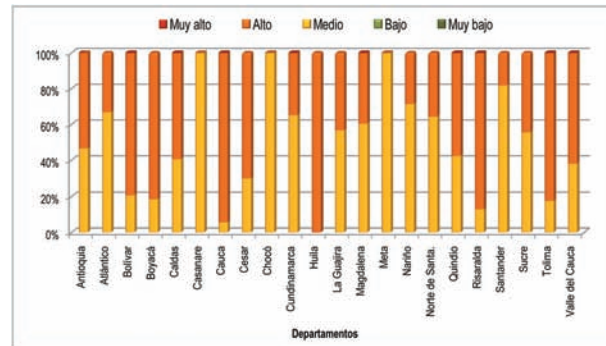


Figura 4.87 Impactos potenciales en cultivos semipermanentes y permanentes 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, los departamentos con mayor área comprometida de cultivos permanentes y semipermanentes en el periodo inicial son: Huila, Cauca, Risaralda, Boyacá y Bolívar, principalmente. Ver la Figura 4.87.

Las áreas de cultivos permanentes y semipermanentes podrían alcanzar un impacto muy alto por déficits de precipitación media anual, cercano a 57% del acumulado nacional, llegando a casi 100% si se incluye el impacto alto.

- Vulnerabilidad

El departamento con mayor superficie de cultivos permanentes y semipermanentes con vulnerabilidad muy alta que se tendría para el periodo 2011 a 2040 es Magdalena. En alta vulnerabilidad se tendría a Cauca, Valle del Cauca, Caldas y Tolima, principalmente. Ver la Figura 4.88.

Figura 4.88 Vulnerabilidad en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2011 a 2040

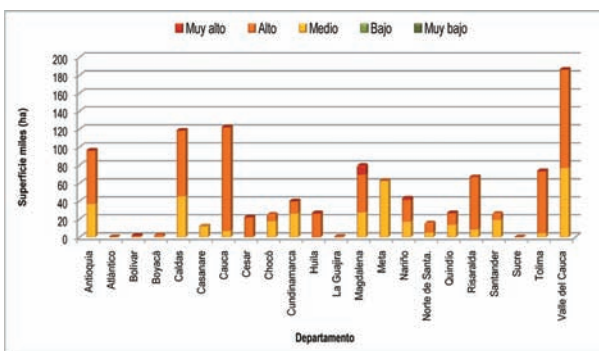
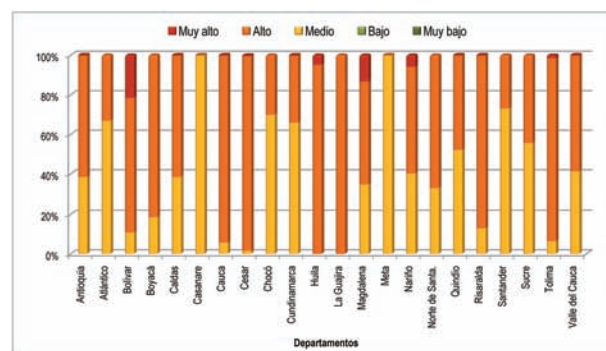


Figura 4.89 Vulnerabilidad en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Los departamentos de Bolívar, Magdalena, Nariño y Huila estarían expresando porcentajes de muy alta vulnerabilidad, superiores a los demás departamentos, con respecto a sus áreas donde se cartografiaron los cultivos permanentes y semipermanentes. Ver la Figura 4.89.

#### 4.8.7.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Si bien en la mayoría de los departamentos se tendría una disminución de las áreas con impactos potenciales altos para el final de siglo en las áreas de cultivos permanentes y semipermanentes, con respecto al primer periodo, en los



departamentos de Bolívar, Cesar, Santander, Cundinamarca, Magdalena, Norte de Santander, Sucre y Meta, principalmente, se tendría un aumento para dicha categoría de impacto. Ver las figuras 4.86 y 4.90.

Figura 4.90 Impacto potencial en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2071 a 2100

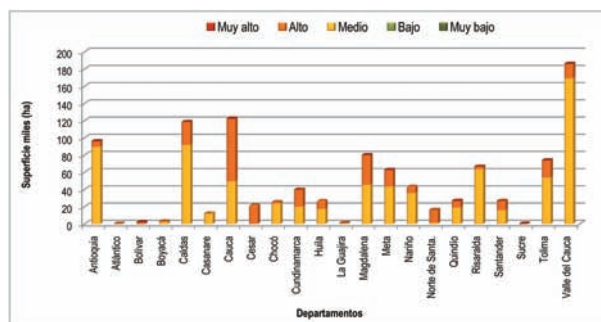
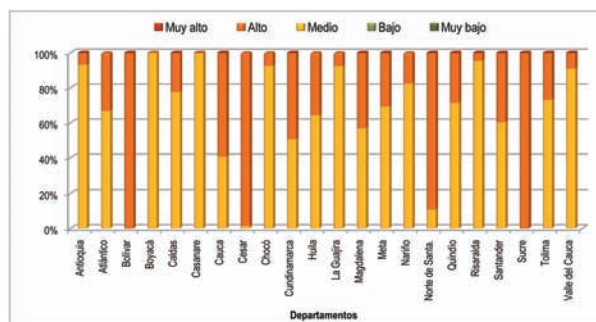


Figura 4.91 Impacto potencial en áreas de cultivos permanentes y semipermanentes 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Las variaciones incrementales al final de siglo, con respecto al periodo inicial, se muestran en los impactos potencialmente altos en los departamentos de Bolívar, Cesar, Sucre y Norte de Santander. Ver las figuras 4.87 y 4.91.

#### 4.8.7.3 Ejercicio indicativo de los impactos potenciales y vulnerabilidad en áreas con cultivos de café 2011 a 2040

Los siguientes análisis de vulnerabilidad realizados por el Ideam se basaron en la información cartográfica digital suministrada por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Encuesta Nacional Cafetera 1993 - 1997), dentro del marco del proceso de discusión de la metodología. Tal información se dividió para cada una de las variedades cultivadas (Típica, Caturra y Colombia).

- Impactos potenciales 2011 a 2040

##### Café variedad Caturra

De las cerca de 375.000 ha que se identificaron para el censo cafetero (1993-1997), en el periodo 2011 a 2040, los departamentos que tendrían una mayor superficie de café variedad Caturra con impacto potencial muy alto son: Antioquia (10.200 ha / 17%), Valle del Cauca (5.000 ha / 13%), Quindío (3.100 ha / 13%) y Caldas (2.600 ha / 7%); con alto impacto potencial estarían: Antioquia (36.100 ha / 58%), Huila (35.400 ha / 77%), Tolima (32.800 ha / 67%), Cauca (27.90 ha / 95%), Risaralda (23.100 ha / 83%), Caldas (23.100 ha / 60%) y Valle del Cauca (22.800 ha / 56%). Véanse las figuras 4.92 y 4.93, donde se representa la superficie que se podría impactar en cada una de las categorías y el porcentaje con respecto a cada departamento, respectivamente.

Figura 4.92 Impacto potencial en áreas con cultivo de café variedad Caturra, periodos 2011 a 2040

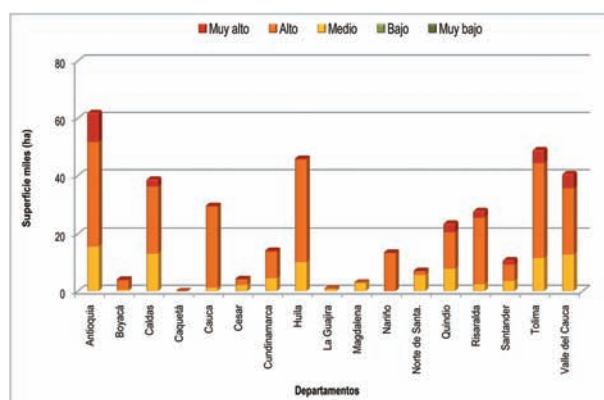
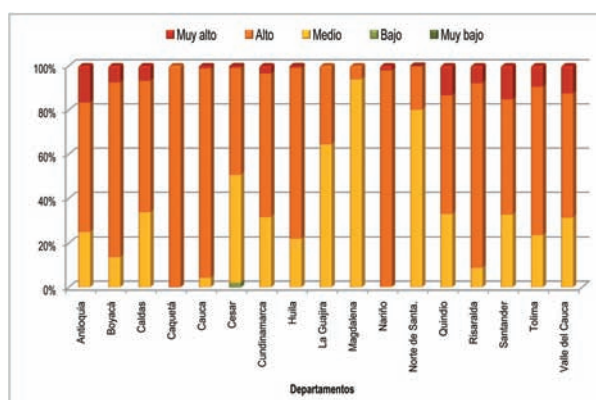


Figura 4.93 Impacto potencial en áreas con cultivo de café variedad Caturra, periodos 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Con base en el impacto muy alto que se podría presentar respecto a la superficie de café Caturra por departamento, sobresalen Antioquia, Santander y Quindío. Véase la Figura 4.93.



Al tomar en cuenta el número de sitios con cultivo de café Caturra que se podrían ver muy altamente impactados para el periodo 2011 a 2040, sobresalen los departamentos de: Antioquia (16.900) y Tolima (6.500); altamente impactados podrían resultar Antioquia (72.300); Cauca (69.500) y Huila (67.700). Ver la Figura 4.94.

Figura 4.94 Impacto potencial en sitios con cultivo de café Caturra, periodo 2011 a 2040

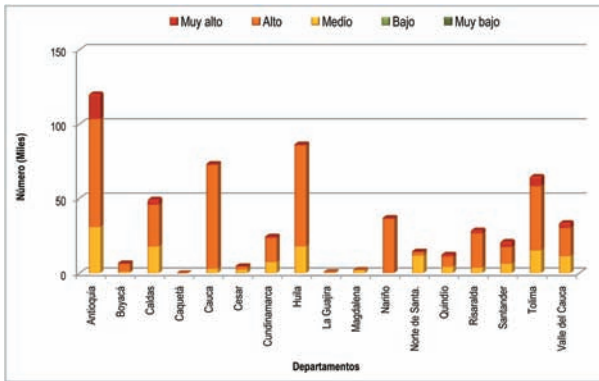
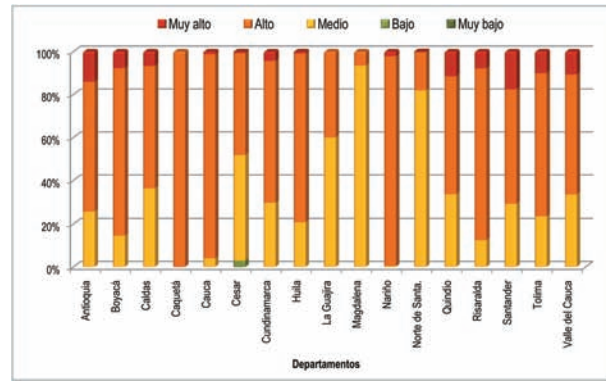


Figura 4.95 Impacto potencial en sitios con cultivo de café Caturra, periodo 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Los departamentos que podrían resultar proporcionalmente con mayores sitios con muy alto impacto potencial en café Caturra, serían: Santander y Antioquia. Ver la Figura 4.95.

Si se toma en cuenta el impacto alto y muy alto de manera conjunta para todo el país, las áreas con cultivo de café Caturra alcanzarían alrededor de un 77%.

#### Variedad Típica

La variedad de café Típica para el periodo 2011 a 2040 podría verse muy altamente impactado en los departamentos de: Tolima (3.100 ha / 8%), Quindío (2.700 ha / 27%), Valle del Cauca (2.500 ha / 9%) y Antioquia (1.800 ha / 14%); con alto impacto estarían: Tolima (21.100 ha / 54%), Cauca (19.700 ha / 92%), Valle del Cauca (17.500 ha / 63%) y Cundinamarca (15.900 ha / 50%). Véanse las figuras 4.96 y 4.97.

Figura 4.96 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Típica periodo: 2011 a 2040

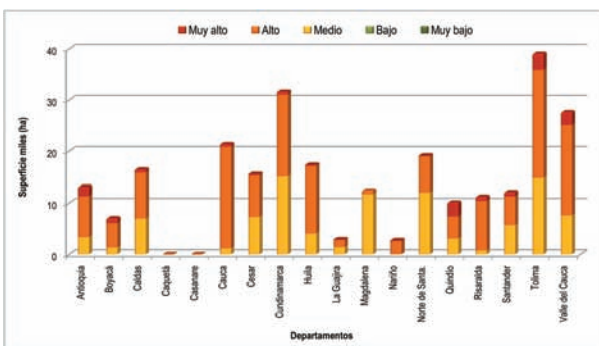
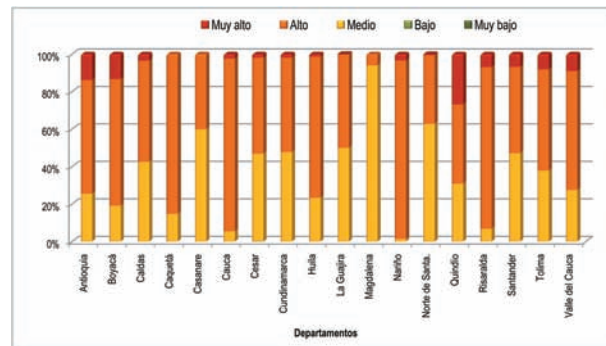


Figura 4.97 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Típica periodo: 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

La mayor proporción departamental de la variedad Típica con alto impacto se podría encontrar en: Nariño y Caquetá. Véase la Figura 4.97. Los impactos potenciales alto y muy alto, acumulados, que se podrían tener en las áreas de cultivo de la variedad típica, alcanzarían alrededor del 63% (57% A; 6% Ma) para el periodo 2011 a 2040.

#### Variedad Colombia

Las mayores áreas de cultivo de café Colombia que potencialmente podrían resultar muy altamente impactadas para el periodo 2011 a 2040 son: Antioquia (11.900 ha / 24%) y Valle del Cauca (2.800 ha / 14%). En similar sentido, con alto impacto se tendría: Caldas (28.600 ha / 80%), Antioquia (27.600 ha / 55%), Risaralda (18.100 ha / 79%) Valle del Cauca (12.700 ha / 62%), Tolima (11.200 ha / 63%) y Quindío (10.600 ha / 57%). Véanse las figuras 4.98 y 4.99.

Figura 4.98 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Colombia periodo: 2011 a 2040

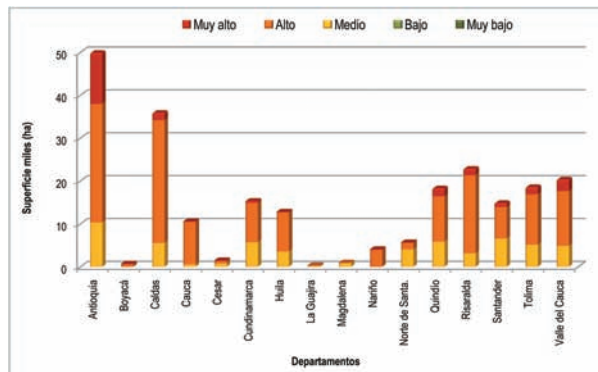
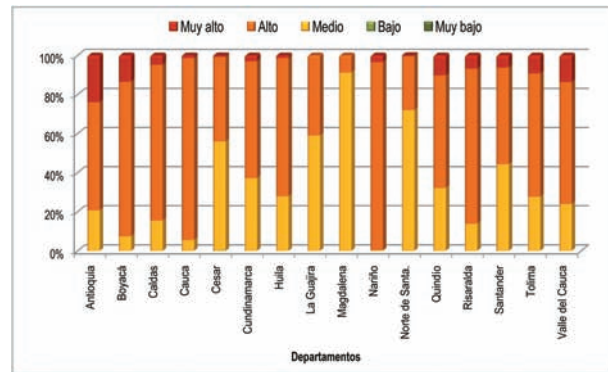


Figura 4.99 Impacto potencial en sitios con cultivo de Café Colombia periodo: 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Adicional a los territorios anteriores, Nariño y Cauca tendrían más del 93% de la superficie departamental comprometida en alto impacto para el periodo 2011 a 2040. Véase la figura 4.99.

En forma conjunta, las áreas con café Colombia, con alto (65%) y muy alto impacto (10%), podrían estar comprometidas en alrededor del 75%, respecto al territorio nacional.

- Vulnerabilidad

Las mayores superficies de café Caturra con muy alta vulnerabilidad se localizarían en los departamentos de Antioquia, Huila, Tolima, Valle del Cauca, Cauca, Caldas y Risaralda. Ver la figura 4.100.

Figura 4.100 Vulnerabilidad en las áreas de cultivo de café Caturra 2011 a 2040

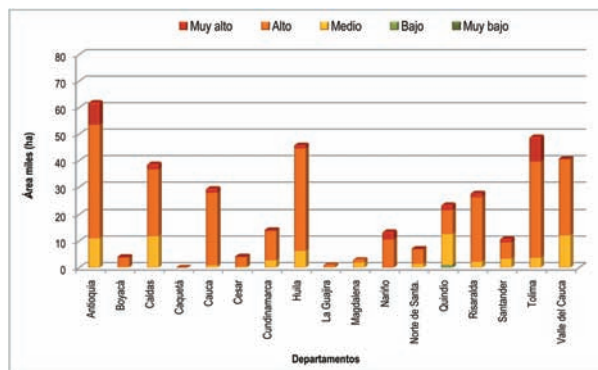
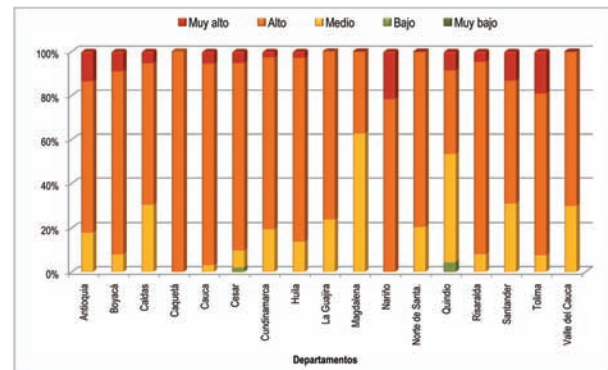


Figura 4.101 Vulnerabilidad en las áreas de cultivo de café Caturra 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Las mayores proporciones departamentales de áreas con cultivo del café Caturra que se verían con muy alta vulnerabilidad estarían localizadas en: Nariño, Tolima, Antioquia y Santander. Lo anterior teniendo en cuenta la capacidad de adaptación municipal. Ver la Figura 4.101.

De las variedades de café analizadas en el periodo 2011 a 2040, las mayores áreas con impacto potencial muy alto se tendrían para la variedad Colombia (10%), y alto para la variedad Caturra (66%). Las áreas en cultivos de café que estarían recibiendo los menores impactos potenciales, muy alto (57%) y alto (6%), se tendrían para la variedad Típica.

Se esperarían impactos potenciales, muy alto (63%) y alto (8), sobre una superficie aproximada 860.000 ha, correspondiendo alrededor del 71% de las áreas identificadas en cultivo de café del país para el periodo 2011 a 2040.

- Impactos potenciales 2071 a 2100

Para el periodo 2071 a 2100, las mayores áreas que tendrían impactos potenciales muy altos en cultivos de café Caturra, se tendrían en los departamentos de Tolima y Antioquia. Véase la figura 4.102. Lo anterior con el supuesto que las áreas de cultivo se mantengan en iguales extensiones para el periodo 2071 a 2100; es decir se tendría como variación los aspectos de la modelación climática.

Figura 4.102 Impactos potenciales (ha) en el cultivo el cultivo del Café Caturra 2071 a 2100

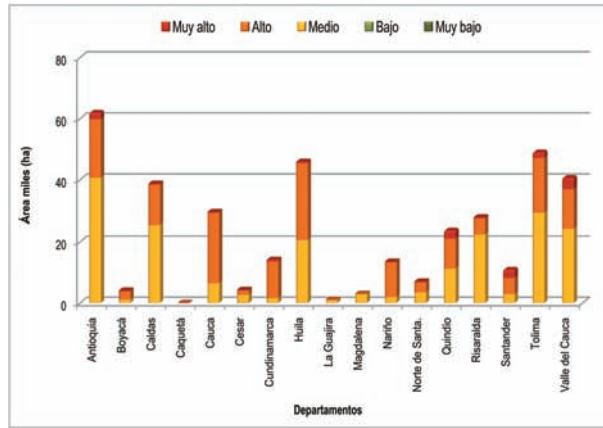
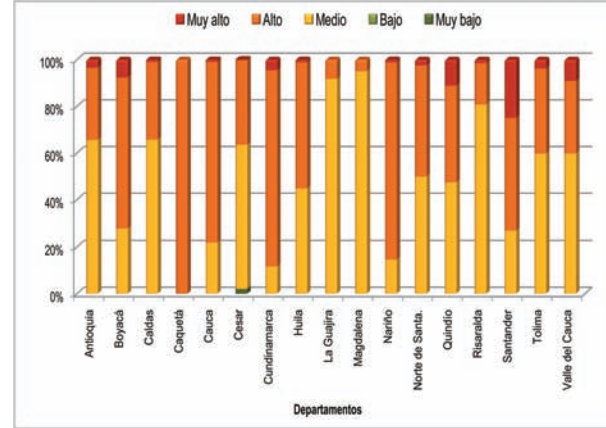


Figura 4.103 Impactos potenciales (%) en el cultivo el cultivo del Café Caturra: 2071 a 2100



Fuente: Ideam-autores

Al realizar una comparación relativa para los dos periodos de análisis, se esperaría la reducción en los impactos potenciales altos en las áreas de cultivo de café Caturra hacia el final de siglo en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca; mientras que en Cundinamarca y Norte de Santander se obtendría un incremento. Las áreas con impacto potencial muy alto donde se esperaría reducción para finales de siglo son: Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca; por su parte, Cundinamarca, Huila y Santander tendría posiblemente ampliación del área en dicha categoría. Véase las figuras 4.94 y 4.102.

De las variedades de café analizadas en el periodo 2011 a 2040, las mayores áreas con impacto potencial muy alto se tendrían para la variedad Colombia (10%), y alto para la variedad Caturra (66%). Las áreas en cultivos de café que estarían recibiendo los menores impactos potenciales, muy alto (57%) y alto (6%), se tendrían para la variedad Típica.

Se esperarían impactos potenciales, muy alto (63%) y alto (8), sobre una superficie aproximada del 71% de las áreas identificadas en cultivo de café del país para el periodo 2011 a 2040.

#### 4.8.8 Cultivos anuales y/o transitorios

Las coberturas con cultivos anuales y/o transitorios son áreas ocupadas por especies cuyo periodo vegetativo dura un año o menos, según el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (Ideam et al., 2007).

##### 4.8.8.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Las mayores superficies de los cultivos anuales y/o transitorios que recibirían muy alto impacto (Ma) estarían localizadas en los departamentos de Antioquia (247.000 ha / 49%), Tolima (205.000 ha / 78%), Boyacá (183.000 ha / 46%), Córdoba (176.000 ha / 55%), Cundinamarca (94.000 ha / 31%) y Santander (94.000 ha / 25%). En alto impacto, las mayores áreas de dicho cultivos estarían en Santander (276.000 ha / 75%), Meta (266.000 / 92%), Antioquia (253.000 ha / 51%), Cundinamarca (214.000 ha / 69%) y Boyacá (213.000 ha / 54%). Véase la Figura 4.104.

Los departamentos que proporcionalmente irían a resultar con impacto muy alto en los cultivos transitorios son Magdalena, Tolima y Nariño, que podrían resultar impactados en más de 78% de su extensión existente en cada departamento. Los departamentos que podrían verse comprometidos con mayor proporción en alto impacto son: Arauca, Caquetá, Casanare, Chocó y La Guajira con alrededor de 100%; seguidos de Norte de Santander y Sucre con más de 92% con respecto al total de las áreas cartografiadas en cultivos anuales y/o transitorios. Véase la Figura 4.105.



Figura 4.104 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040

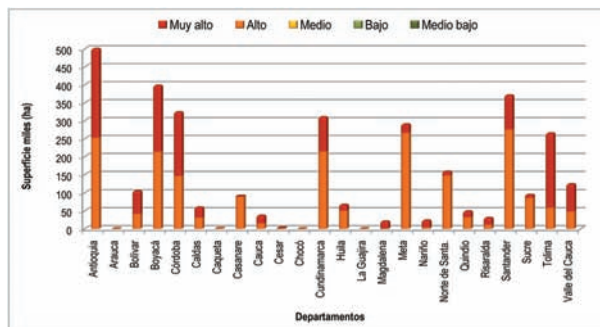
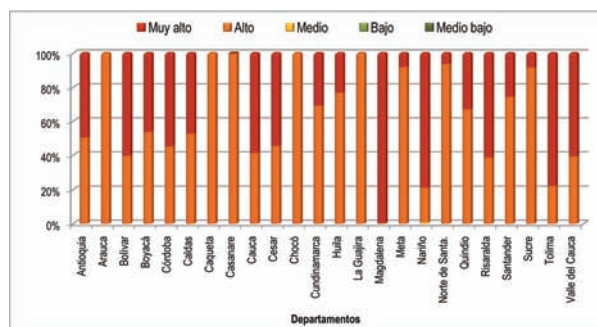


Figura 4.105 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad ambiental muy alta estimada para los cultivos anuales y/o transitorios, se encontraría con mayor extensión en los departamentos de Antioquia, Tolima, Córdoba y Boyacá. Ver la Figura 4.106.

Figura 4.106 Vulnerabilidad en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040

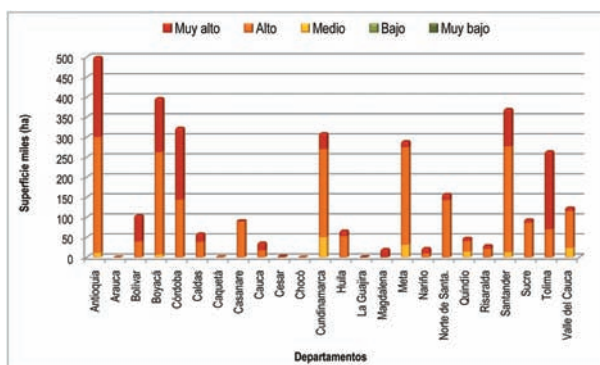
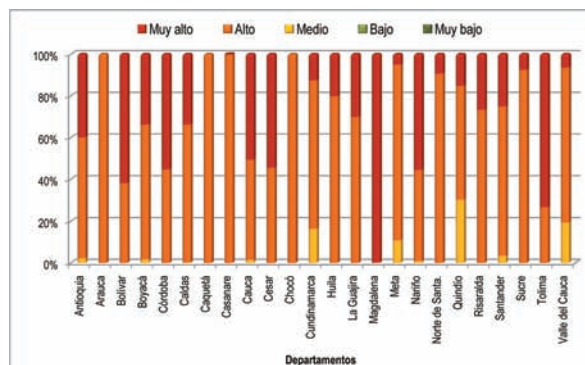


Figura 4.107 Vulnerabilidad en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, los departamentos que tendrían muy alta vulnerabilidad para dichas áreas de cultivos serían: Magdalena, Tolima, Bolívar, Nariño, Cesar y Cauca. Véase la Figura 4.107.

#### 4.8.8.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

En referencia a la variación de los impactos potenciales muy altos que se tendrían para finales de siglo en las áreas que para el presente se mapearon en cultivos anuales y/o transitorios, la mayoría de los departamentos de la región Andina tendría una disminución de la superficie comprometida se destacan: Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. En sentido contrario, se tendría un aumento del área en dicha categoría en los departamentos que tienen menos área montañosa cultivada como: Bolívar, Córdoba, Cesar, Meta, Norte de Santander, Santander y Sucre. Véanse las figuras 4.104 y 4.108.

En relación con el área presente de cultivos anuales y/o transitorios por departamento para el impacto muy alto (Ma), las reducciones más representativas estarían en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Nariño, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca; mientras los aumentos se tendrían de Arauca, Bolívar, Meta, Cesar y Sucre. Véanse las figuras 4.105 y 4.109.



Figura 4.108 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2071 a 2100

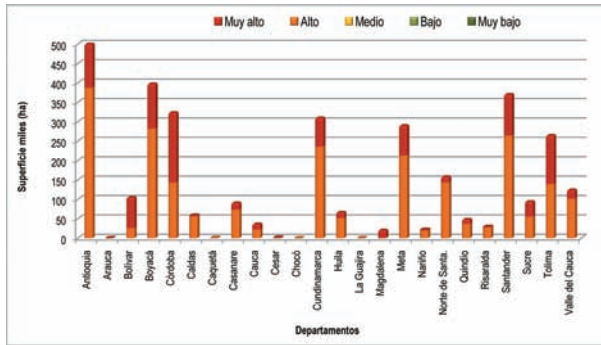
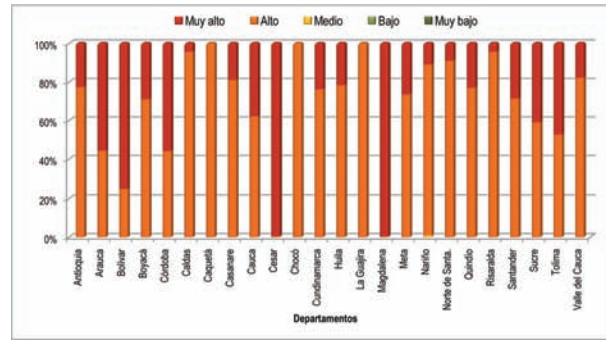


Figura 4.109 Impactos potenciales en las áreas de los cultivos anuales y/o transitorios 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

#### 4.8.9 Ejercicio indicativo para algunas áreas con cultivos comerciales

Con base en la información suministrada por CCI (2007<sup>45</sup>) sobre las áreas cultivadas en arroz irrigado de los distritos de riego, palma de aceite y caña de azúcar, a continuación se realiza el análisis de impacto y vulnerabilidad correspondientes. Se reitera que la información de entrada debe ser considerada como un referente indicativo, la cual, en la medida de la exactitud y actualización periódica, permitirá acercarse progresivamente a los valores que se determine para cada condición, servicios o funciones en riesgo.

##### 4.8.9.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad arroz con riego 2011 a 2040

- Impacto potencial

Al analizar el impacto potencial que se podría presentar en las áreas donde se encuentran los sistemas de arroz con riego se puede identificar que el departamento de Tolima estaría con la mayor superficie y proporción afectada con muy alto impacto. Véanse las figuras 4.110 y 4.111.

Figura 4.110 Impacto potencial en los cultivos de arroz con riego (ha) 2011 a 2040

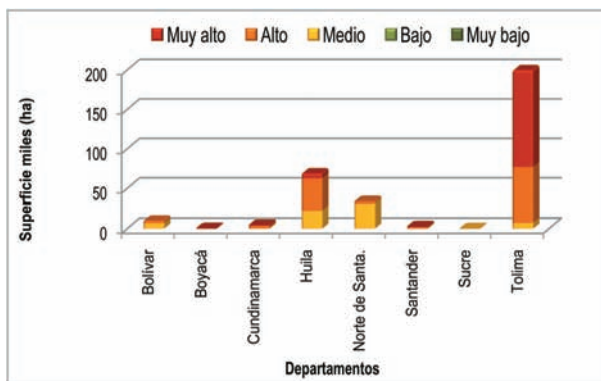
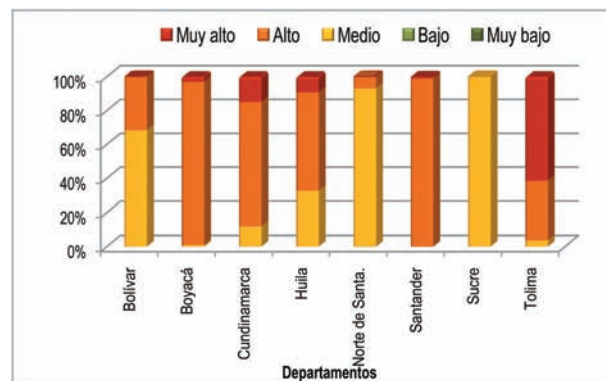


Figura 4.111 Impacto potencial en áreas de cultivos de arroz con riego (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

En los departamentos de Tolima y Huila se tendría impacto alto, lo cual resultaría significativo tanto en la superficie involucrada como en la proporción respecto al total existente en sus territorios.

- Vulnerabilidad

Con base en el ejercicio para estimar la vulnerabilidad ambiental relativa, se encuentra que en los departamentos de Bolívar y Sucre, a pesar de la poca extensión del cultivo, dada la menor capacidad de adaptación respecto a los demás departamentos, se esperaría una vulnerabilidad alta en gran parte sus territorios. En los departamentos de Tolima y Huila se esperaría una mejor capacidad de adaptación de los municipios donde se encuentran los cultivos, frente los demás departamentos bajo análisis.

Figura 4.112 Vulnerabilidad relativa en los cultivos de arroz con riego (ha) 2011 a 2040

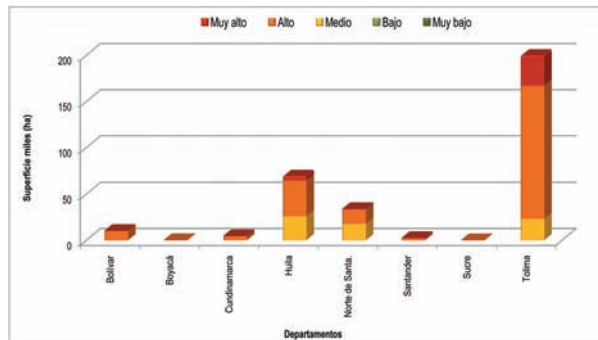
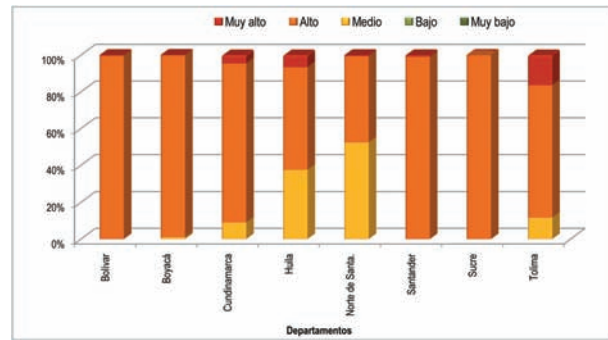


Figura 4.113 Vulnerabilidad relativa en áreas de cultivos de arroz con riego (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

#### 4.8.9.2 Impactos potenciales en áreas con arroz con riego 2071 a 2100

Para el periodo 2071 a 2100, las áreas de cultivo en el Tolima que se identificaron inicialmente (2011 a 2040) en arroz con riego, tendrían para finales de siglo una menor proporción con muy alto impacto. Se esperaría una situación contraria en los departamentos de Bolívar y Sucre, donde se incrementaría el impacto alto, al igual que Cundinamarca en la categoría de muy alto impacto, a pesar de su baja extensión. Ver la Figura 4.114.

Figura 4.114 Vulnerabilidad relativa en los cultivos de arroz con riego (ha) 2071 a 2100

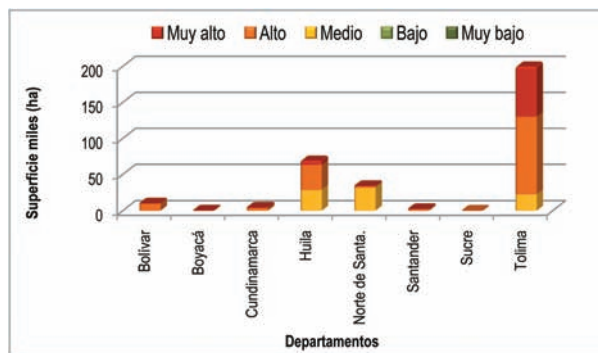
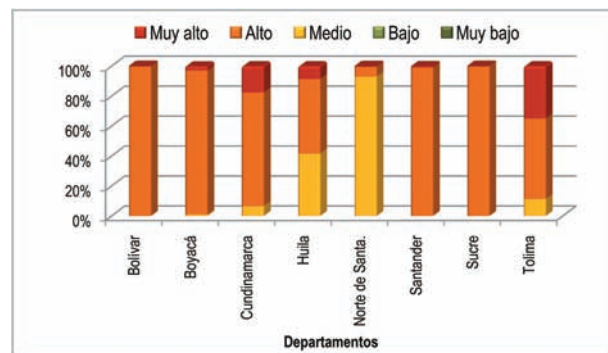


Figura 4.115 Vulnerabilidad relativa en áreas de cultivos de arroz con riego 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

#### 4.8.9.3 Impactos potenciales y vulnerabilidad en áreas con cultivo de palma de aceite 2011 a 2040

##### • Impactos potenciales

Las áreas dedicadas al cultivo de palma de aceite que podrían resultar con impacto alto se identifican en los departamentos de Cesar, Santander, Meta, Bolívar y Magdalena, con más de 9.000 ha en cada uno. Con respecto a la proporción del cultivo frente al total existente en cada territorio que podría resultar con alto impacto sobresalen: Córdoba, Cesar, Bolívar, Santander, al cubrir más de 39% en cada uno de ellos. Véanse las figuras 4.116 y 4.117.

Figura 4.116 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (ha) 2011 a 2040

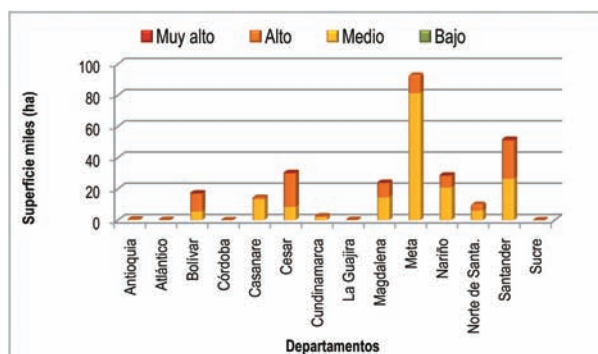
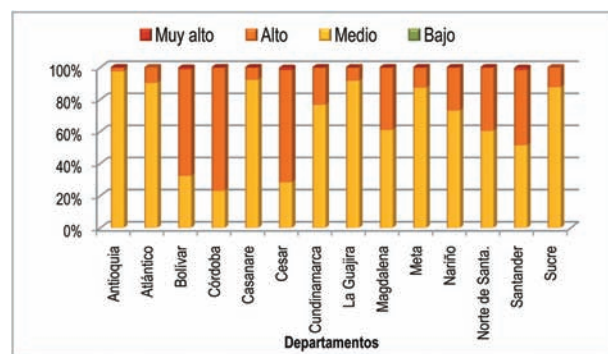


Figura 4.117 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

- Vulnerabilidad

Los departamentos con áreas de palma de aceite (>2.000 ha) en muy alta vulnerabilidad que se identifican son: Magdalena, Cesar y Nariño. Las áreas de palma de aceite en alta vulnerabilidad estarían en los departamentos de Cesar, Bolívar, Santander, Magdalena, Meta y Nariño, con más de 10.000 ha cada uno. Ver la Figura 4.118.

Figura 4.118 Vulnerabilidad relativa en las áreas de cultivo de palma de aceite (ha) 2011 a 2040

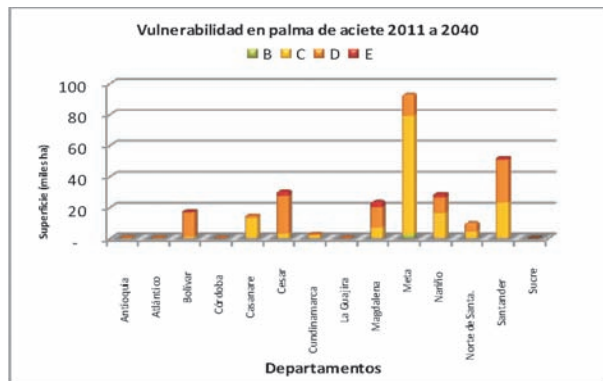
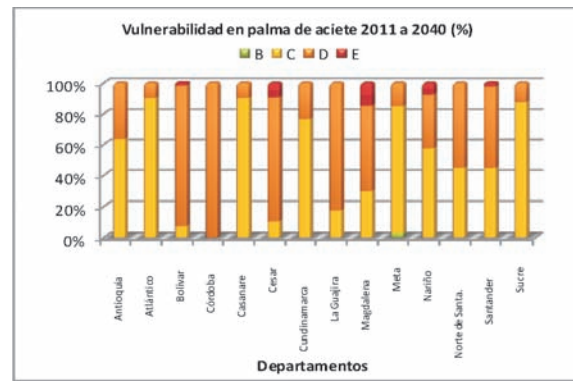


Figura 4.119 Vulnerabilidad relativa en las áreas de cultivo de palma de aceite (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

Con respecto a la proporción relativa del área de cultivo dentro de cada departamento, en muy alta vulnerabilidad, se destacan Magdalena, Cesar y Nariño; mientras en alta vulnerabilidad se encontrarían Córdoba, Bolívar, La Guajira, Cesar, Norte de Santander y Santander, con más de 50% del área de cultivo presente dentro de cada departamento. Ver la Figura 4.119.

#### 4.8.9.4 Impactos potenciales palma de aceite 2071 a 2100

Las actuales áreas dedicadas al cultivo de palma de aceite, que posiblemente podrían presentar alto impacto potencial para el periodo 2071 a 2100 son: Meta, Santander y Cesar, con más de 25.000 ha en cada departamento. Ver la Figura 4.120.

Figura 4.120 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (ha) 2071 a 2100

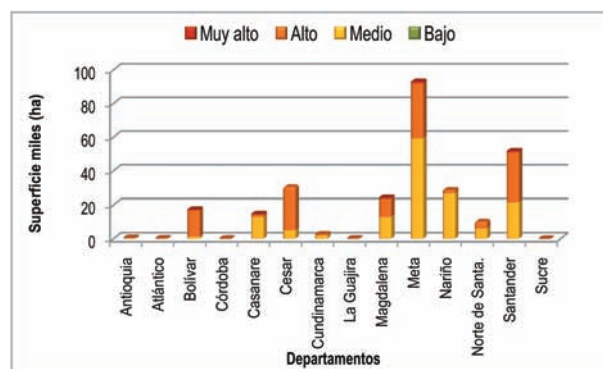
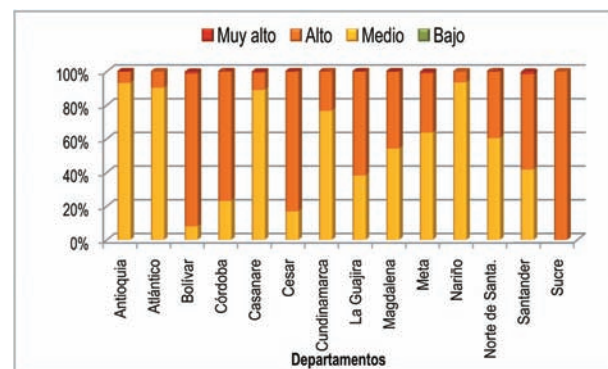


Figura 4.121 Impactos potenciales en las áreas de cultivos de palma de aceite (%) 2071 a 2100



Fuente: Ideam-autores

Sobresalen por el potencial incremento en el área con impacto alto, con respecto al periodo de inicios de siglo, los departamentos de Meta, Santander, Cesar y Bolívar. Ver la Figura 4.121.

#### 4.8.9.5 Impactos potenciales y vulnerabilidad áreas con caña de azúcar 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Los departamentos en los que se estima mayor superficie con impacto potencial muy alto en las áreas de cultivo de caña de azúcar son: Valle del Cauca y Cauca. Véase la Figura 4.122.



Figura 4.122 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar 2011 a 2040

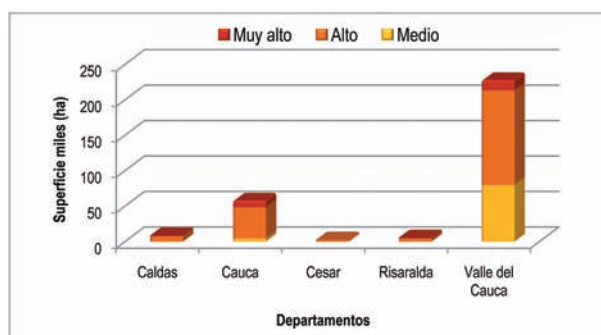
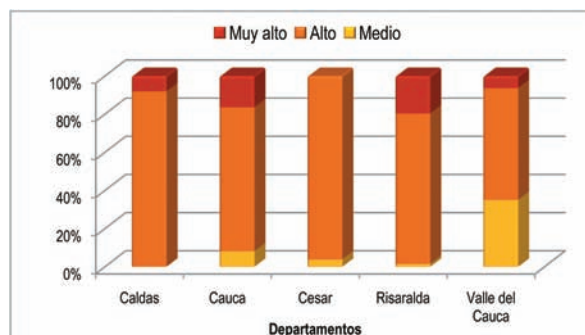


Figura 4.123 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, Risaralda estaría mayormente impactada en la categoría muy alta, seguido de Cauca y Caldas. Véase la Figura 4.123.

- Vulnerabilidad

La estimación de la vulnerabilidad, con base en las capacidades de adaptación territorial, indica que en el departamento de Cauca se tendría la mayor superficie con muy alta vulnerabilidad; véase la Figura 4.124.

Figura 4.124 Vulnerabilidad estimada (ha) en las áreas de cultivo de caña de azúcar 2011 a 2040

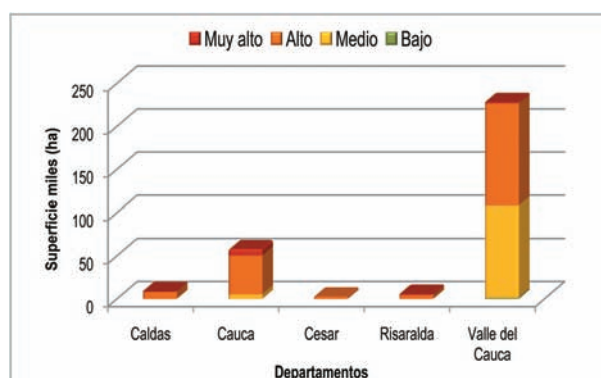
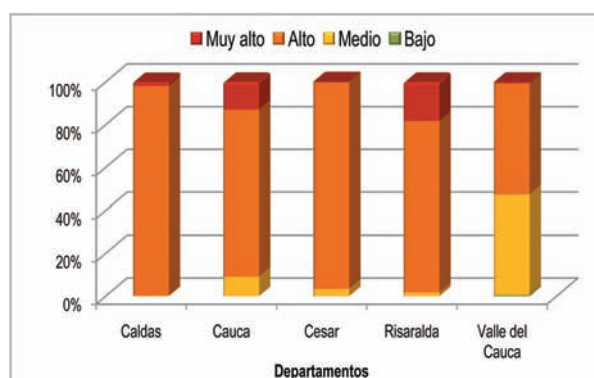


Figura 4.125 Vulnerabilidad estimada (%) en las áreas de cultivo de caña de azúcar 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, los departamentos de Risaralda y Cauca se destacarían por exponer muy alta vulnerabilidad, con respecto a los otros entes territoriales donde se cultiva la caña de azúcar. Véase la Figura 4.125.

#### 4.8.9.6 Impactos potenciales caña de azúcar 2071 a 2100

A finales de siglo (2071 a 2100), los impactos potenciales en las áreas cultivadas hoy día con caña de azúcar en los departamentos de Valle del Cauca y Cauca, tendrían una menor superficie en la categoría del impacto potencial muy alto; véanse las figuras 4.122 y 4.126. El departamento del Cauca, a pesar de reducir su proporción en la categoría de muy alto impacto, seguiría encabezando la lista frente los demás entes territoriales donde se produce dicho cultivo. Véase la Figura 4.127.

En términos generales, con excepción del departamento de Cesar, el impacto potencial en las áreas donde hoy se cultiva caña de azúcar, hacia finales de siglo tendría menores proporciones respecto a cada departamento en la categoría de impacto potencial muy alto, teniendo en cuenta una reducción en las áreas de dicha categoría.



Figura 4.126 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar 2071 a 2100

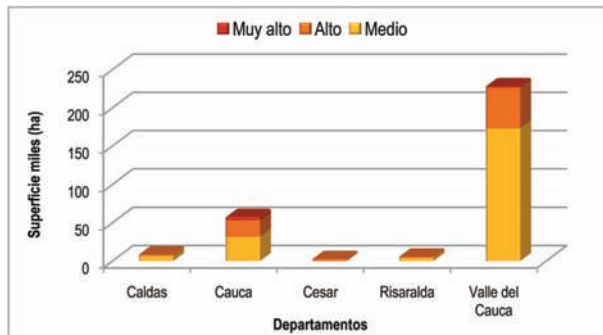
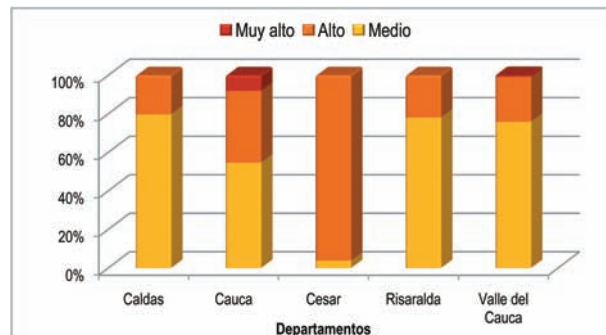


Figura 4.127 Impactos potenciales en el cultivo de caña de azúcar (%) 2071 a 2100



Fuente: Ideam-autores

En las figuras 4.128 y 4.129. Se presenta el cruce de las áreas de cultivo del ejercicio indicativo con la vulnerabilidad ambiental.

Figura 4.128 Vulnerabilidad estimada y áreas de cultivo de café 2011 a 2040

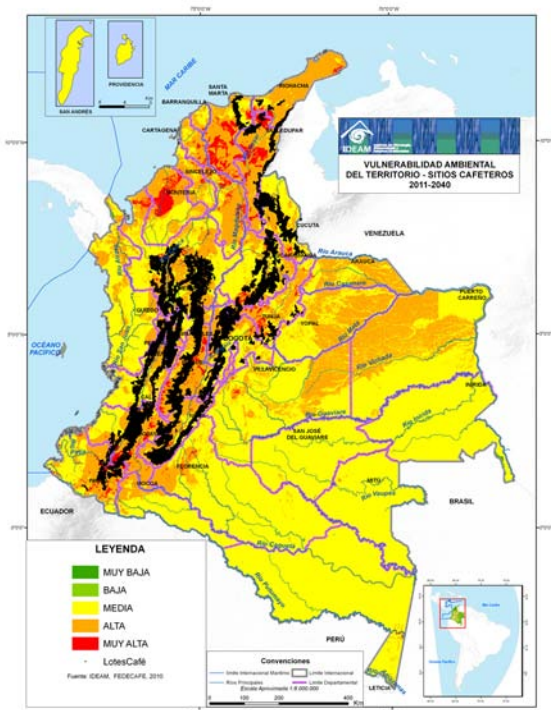
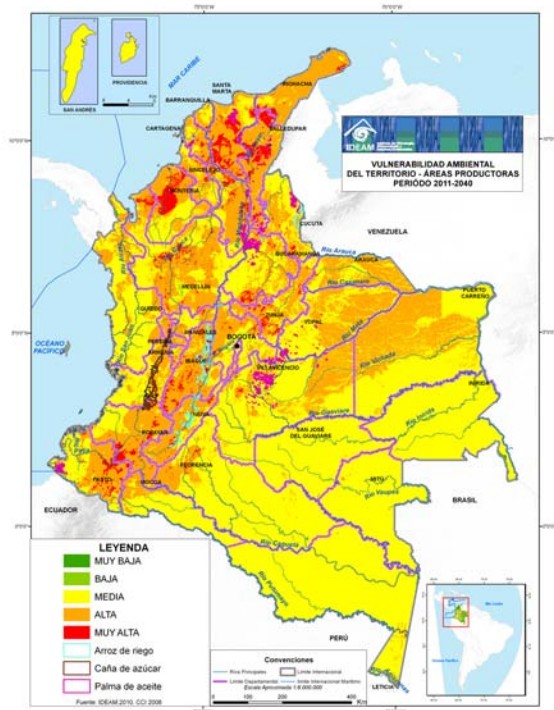


Figura 4.129 Vulnerabilidad estimada y áreas de cultivo de arroz riego, caña de azúcar y palma de aceite 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

#### 4.8.10 Áreas en pastos

Con base en la extensión actual de las zonas con pasto en Colombia (Igac & Corpoica, 2003), la ganadería es la actividad que tiene mayor cubrimiento en el territorio nacional, puesto que las coberturas asociadas con esta actividad ocupan alrededor de 36,6% del territorio nacional, de las cuales 25,8% están cubiertas con pastos y 10,8% con sabanas (gramíneas naturales).

Los sistemas ganaderos bovinos dominan en extensión el uso del suelo en el país. En Colombia, se está utilizando para ganadería cerca de 45% del territorio nacional; no obstante, según el estudio de Igac & Corpoica (2003), para este fin tiene vocación sólo 16% de la superficie del país. Las coberturas en pastos comprenden la asociación de pastos, rastrojos, matorrales y relictos de bosques; pastos naturales y/o naturalizados; pastos introducidos manejados; y pastos naturales y los naturalizados con árboles y arbustos.

La actividad ganadera tiene una gran relevancia en las zonas rurales de Colombia, teniendo en cuenta su participación en cerca de 3,6% del PIB Nacional (Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019, en: Fedegan, 2006).

A continuación se presenta el análisis de impactos y vulnerabilidad teniendo en cuenta que las coberturas en pastos se refieren a las especies herbáceas que son usadas para el pastoreo de ganado principalmente, con la presencia o no de árboles, malezas o rastrojos.

#### 4.8.10.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Las mayores superficies de pastos que recibirían impactos potenciales muy altos se ubican en los departamentos de Cesar (29.000 ha / 3%), La Guajira (27.000 ha / 11%) y Cundinamarca (10.000 ha / 1%). Con alto impacto se tendría a Magdalena (1.039.000 ha / 96%), Cesar (846.000 ha / 84%), Antioquia (822.000 ha / 53%), Córdoba (652.000 ha / 57%), Cauca (579.000 ha / 96%), Bolívar (549.000 ha / 75%) y Cundinamarca (517.000 ha / 69%), principalmente. Ver la Figura 4.130.

Figura 4.130 Impacto potencial en áreas con pasturas 2011 a 2040

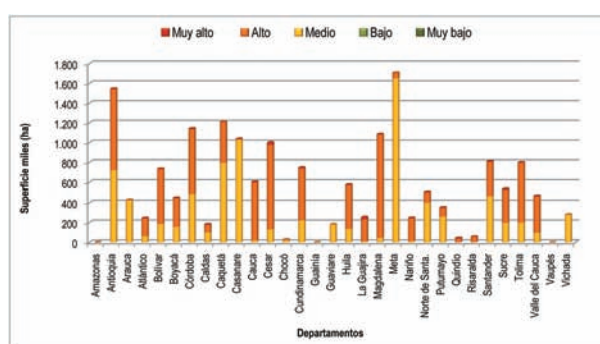
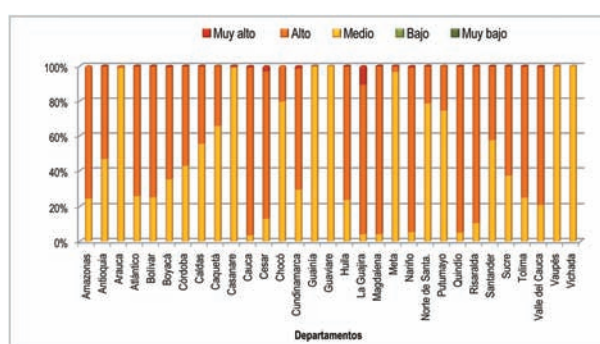


Figura 4.131 Impacto potencial en áreas con pasturas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Adicionalmente, los departamentos que proporcionalmente resultarían con impacto potencial alto en las pasturas son: Quindío y Nariño. Ver la Figura 4.131. Al considerar de forma unificada los impactos potenciales altos y muy altos, el país se podría ver comprometido en más de 50% de la superficie cartografiada de pastos para el periodo 2011 a 2040.

- Vulnerabilidad

Muy alta (Ma) vulnerabilidad se tendría para las áreas de pasto en los departamentos de Magdalena, Nariño, Cesar, Córdoba y Cauca. La vulnerabilidad alta se presentaría con mayor extensión en Antioquia, Cesar, Magdalena, Tolima y Córdoba. Ver la Figura 4.132.

Figura 4.132 Vulnerabilidad en áreas con pasturas 2011 a 2040

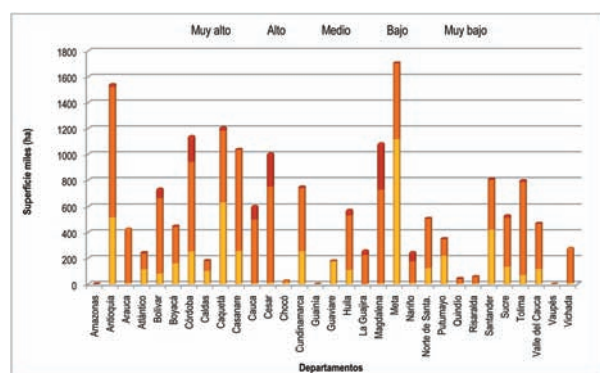
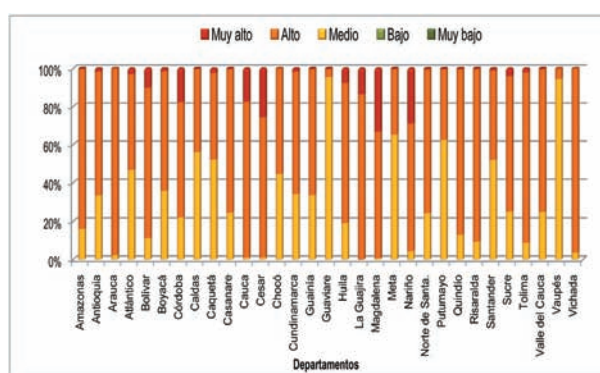


Figura 4.133 Vulnerabilidad en áreas con pasturas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

La vulnerabilidad muy alta en mayor relación con respecto al total en cada departamento podría ocurrir en Magdalena, Nariño, Cesar, Cauca, Córdoba, La Guajira, Bolívar y Huila. En similar sentido, el porcentaje que se afectaría con vulnerabilidad alta estaría en los departamentos de Arauca, Vichada, Risaralda, Tolima, La Guajira, Quindío, Amazonas y Cauca. Véase la Figura 4.133.

#### 4.8.10.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Con respecto a las áreas que en el presente se cartografiaron en pastos dentro de impacto alto, para el final de siglo se prevé posiblemente, un aumento en superficie en relación con las áreas inicialmente identificadas (2011 a 2040) en el piedemonte llanero, costa Atlántica, Santanderes y Boyacá, principalmente. Se destacan, igualmente, los departamentos de Arauca, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Caquetá, Casanare, La Guajira, Meta, Putumayo y Sucre. En sentido contrario, las regiones que sobresalen por una posible reducción en la superficie con impactos potenciales altos hacia finales de siglo son: región Andina, alto Magdalena y alto Cauca, especialmente en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Nariño, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. Los demás entes territoriales se mantienen en cifras similares de impacto potencialmente alto. Véanse las figuras 4.130 y 4.134.

Figura 4.134 Impactos potenciales en áreas con pasturas 2071 a 2100

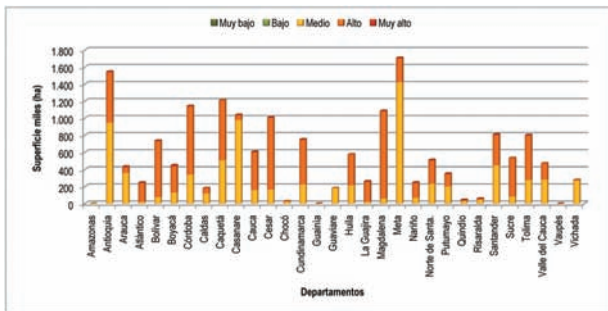
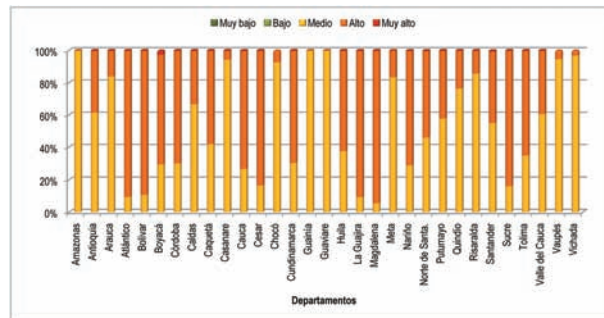


Figura 4.135 Impactos potenciales en áreas con pasturas 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Al comparar el porcentaje de pasturas existentes en cada territorio entre los dos periodos (inicio y finales de siglo) se tendría que los departamentos que muestran una mayor variación hacia el incremento del impacto alto son: Atlántico, Bolívar, Caquetá, Meta y Norte de Santander. Véanse las figuras 4.131 y 4.135.

#### 4.8.11 Resguardos indígenas

Los grupos indígenas tienen representación en todas las regiones naturales del país; sin embargo, la mayor extensión de los resguardos indígenas se encuentra en las regiones de la Orinoquia y Amazonia.

##### 4.8.11.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

El departamento que tendría mayor extensión con muy alto impacto potencial sobre las áreas de resguardo indígena corresponde a Cesar (27.000 ha), seguido de La Guajira (11.000 ha). Las áreas con alto impacto potencial se localizarían en La Guajira (960.000 ha), Cauca (67.000 ha) y Boyacá (65.000 ha). Véase la Figura 4.136.

Figura 4.136 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040

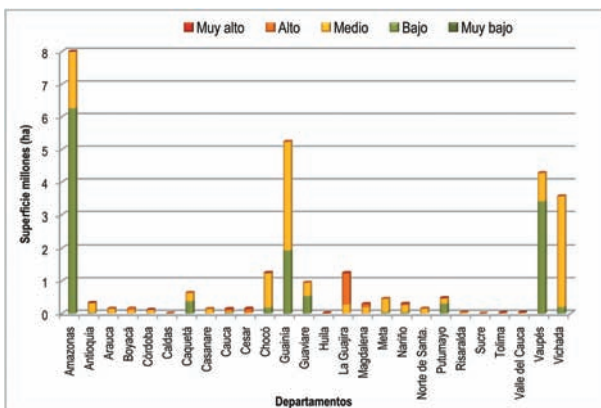
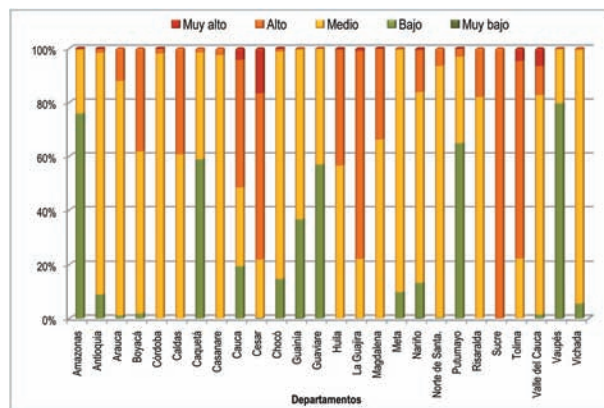


Figura 4.137 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores



Los departamentos que tendrían muy alto impacto potencial con respecto al total de territorios indígenas en cada departamento son: Cesar (16%), Valle del Cauca (6%), Tolima (4%) y Cauca (4%). El impacto potencial alto estaría con mayor proporción en los departamentos de Sucre (100%) La Guajira (77%), Tolima (73%) y Cesar (61%). Ver la Figura 4.137.

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad muy alta estimada para el periodo 2011 a 2040, se encuentra en mayor extensión en los departamentos de La Guajira y Magdalena. Con alta vulnerabilidad, sobresalen: La Guajira, Vichada, Chocó, Meta y Nariño. Ver figura 4.138.

Figura 4.138 Vulnerabilidad en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040

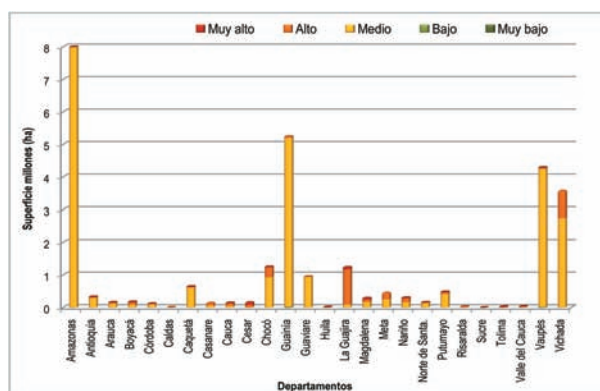
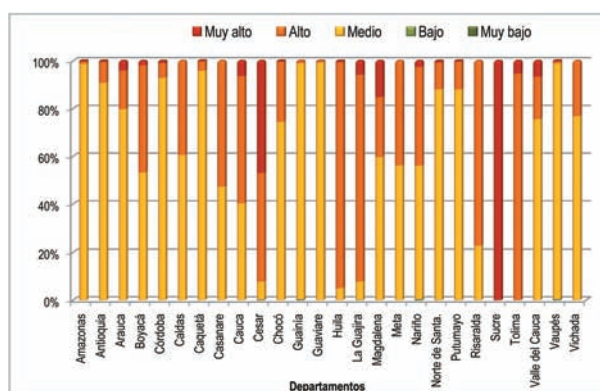


Figura 4.139 Vulnerabilidad en las áreas de resguardos indígenas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, la vulnerabilidad ambiental muy alta en las áreas de resguardo indígena para el periodo 2011 a 2040 se tendría en los departamentos de Sucre, Cesar y Magdalena; seguirían en la categoría de alta vulnerabilidad, los departamentos de Huila, Tolima, La Guajira y Risaralda. Ver figura 4.139.

#### 4.8.11.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Las áreas con impacto potencial muy alto con mayor incremento para el periodo 2071 a 2100, con respecto al identificado para el primer periodo (2011 a 2040) se localizan en los departamentos de Amazonas, Vichada, Vaupés, Caquetá y Putumayo. En el departamento del Vaupés se tendría un cambio significativo en la categoría moderada, la cual se incrementaría significativamente para finales de siglo. Véanse las figuras 4.136 y 4.140.

Figura 4.140 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2071 a 2100

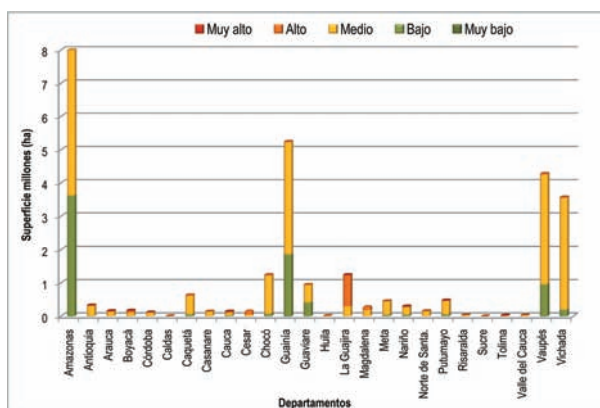
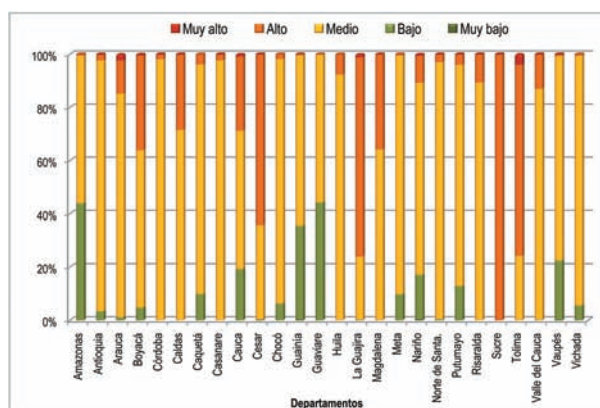


Figura 4.141 Impacto potencial en las áreas de resguardos indígenas 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Los impactos potenciales muy altos para el periodo 2071 a 2100, que se espera reduzcan en su categoría o severidad (con respecto al primer periodo) estarían en los departamentos de Cesar, Valle del Cauca y Cauca.



#### 4.8.12 Minifundio campesino

La agricultura campesina se compone de sistemas que funcionan en condiciones difíciles para la producción como resultado del modelo de desarrollo impuesto. Implementan una variedad de estrategias con arreglos productivos de diversa índole y, en algunos casos, producen con asociación de cultivos o con rotación de cultivos uniformes y actividades pecuarias, o con sistemas mixtos y rotatorios, donde sus productos responden en distinto nivel a las exigencias de autoconsumo, quedando diferentes niveles de excedentes para atender mercados locales y regionales.

En las zonas rurales, donde se presenta el mayor coeficiente de desigualdad y la mayor cantidad de población por debajo de la línea de pobreza e indigente, la concentración de la riqueza está asociada con la tenencia de la tierra, definida como el acceso y la seguridad de derechos a la tierra y a los otros recursos naturales, junto con la disponibilidad de medios de producción y recursos económicos. Quienes hacen parte de las agriculturas campesinas son propietarios de pequeñas áreas o arrendatarios, aparceros, colonos o pequeños campesinos (Ideam-Moreno,2009).

Del total de la producción agrícola nacional, 63% es producción campesina, con alimentos a bajo costo que se incrementan en las cadenas de intermediación. Según Forero (2002), los colombianos deberían tener sembradas 17 millones de hectáreas en alimentos para seres humanos y sólo se tienen cinco millones sembradas para ese propósito<sup>46</sup>, y más de 50% de la población colombiana se encuentra en niveles de inseguridad alimentaria.

##### 4.8.12.1 Impacto potencial y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impacto potencial

Las mayores áreas que tendrían impacto potencial muy alto en los minifundios campesinos se ubicarían en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Bolívar, Nariño y Santander, cada uno de ellos con más de 28.000 ha. En la categoría de alto impacto potencial se encuentran: Boyacá, Antioquia, Nariño, Bolívar, Cauca, Santander y Cundinamarca, presentando de manera individual más de 230.000 ha. Véase la Figura 4.142.

Figura 4.142 Impacto potencial en los minifundios campesinos (ha) 2011 a 2040

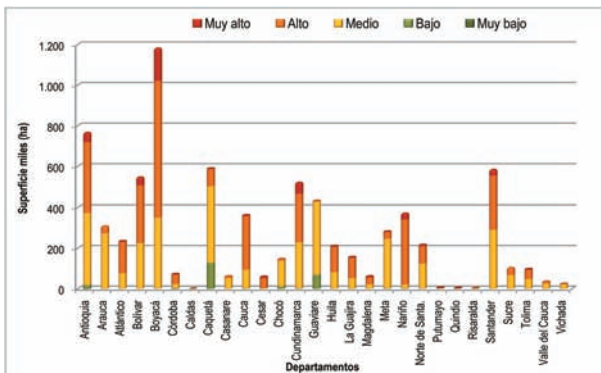
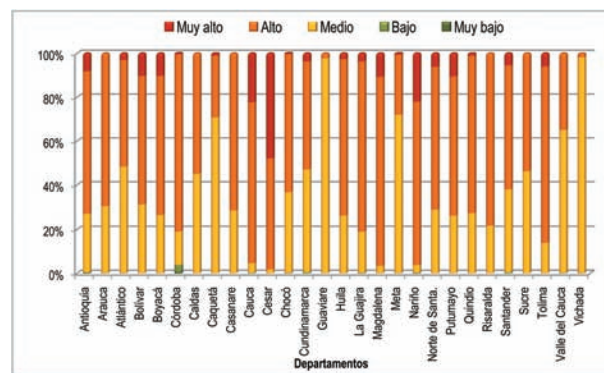


Figura 4.143 Impacto potencial en los minifundios campesinos (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

Los departamentos donde se encontraría la mayor relación de área de minifundio con muy alto impacto potencial son: Boyacá, Cesar, Cundinamarca, Magdalena y Nariño, con más de 7% de sus minifundios (con respecto al total departamental) afectados en esta categoría. Ver la Figura 4.143.

Asimismo, los minifundios con alto impacto potencial estarían en los departamentos de Nariño, Cesar, Risaralda, Quindío, Cauca, Atlántico y La Guajira, con un cubrimiento de más de 60% de los minifundios presentes por departamento.

- Vulnerabilidad

Al analizar los resultados obtenidos de la vulnerabilidad de la economía campesina, se puede observar el incremento en la vulnerabilidad muy alta, con respecto al impacto potencial identificado (dado que el total permanece constante), especialmente en los departamentos de Nariño, Cauca y Cesar. Véanse la figuras 4.144 y 4.145.

Figura 4.144 Vulnerabilidad en los minifundios campesinos (ha) 2011 a 2040

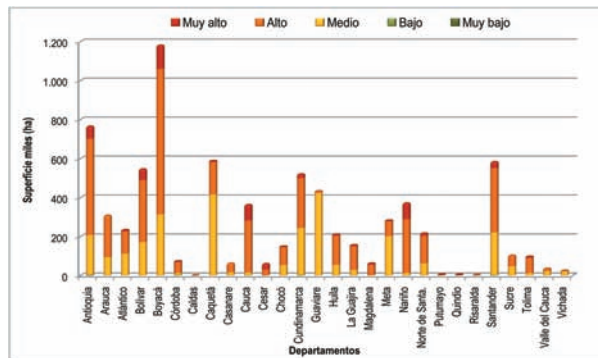
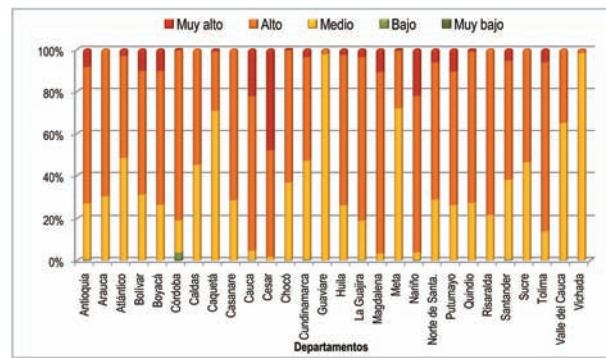


Figura 4.145 Vulnerabilidad en los minifundios campesinos (%) 2011 a 2040



Fuente: Ideam-autores

De la figura que muestra la vulnerabilidad porcentual se podría mencionar la mayor debilidad o menor capacidad de adaptación (relativa) de los municipios que se encuentran en los departamentos de Cesar, Cauca y Nariño, con respecto a los demás departamentos. Lo anterior teniendo en cuenta que la capacidad de adaptación esté fuertemente influida por el índice Sisben III, utilizado para expresar la capacidad socioeconómica e institucional. Véase la metodología expuesta en el numeral 4.7 de este documento.

Si se tienen en cuenta el desequilibrio en las formas de producción agrícola, es muy posible que se presente, hacia el futuro, un aumento de los efectos negativos por el cambio climático. Esto se desprende en parte de la competencia desigual conformada por la agricultura comercial, la agroindustria que concentra grandes propietarios y los monocultivos intensivos, frente a la agricultura campesina, la cual tiene menor capacidad de adaptación.

#### 4.8.12.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

En el evento de mantenerse las áreas de minifundio en las mismas condiciones hacia finales de siglo se encuentra que los departamentos de Cesar, Antioquia, Cundinamarca y Nariño reducirían sus proporciones expuestas en muy alto impacto potencial. Contrario con el comportamiento anterior, los departamentos de Bolívar, Magdalena, Boyacá y Santander tendrían posiblemente un aumento en dicha categoría. Véanse las figuras 4.146 y 4.147.

Figura 4.146 Impactos potenciales en los minifundios campesinos 2071 a 2100

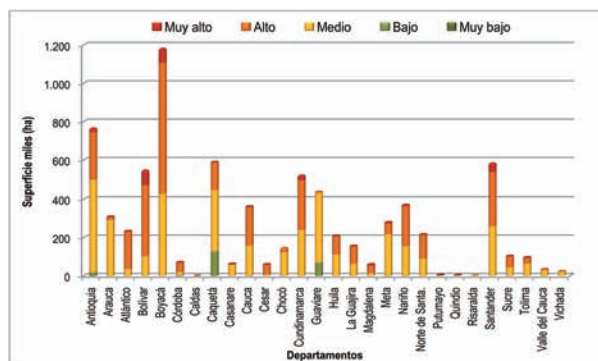
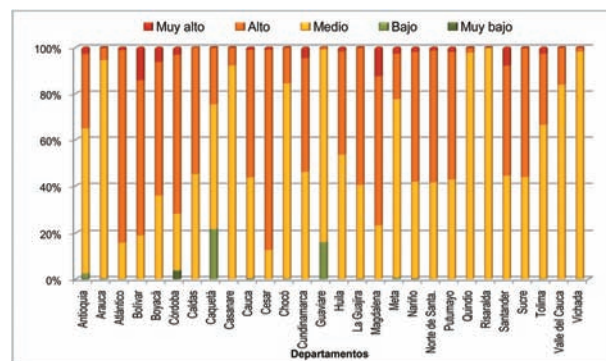


Figura 4.147 Impactos potenciales en los minifundios campesinos 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam, 2010

Con respecto al impacto potencial acumulado en las categorías de muy alto impacto y alto impacto, se encuentra un cubrimiento de alrededor de 47% del total de las áreas de economía campesina del país, el cual se mantiene en similar cantidad para finales de siglo.

Es procedente mencionar que si bien se tiene una mayor confianza en los resultados en el plazo más corto (2011 a 2040), es necesario advertir del proceso de deterioro que se podría esperar en el primer periodo analizado, lo cual generaría procesos degradacionales que difícilmente se corregirían o rehabilitarían en el recurso suelo.

En términos generales, la agricultura campesina de subsistencia es y estará más vulnerable y a su vez será la más afectada por el cambio climático. Esto se sustenta en el atraso de sus capacidades, tecnologías, herramientas y

mercados que le permitan aprovechar las oportunidades, además de la poca disponibilidad de tierras y recursos de inversión. Tales condiciones no les permitirían minimizar o enfrentar con solvencia los efectos adversos del cambio climático. Caso contrario ocurre con la agricultura tecnificada, que tendrá más facilidades de adaptarse al cambio climático, porque cuenta con mejores y mayores recursos de capital, tierras y tecnología. Una de las fortalezas competitivas del pequeño agricultor estaría en el conocimiento tradicional sobre su entorno, lo cual tendría que ser aprovechado en función de sus proyectos de vida y condiciones socioeconómicas y culturales.

#### 4.8.13 Cuerpos de aguas continentales naturales

Los cuerpos de aguas continentales incluyen cualquier área que esté cubierta por agua permanentemente o en lapsos temporales y corresponde a los ríos, lagunas, lagos o zonas inundadas. Adicionalmente, dentro de los cuerpos de aguas continentales naturales se incluye la hidrofita continental, la cual corresponde a los ecosistemas acuáticos en la parte emergida o con cinturones de vegetación acuática, que contiene vegetación herbácea de áreas húmedas continentales, zonas pantanosas, bofedales, turberas, esteros, taruya, juncales y demás vegetación acuática asociada con cuerpos de aguas, según la clasificación cartográfica realizada por Ideam et al., (2007, p. 109).

##### 4.8.13.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Las áreas clasificadas como cuerpos de aguas continentales que tendrían muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040, estarían principalmente en los departamentos de Bolívar (72.000 ha / 16%), Magdalena (67.000 ha / 53%), Cesar (37.000 ha / 69%), Santander (15.000 ha / 22%), Tolima (12.000 / 64%) y Amazonas (12.000 ha / 8%). Con impacto alto, las mayores superficies estarían en Bolívar (221.000 ha / 50%), Meta (113.000 ha / 87%), Casanare (110.000 ha / 83%), Vichada (101.000 ha / 69%), Amazonas (77.000 ha / 51%) y Arauca (70.000 ha / 51%). Véase la Figura 4.148.

Figura 4.148 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040

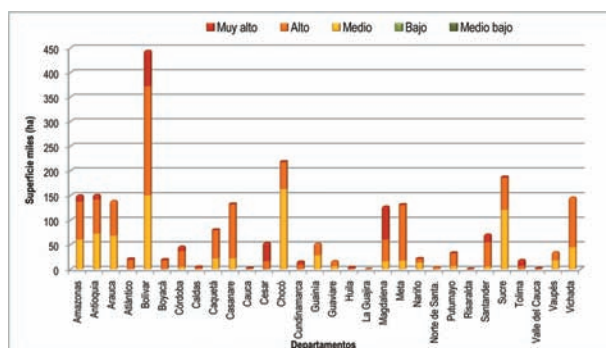
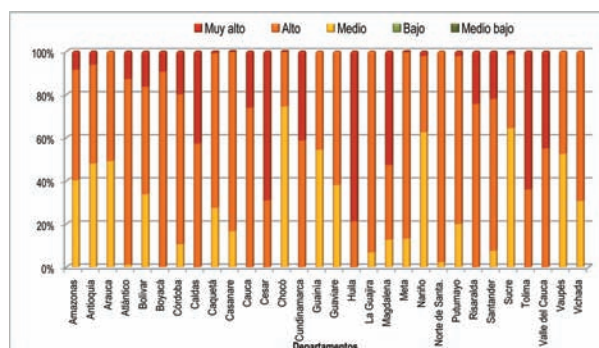


Figura 4.149 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Es notoria la superficie con impacto potencial muy alto que se presentaría en gran parte de los cuerpos de aguas naturales de los departamentos de Huila (79%), la cual, a pesar de no tener una gran extensión comprometida, su porcentaje es significativo, con respecto al total existente dentro del departamento. Véase la Figura 4.149. Con alto impacto potencial se encontraría una mayor participación territorial en los departamentos de Norte de Santander (98%), Boyacá (91%), Putumayo (78%), Risaralda (75%), Cauca (74%) y Santander (70%), al referirse a la cavidad superficial existente hoy día de los cuerpos de aguas en cada ente territorial.

De forma agregada, los impactos muy alto y alto en el país, que se esperarían con respecto a la superficie cartografiada, alcanzarían más de 63% para el periodo 2011 a 2040.

- Vulnerabilidad

Las mayores superficies de aguas continentales naturales con vulnerabilidad muy alta se tendrían principalmente en los departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar, Santander, Amazonas, Antioquia y Tolima. Alta vulnerabilidad se esperaría en Bolívar, Chocó, Vichada, Amazonas, Antioquia, Casanare, Arauca y Meta. Véanse las figuras 4.150 y 4.151.



Figura 4.150 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040

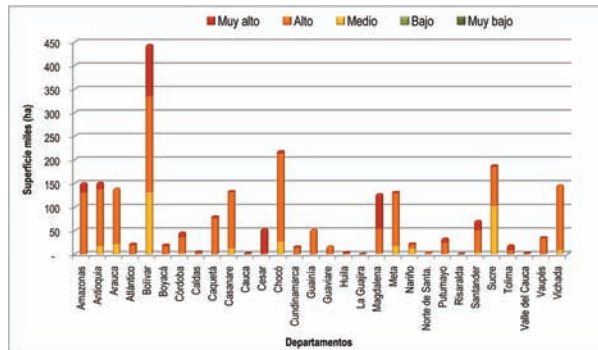
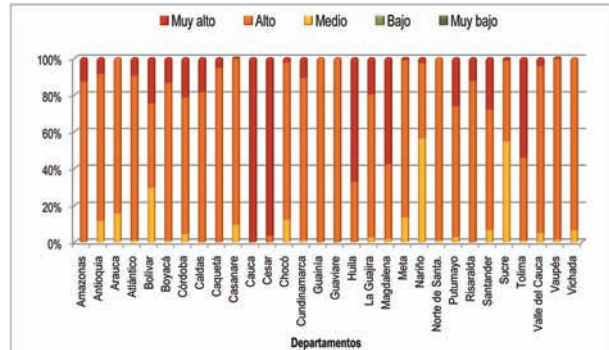


Figura 4.151 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Las aguas continentales naturales con mayor porcentaje en muy alta vulnerabilidad para el periodo inicial estarían en los departamentos de Cauca, Cesar, Huila, Magdalena y Tolima, principalmente. Ver la Figura 4.142.

#### 4.8.13.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Las superficies comprometidas con mayor incremento en los impactos potenciales muy altos (Ma) a finales de siglo en las áreas de aguas continentales naturales que se podrían tener con respecto al periodo inicial, se localizan principalmente en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Boyacá, Córdoba, Magdalena, Meta y Sucre, principalmente. Una posible disminución se podría estar presentando en Amazonas, Antioquia y Cundinamarca. Las áreas que aumentarían con impactos altos (A) se podrían encontrar en Amazonas, Antioquia, Bolívar, Caquetá, Chocó y Vaupés. En sentido contrario, se podría esperar reducciones en el impacto alto en Arauca y Atlántico. Véanse las figuras 4.148 y 4.152.

Figura 4.152 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100

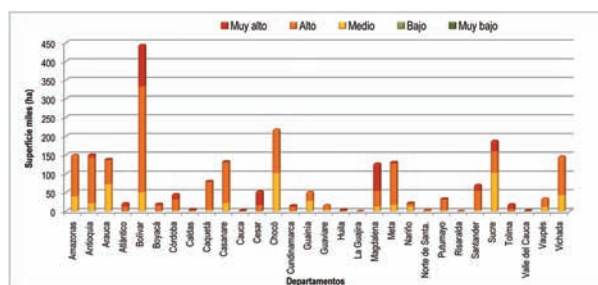
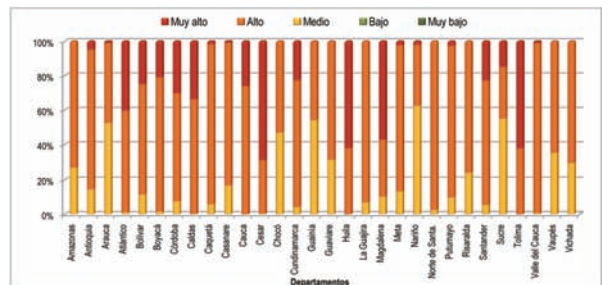


Figura 4.153 Impacto potencial en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Proporcionalmente, se tendría los mayores incrementos de muy alta vulnerabilidad en los departamentos de Atlántico y Bolívar, principalmente. Véase la Figura 4.153.

En términos generales, si se tiene en cuenta que la rapidez de descomposición de la materia orgánica aumenta con la temperatura, se podría ver acortando el periodo durante el cual los invertebrados acuáticos disponen de detritus. Asimismo, se inducirán cambios significativos en los ambientes hídricos (lénticos principalmente) que tendrían un incremento en la temperatura por el ascenso de las especies foráneas invasivas. Estas especies introducidas representan un gran desafío para la biodiversidad autóctona de los ecosistemas acuáticos; ello tendería a facilitar hacia las partes más altas, el ámbito geográfico de numerosas plantas acuáticas invasivas de los géneros Eichhornia o Salvinia, en forma similar con lo presentado por el IPCC (2008c, p. 58)

En resumen, los efectos del calentamiento sobre los sistemas ribereños podrían ser más intensos en las regiones húmedas, donde los caudales son menos variables y las interacciones biológicas controlan la abundancia de organismos. Adicionalmente, el cambio climático tendrá efectos más pronunciados en los humedales interiores de agua dulce, debido a la alteración de la precipitación y a perturbaciones más frecuentes o intensas (sequías, tempestades, inundaciones). Aumentos relativamente pequeños de la variabilidad de precipitación pueden afectar en gran medida a la flora y fauna de los humedales en diferentes etapas de su ciclo vital (Keddy, 2000, citado por IPCC, 2008c, p. 58).



#### 4.8.14 Aguas continentales artificiales

Las superficies de aguas continentales artificiales se componen de los volúmenes hídricos retenidos con estructuras hidráulicas, bien sean clasificados como embalses, represas o reservorios.

##### 4.8.14.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

La mayor superficie de reservorios de agua con alto impacto potencial estaría principalmente en los departamentos de Antioquia (15.900 ha), Huila (6.700 ha), Cauca (6.300 ha), Córdoba (3.600 ha) y Cundinamarca (2.400 ha). Ver la Figura 4.154.

Figura 4.154 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2011 a 2040

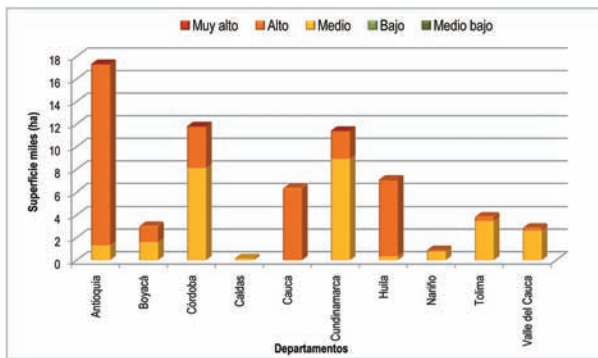
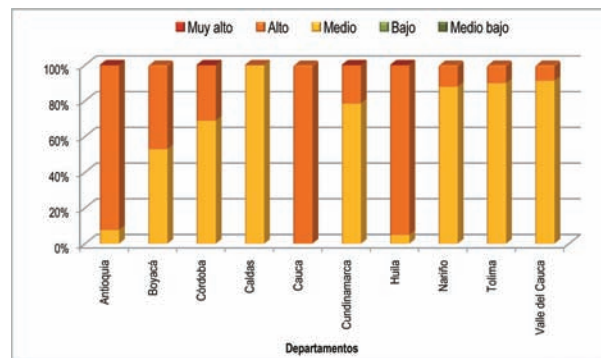


Figura 4.155 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Es evidente el alto impacto con respecto al total del área de su territorio en Cauca, Huila, Antioquia y Boyacá, tal como se observa en la Figura 4.155.

En términos generales y de forma agregada, las aguas continentales artificiales podrían estar entre alta y muy altamente impactadas en más de 95% de la superficie cartografiada para el primer periodo de análisis.

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad relativa estimada para las áreas donde se encuentran los cuerpos de aguas artificiales se muestra en las siguientes figuras, donde se destaca la muy alta vulnerabilidad localizada para el departamento de Córdoba. Ver la Figura 4.156.

Figura 4.156 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100

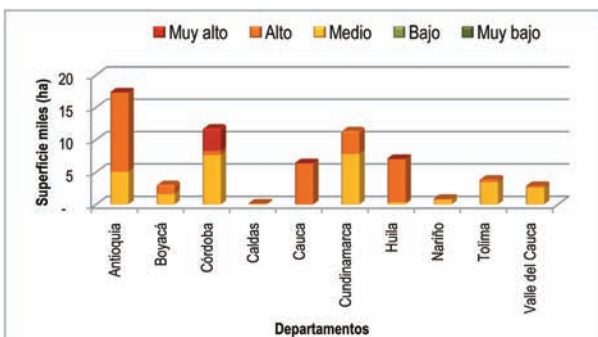
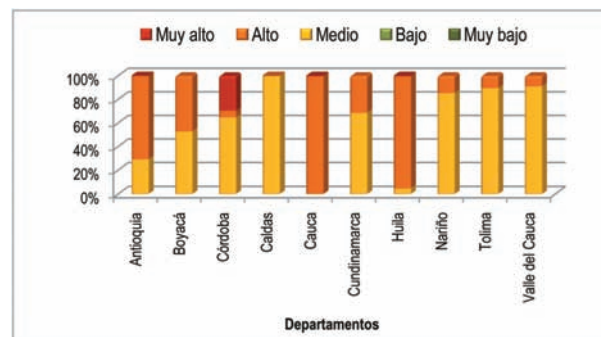


Figura 4.157 Vulnerabilidad en áreas de aguas continentales naturales 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

La mayor proporción del departamento de Córdoba que estaría con muy alta vulnerabilidad, es notoria en la Figura 4.157.

#### 4.8.14.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

Hacia finales del siglo XXI, las superficies de los cuerpos de aguas artificiales inicialmente categorizadas con alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040, se podrían ver reducidas en la extensión comprometida, principalmente en los departamentos de Antioquia, Cauca, Cundinamarca y Huila; mientras se incrementarían en Boyacá y Tolima. Véanse las figuras 4.154 y 4.158.

Figura 4.158 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2071 a 2100

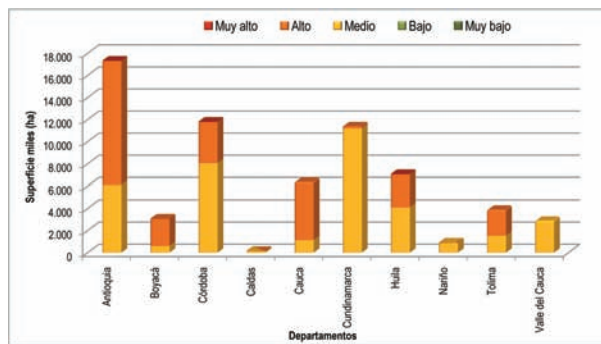
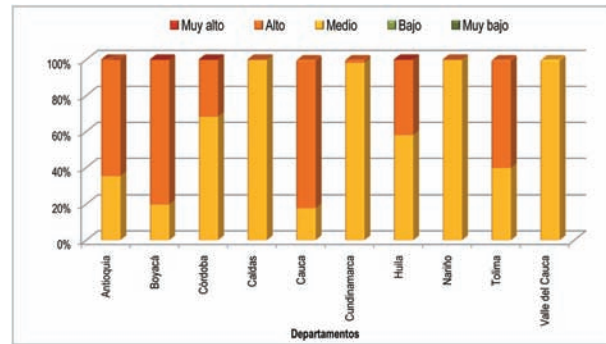


Figura 4.159 Impacto potencial en las aguas continentales artificiales 2071 a 2100 (%)



Fuente: Ideam-autores

Un comportamiento similar, tal como se destacó para la superficie, se presentaría para el área porcentual respecto a la superficie cartografiada por departamento. Véanse las figuras 4.155 y 4.159.

### 4.8.15 Áreas con infraestructura para generación hidroeléctrica

Con base en la información allegada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME<sup>47</sup>) y el cruce con los productos obtenidos por el Ideam de las áreas identificadas con la clasificación de impactos potenciales, se presenta a continuación el análisis realizado. Se reitera el enfoque indicativo del impacto potencial que se obtiene, razón por lo cual es necesario abordar de forma relativa la clasificación obtenida, la cual depende tanto de las condiciones propias del ensamble multimodelo de precipitación como de la metodología explicada para obtener los diferentes resultados.

Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad de la infraestructura para generación hidroeléctrica estaría fuertemente controlada o dependiente de los operadores y no de la capacidad de adaptación adoptada dentro del ejercicio adelantado, se presentan los posibles impactos potenciales para los dos periodos.

Adicionalmente, la presentación del análisis involucra la condición para las unidades hidroeléctricas que se encuentra actualmente en operación y los proyectos que se tienen a futuro.

#### 4.8.15.1 Impactos potenciales 2011 a 2040

- Proyectos en operación

El impacto potencial alto que se tendría en el número de unidades hidroeléctricas que están hoy día en operación, estaría en mayor cantidad ubicado en los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Cauca y Caldas. Ver la Figura 4.160.

El impacto potencial muy alto que se podría presentar en el número de unidades para el periodo 2011 a 2040, estaría en el departamento de Huila, representado con una unidad; véase la Figura 4.160.

El impacto potencial que se podría tener en la capacidad de generación hidroeléctrica para el periodo 2011 a 2040 se muestra en la Figura 4.161. Se destaca el alto (37%) y muy alto impacto (6%) que se podría llegar a tener en la capacidad de generación hidroeléctrica (efectiva neta) en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila y Nariño, lo cual de manera relativa, alcanzaría alrededor del 43% sobre el total existente.

47 Mapa de Plantas Hidroeléctricas, a partir de la digitalización realizada por la UPME, con base en la información de los agentes.

Figura 4.160 Impacto potencial en el número de unidades para generación hidroeléctrica 2011 a 2040

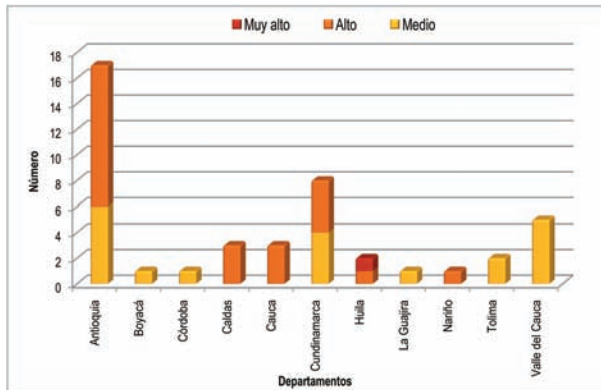
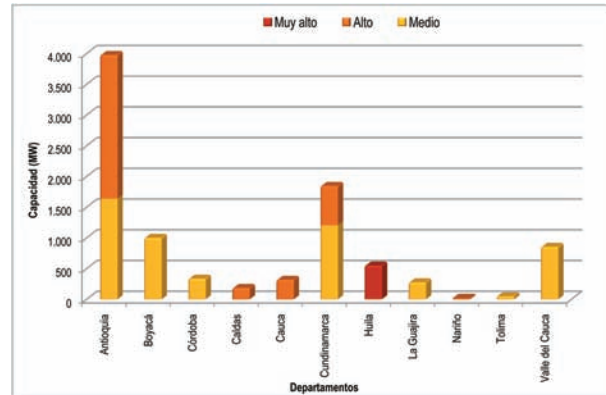


Figura 4.161 Impacto potencial en la capacidad de generación hidroeléctrica 2011 a 2040

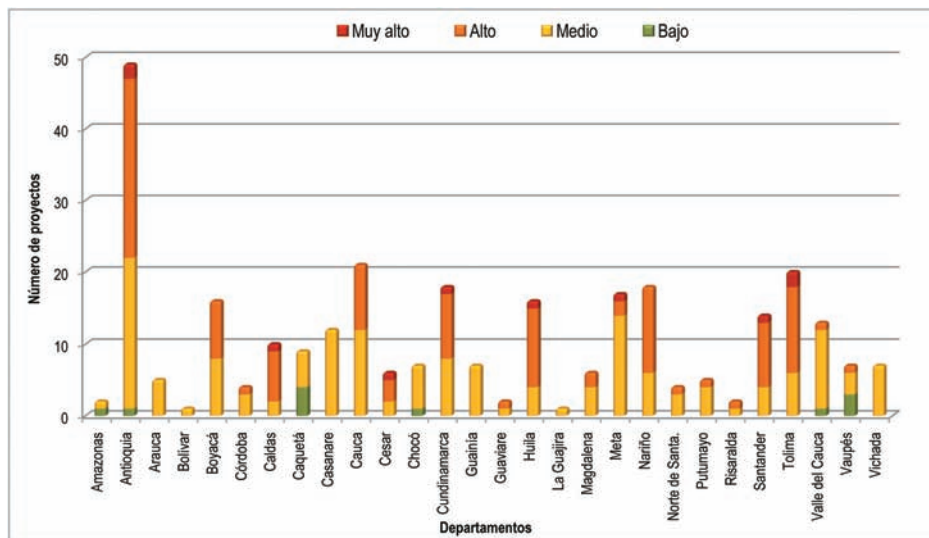


Fuente: Ideam, 2010; generado con información de la UPME, 2010

- Los proyectos de generación hidroeléctrica a futuro

Con base en el archivo suministrado por la UPME<sup>48</sup> dentro del proceso de discusión y desarrollo, se realizó el cruce de la información preparada por el Ideam sobre los impactos potenciales y los proyectos hidroeléctricos estudiados al futuro. La presentación se realizó por departamento, con respecto al número de proyectos (figura 4.162) y la capacidad inicialmente identificada (4.163).

Figura 4.162 Impacto potencial en los nuevos proyectos de generación hidroeléctrica para el periodo 2011 a 2040

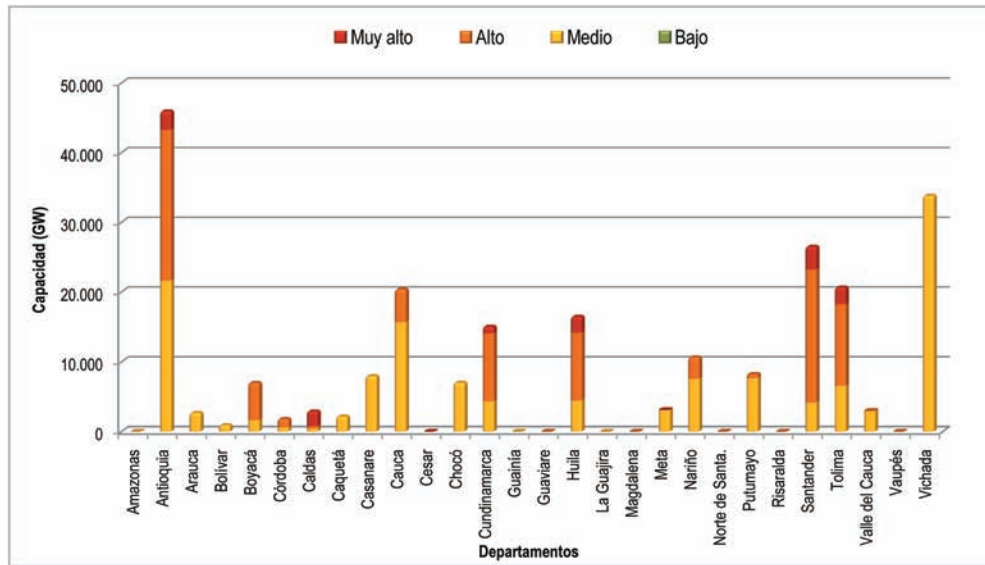


Fuente: Ideam, 2010; generado con información de la UPME, 2010

De la figura anterior (4.162), se puede identificar que de la totalidad de los proyectos que se tendrían al futuro, el mayor número de proyectos con impactos altos para el periodo 20101 a 2040, estarían en el departamento de Antioquia (9%), seguido de Tolima (5%), Huila y Nariño (4%), Santander y Cundinamarca (3%).

Tal condición comparada con la encontrada para el número de plantas de generación existentes (Antioquia 25%, Huila 5%, Nariño 2% y Cundinamarca 9%, Caldas y Cauca 7%), involucra ciertas condiciones con respecto a la precipitación, que podrían entrar a ser analizadas con mayor detalle en la planeación.

Figura 4.163 Impacto potencial (Ener-Med.) en los nuevos proyectos de generación hidroeléctrica para el periodo 2011 a 2040



Fuente: Ideam, 2010; generado con información de la UPME, 2010

De la figura de la capacidad proyectada (energía media en la figura 4.163), la cual refleja en parte la mayor capacidad de generación que se podría tener al futuro con alto y muy alto impacto se destacan los departamentos de Antioquia (10%), Santander (9%), Tolima (6%), Huila (5%) y Cundinamarca (5%). Tal identificación se debe tomar de forma relativa con respecto a los proyectos ubicados en otros departamentos.

Al acumular los impactos, alto y muy alto, en la capacidad de generación que se podrían presentar en la totalidad de los proyectos para el futuro, se encuentra una cifra similar (43%) a la encontrada en los proyectos que actualmente se encuentran en operación para el periodo 2011 a 2040; lo anterior, a pesar del cambio en la distribución de los impactos por departamento, tal como se mostró antes.

Es procedente mencionar que en las figuras anteriores no se tuvo en cuenta la fecha programa o planeada, pues se incluyó el total de los proyectos existentes en la base de datos.

#### 4.8.15.2 Impactos potenciales 2071 a 2100

El impacto potencial que se podría tener tanto en el número de unidades como en la capacidad de generación hidroeléctrica por departamento para el periodo 2071 a 2100 se ilustra en las figuras 4.164 y 4.165, respectivamente.

Figura 4.164 Impacto potencial en el número de unidades para generación hidroeléctrica 2071 a 2100

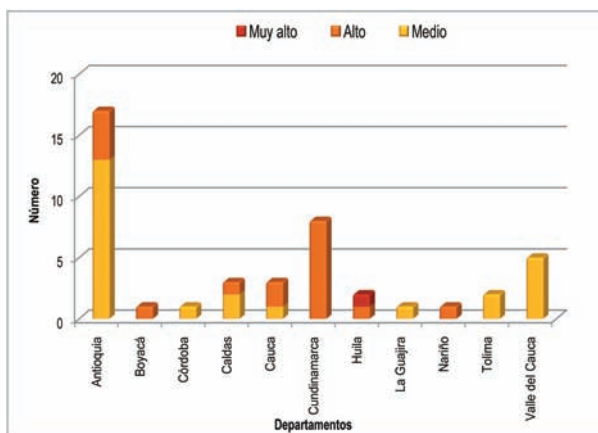
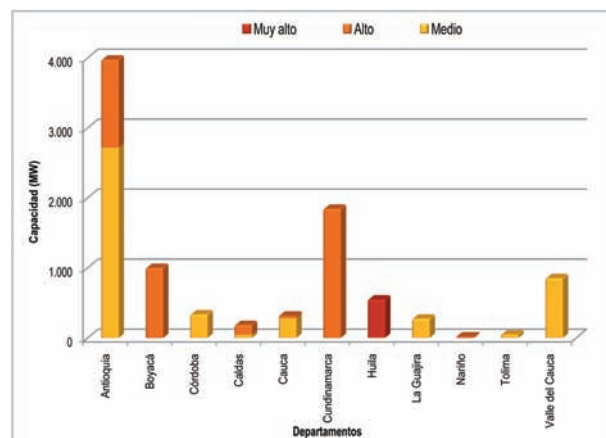


Figura 4.165 Impacto potencial en la capacidad de generación hidroeléctrica 2071 a 2100



Fuente: Ideam, 2010; generado con información de la UPME, 2010



Con base en la cartografía utilizada para analizar el impacto potencial (véase la metodología) y el cruce con los atributos de la infraestructura de generación hidroeléctrica existente, se esperaría que para finales de siglo el número de unidades de generación hidroeléctrica que podría resultar con alto impacto potencial estarían disminuyendo en: Antioquia, Caldas y Cauca, mientras ocurriría lo contrario en Boyacá y Cundinamarca. Véase las figuras 4.160 y 4.164.

De mantenerse las condiciones identificadas en el periodo inicial (2011 a 2040) para categorizar el impacto potencial, se podría tener alrededor de un 51% de la capacidad efectiva neta de generación hidroeléctrica para el periodo 2071 a 2100 en el impacto potencial muy alto (45%) y alto (6%). Es decir, con base en los resultados de la variación de la precipitación que se podría presentar a finales de siglo, principalmente, se tendría un aumento relativo en el impacto potencial con respecto al periodo inicial (43%).

#### 4.8.16 Vulnerabilidad del recurso hídrico

Recientemente, en Colombia se consolidó el diagnóstico del recurso hídrico como parte de la Política Hídrica Nacional, la cual contempla como uno de sus objetivos específicos evaluar la influencia del cambio climático y el riesgo asociado con la oferta del agua en la medida en que éste se relaciona con el aumento en la frecuencia de eventos extremos y con la persistencia de anomalías en las variables que intervienen en el balance hídrico. Esto conlleva a la necesidad de mejorar el conocimiento de los posibles efectos del cambio climático sobre la oferta del recurso en el país y así determinar e implementar planes de adaptación y mitigación para los diferentes sectores interesados (hidroenergía, agricultura, navegación fluvial, abastecimiento de agua potable, ecosistemas, etc.). El desarrollo y seguimiento de dichos planes se constituiría en los indicadores para medir la efectividad de la prevención del riesgo asociado con la oferta.

En general, la vulnerabilidad del recurso presenta dos componentes principales: 1) la capacidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener los rendimientos hídricos actuales ante posibles alteraciones climáticas, debidas tanto a la variabilidad climática natural como al cambio climático, y 2) la sensibilidad de los diferentes sectores de usuarios, entre ellos los sistemas de abastecimiento y distribución, frente a la reducción de la oferta y disponibilidad del agua.

Según el Ideam (2008a)<sup>49</sup>, la oferta natural de agua se encuentra distribuida de forma muy heterogénea a través del territorio colombiano; algunas regiones hidrológicas tienen una gran abundancia de escorrentía (Pacífica en el área de influencia de los ríos Dagua, Baudó, San Juan, Micay y Atrato), desde los 4.000 hasta los 6.000 mm/año; otras regiones tienen excesivo déficit (Alta y Baja Guajira, San Andrés y Providencia, Río Cesar y la Sabana de Bogotá), presentando reducciones entre 70% y 90%, con respecto al promedio nacional (1.840 mm/año aprox.).

Teniendo en cuenta las evaluaciones realizadas a partir del coeficiente de variación de las series de caudal a escala multianual<sup>50</sup>, se determinó que el régimen hidrológico en el territorio colombiano presenta una variabilidad temporal del orden medio a bajo, con la claridad de que existen regiones con alta variabilidad como La Guajira, el bajo Magdalena y el altiplano Cundiboyacense. Este factor es determinante para inferir la sensibilidad del recurso en estas zonas ante modificaciones climáticas. Asimismo, en Colombia se presentan dos tipos de regímenes hidrológicos opuestos, deducidos a partir del coeficiente de asimetría<sup>51</sup> de las series que componen la red hidrológica nacional (inundaciones con coeficiente positivo y sequía con coeficiente negativo): la región Pacífica, región Caribe, cuenca Magdalena Cauca, suroccidente de Colombia, y sector de los Llanos Orientales presentan regímenes hidrológicos de inundación, mientras que la región sur del Pacífico y Amazonia presentan regímenes hidrológicos de sequía (Ideam, 2008b).

##### 4.8.16.1 Vulnerabilidad del recurso hídrico frente a la variabilidad climática

Es necesario tener en cuenta la dificultad actual de establecer la frontera entre los conceptos variabilidad climática y cambio climático, especialmente en regiones del mundo donde se presenta una fuerte influencia de la primera en las condiciones generales del clima. Según la OMM (2009a)<sup>52</sup>: *"Se entiende por cambio climático la modificación a largo plazo de las condiciones meteorológicas medias a escala del planeta. Por otra parte, las condiciones meteorológicas pueden experimentar variaciones en diversas escalas temporales (un día, mes o año) y espaciales (regional o local). Esta variabilidad del clima puede revestir la forma de un peligro natural, como pueda ser una inundación, una sequía, una ola de frío o de calor, un ciclón o una tormenta. Sin embargo, los fenómenos extremos guardan relación con el cambio climático, como se desprende de las previsiones del IPCC según las cuales diversos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos se harán más frecuentes y/o intensos como consecuencia del incremento de*

49 Ideam (2008a). Estudio Nacional del Agua. Relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. Bogotá, 160 p.

50 El coeficiente de variación se define como la variabilidad de una magnitud aleatoria, en este caso el caudal a escala mensual en las diferentes estaciones de la red de monitoreo en Colombia, con respecto a su promedio ( $Cv = Q \text{ medio} / \text{Desviación estándar } (Q)$ ).

51 El coeficiente de asimetría refleja el nivel de asimetría de una curva de distribución probabilística. Tercer momento estadístico de la serie de caudales multianual.

52 Organización Meteorológica Mundial (2009), Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima: Preguntas más frecuentes. Centro Internacional de Conferencias de Ginebra.

las temperaturas de la superficie del globo. Aunque ningún fenómeno meteorológico extremo es indicio por sí solo del cambio climático, con el tiempo puede pasar a formar parte de un patrón de incremento de la variabilidad del clima causada por el cambio climático". En tal sentido, si bien muchos países se han orientado a estudiar los impactos sobre posibles cambios futuros en las precipitaciones y temperaturas como consecuencia de la modificación antropogénica del clima, no se debe perder de vista que en la actualidad se pueden estar presentando problemas en la gestión del agua en términos de déficit y/o exceso de la misma, debido principalmente a la variabilidad climática natural (OMM, 2009b). Es posible que en algunas regiones los problemas relativos fundamentalmente a la variabilidad climática, dominen sobre los relacionados con el cambio climático durante un periodo considerable de tiempo.

En el caso colombiano, el fenómeno ENSO en sus fases fría (La Niña) y cálida (El Niño) es uno de los forzantes con mayor influencia en la variabilidad climática interanual, asociado con anomalías de la precipitación en diferentes meses del ciclo anual tanto por encima de lo normal, en el caso del Niño, como por debajo, en el caso de La Niña. Asimismo, se vincula al ENSO con eventos extremos de temperatura y precipitación, con los episodios más conocidos de desabastecimiento de agua para el sector energético del país e inundaciones del río Magdalena.

Al presentarse la fase cálida (El Niño) hay reducción de precipitación entre 20% y 40% para la región Caribe y la mayor parte de la región Andina, particularmente en los departamentos de Nariño, Valle, norte del Huila, occidente de Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santander y la región del Catatumbo. Estas condiciones deficitarias alcanzan el carácter severo (superiores a 40%) en la Guajira, la parte media del litoral Caribe, el norte de Córdoba, el sector central de Sucre, el altiplano Cundiboyacense y el área limítrofe entre los Santanderes.

Según Ideam (1997)<sup>53</sup> en lo atinente a la afectación de los rendimientos hídricos de cuencas con un episodio El Niño, en la mayor parte de los departamentos de La Guajira, Cesar, Atlántico y en sectores de Magdalena y Sucre, se destacan regiones con déficit muy alto. Todos los departamentos de la región Andina presentan déficit en la oferta hídrica, pero se destacan los Santanderes, el altiplano Cundiboyacense, Tolima, Cauca y Nariño, donde se tienen grandes áreas con déficit alto. Las cuencas de los arroyos intermitentes de La Guajira y del río Cesar son altamente deficitarias y las cuencas altas de los ríos Catatumbo y Tarra, bajo Magdalena, alto Cauca, río Ranchería y alto Patía son deficitarias. Estas cuencas suelen ser de rendimientos hídricos no muy altos y pueden presentar disminuciones promedio mayores de 15% en esta fase del fenómeno ENSO. Similar condición se presenta en las cuencas de los ríos Lebrija, Sogamoso y Bogotá. En la región del Pacífico, las cuencas del sur pueden tener reducciones mayores de 30% pero, por sus rendimientos relativamente altos, no se aprecian mayores afectaciones en dicha fase cálida. La mayoría de las cuencas que tributan al Orinoco, así como las de los ríos que fluyen al Amazonas, tienen reducciones promedio que no sobrepasan 5%. Véanse las Figuras 4.166 y 4.167<sup>54</sup>.

Figura 4.166 (Izq.) Alteración de la escorrentía fase Cálida ENSO.

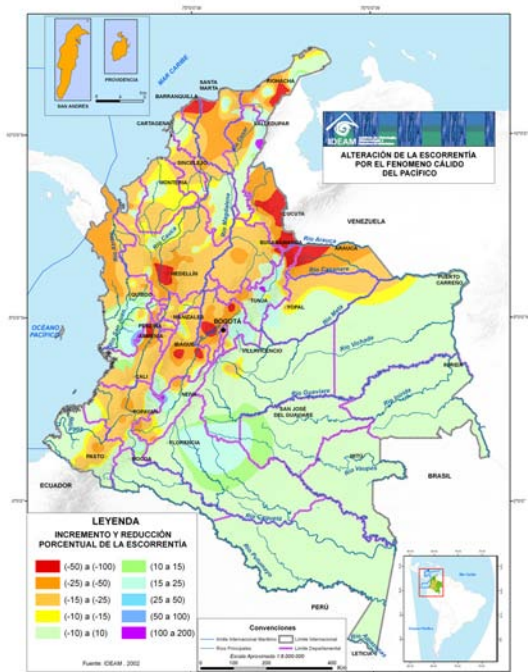
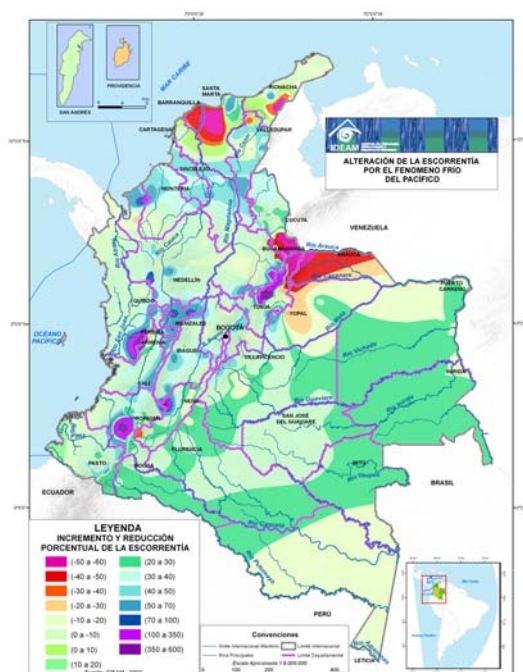


Figura 4.167 (Der.) Alteración escorrentía fase Fría ENSO



Fuente: Ideam, 2002. Primera generación de indicadores línea base de la información ambiental de Colombia. SIAC T.2

53 Ideam (1997). Posibles efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno de El Niño en el periodo 1997-1998 en Colombia.

54 Ideam (2002). Primera Generación de Indicadores de la Línea Base de la Información Ambiental de Colombia. Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Tomo 2. 938 p.



En fase fría (La Niña) se registra una mayor influencia en el sector central y oriental del Pacífico tropical. En los meses del fenómeno se registraron excedentes de precipitación (entre 20% y 40%) de los valores normales en forma muy localizada en áreas del nororiente, centro y sur de la región Andina y el nororiente de la región Caribe. Núcleos muy puntuales de excedentes severos (mayores de 40%) se registran en los departamentos de la Guajira, Norte de Magdalena, Santander y Santander del Norte, Cundinamarca y un sector fronterizo entre Tolima y Valle. Véase la Figura 4.166.

#### 4.8.16.2 Vulnerabilidad del recurso hídrico con base en el ensamble multimodelo

Teniendo en cuenta los resultados del ensamble multimodelo, el cual recoge el promedio de todos los escenarios corridos (A2, A2(sulfatos: s), B2, B2(s), A1B, A1B (s) y tendencial para cada uno de los modelos (Precis y MRI) y periodos (2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100)<sup>55</sup> para la precipitación<sup>56</sup>, se realizó el análisis de los potenciales cambios que se podrían presentar en el rendimiento hídrico de las principales zonas hidrológicas del país.

En la Figura 4.168 y Figura 4.169 se pueden observar los posibles efectos por el cambio climático sobre la escurrimiento promedio multianual en las principales subzonas hidrológicas del país. Se utilizaron los cambios en precipitación (dp) y temperatura (dT) arrojados por el ensamble multimodelo para los tres intervalos de predicción en las principales subzonas hidrológicas definidas por el Ideam para el país con respecto a los valores promedio obtenidos para estos parámetros en el periodo 1970-2000 y se estimó el impacto sobre la escurrimiento media anual observada. Los rangos de alteración adoptados son iguales a los tomados en la variación de la precipitación.

Según este análisis, las regiones Andina y Caribe son las más afectadas durante todos los periodos (en promedio entre -30% y -10%). Para 2070-2100 el resultado es más crítico aún para la zona Caribe y la Sabana de Bogotá (cambio mayor a -30%). En la zona Pacífico, Guajira, Orinoquia y Amazonia, las condiciones actuales persisten según el modelo (entre -10% y 10%). Obsérvese que las zonas Alto Magdalena, Cauca, Caribe - Litoral, Saldaña, Patía y Caribe- Urabá presentan la mayor afectación para los periodos evaluados. Con base en dichos estudios realizados por el Ideam-Bedoya (2010), se tendrían impactos muy altos y altos con respecto a la variación de los rendimientos hídricos para el periodo 2011 a 2040 con ampliación de su severidad hacia finales de siglo. Véanse las figuras 4.168 y 4.169.

Figura 4.168 Cambios potenciales en el rendimiento hídrico por zonas hidrológicas 2011 a 2040.

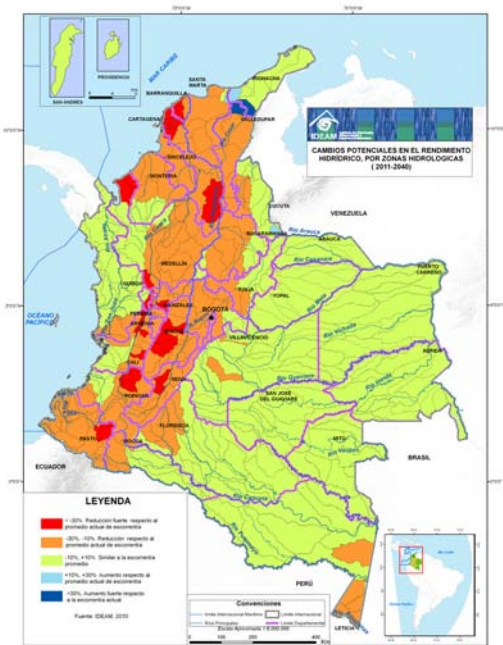
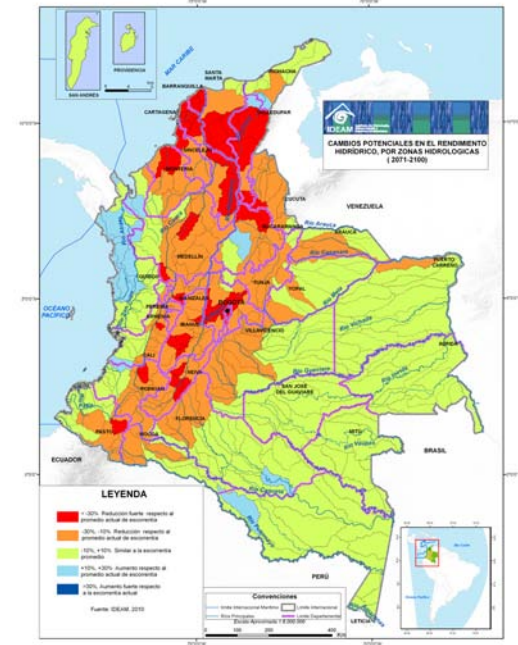


Figura 4.169 Cambios potenciales en el rendimiento hídrico por zonas hidrológicas 2071 a 2100



Fuente: Ideam-Bedoya, 2010

55 Cuando se evalúa la incertidumbre con respecto al impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos, un planteamiento probabilístico multimodelo es preferible a utilizar los resultados de un solo modelo climático. Desde las fechas del TIE, diversos estudios de impacto hidrológico han utilizado datos climáticos multimodelo (por ejemplo, Arnell (2004) a escala mundial, o Jasper *et al.*, (2004) a escala de cuenca fluvial), pero no son muchos los estudios que incorporan evaluaciones probabilísticas formales. (IPCC, 2008c, p. 49)

56 Es importante no perder de vista que en el trópico los cambios de la escurrimiento dependen mucho más de los cambios que experimente la lluvia que de los exhibidos por la temperatura.

Si tiene en cuenta que la mayoría de los estudios prevén para las regiones tropicales una mayor estacionalidad y frecuencia de los caudales, con tránsitos más cuantiosos en la estación de flujo máximo y/o una disminución del caudal durante la estación de flujo bajo, con posibilidades de periodos secos más duraderos, (IPCC 2008c, p. 31), se podría establecer que los eventos extremos modificarían los regímenes hídricos, agravando las condiciones de los rendimientos presentados.

#### 4.8.16.3 Vulnerabilidad del recurso hídrico frente a amenazas socio-naturales en las cuencas hidrográficas

Considerando el registro histórico de los desastres, la mayor concentración de eventos con frecuencia baja a moderada y consecuencias destacadas se localizan en los municipios de las cuencas de la región Andina.

Con respecto a los avances en la elaboración de estudios de susceptibilidad y amenaza por remoción en masa (deslizamientos), inundaciones y de avenidas torrenciales o avalanchas, los análisis de vulnerabilidad y riesgos se encuentran circunscritos en áreas específicas para el desarrollo de proyectos particulares.

Adicionalmente teniendo en cuenta que los estudios de amenaza por deslizamiento, inundación y avalanchas incluyen el agua como agente detonante principal, que su vez responde al comportamiento hídrico de la cuenca; es por eso que el equilibrio y/o deterioro de la cuenca hidrográfica está marcado por el grado de influencia de estos fenómenos que a su vez afectan la oferta hídrica.

De acuerdo con el mapa de zonas morfogenéticas del Ideam, en Colombia se presentan extensas áreas susceptibles a inundación asociadas con las planicies aluviales y los valles interandinos. Tales condiciones hacen necesario incluir en un futuro los análisis relacionados con eventos extremos asociados con el tránsito hidráulico. Véase la Figura 4.170. En similar sentido, con base en el estudio Zonificación de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa, realizado por el Ideam (2002), las cuencas de región Andina son las más afectadas por deslizamientos, alcanzando una superficie aproximada a los 305.000 km<sup>2</sup>. Véase la Figura 4.171.

Figura 4.170 Mapa de áreas inundables de la zonificación de zonas morfogenéticas

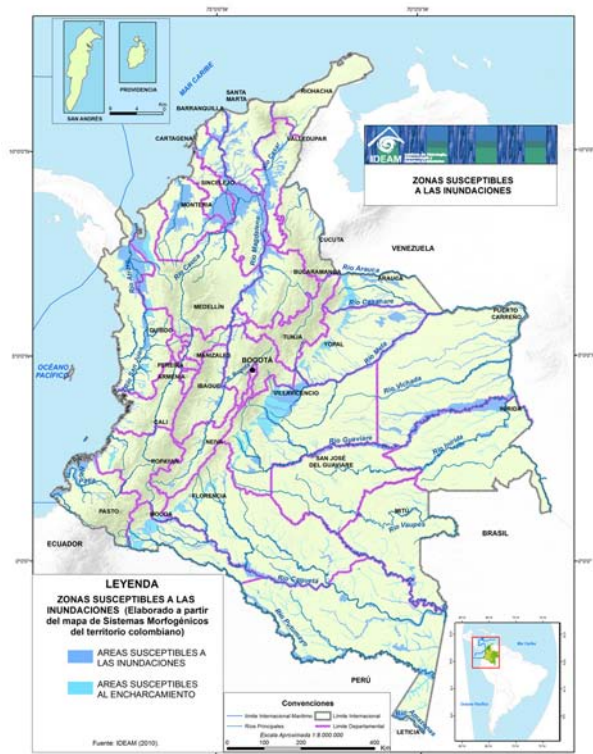
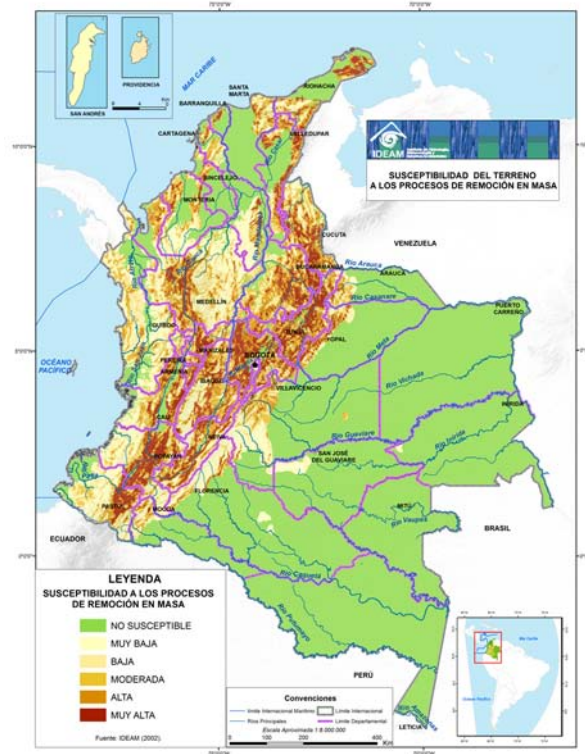


Figura 4.171 Mapa de susceptibilidad por remoción en masa



Fuente: Ideam, 2002 y 2000

Es necesario tener en cuenta las avenidas que se presentan en drenajes con comportamiento torrencial, las cuales se presentan principalmente en los ríos interandinos del piedemonte de la Cordillera Oriental. Su causa está relacionada con lluvias abundantes en la parte alta y media de las cuencas, cobertura vegetal deficiente y suelos con baja capacidad de infiltración que permiten la rápida concentración del escurrimiento superficial, produciendo grandes caudales capaces de arrastrar enormes cantidades de materiales a gran velocidad que afectan todo lo que encuentran a su paso.



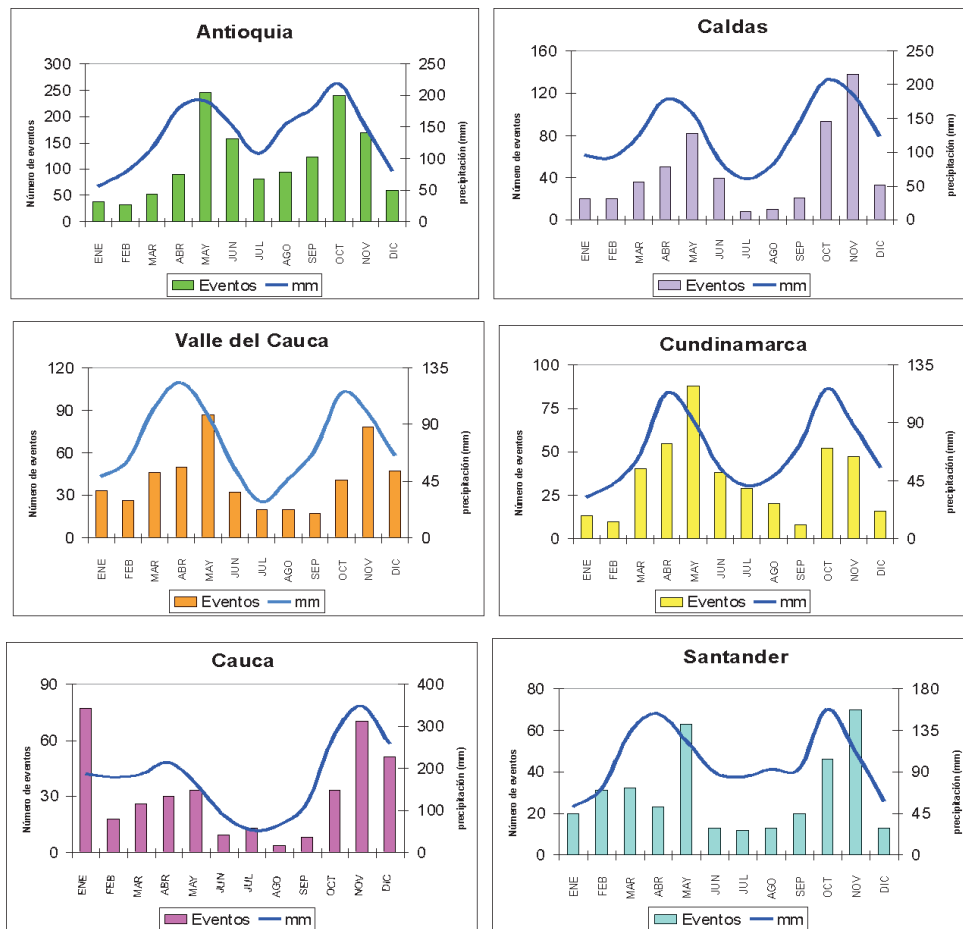
#### 4.8.16.4 Deslizamientos de tierras

Los procesos de remoción en masa, entre ellos los deslizamientos, son comunes en las zonas montañosas colombianas, en especial por la presencia de laderas con pendientes pronunciadas, además del clima ecuatorial con lluvias torrenciales y cíclicas. En el país gran parte de las zonas urbanas y del desarrollo vial se concentran en la región Andina, donde precisamente ocurre la mayoría de los eventos por remoción en masa. El crecimiento demográfico y el desarrollo de vías de comunicación en esta región, aumenta la posibilidad de ocupar áreas potencialmente inestables.

Con base en los análisis realizados por Corrales, Martínez & Sánchez (2008), se ha encontrado una relación entre la ocurrencia mensual del número de procesos de remoción en masa y la distribución mensual de la precipitación. Para diferentes departamentos con suficiente información se encontró una relación directa entre la cantidad de lluvia mensual y el número de deslizamientos registrados de forma acumulada.

Si bien es un ejercicio preliminar, donde seguramente se deben estudiar otras variables como la intensidad, la humedad acumulada del suelo, la lluvia antecedente, las condiciones geotécnicas y propias de cada talud o ladera, se presenta la Figura 4.172.

Figura 4.172 Precipitación y ocurrencia de deslizamientos en departamentos grupo 1

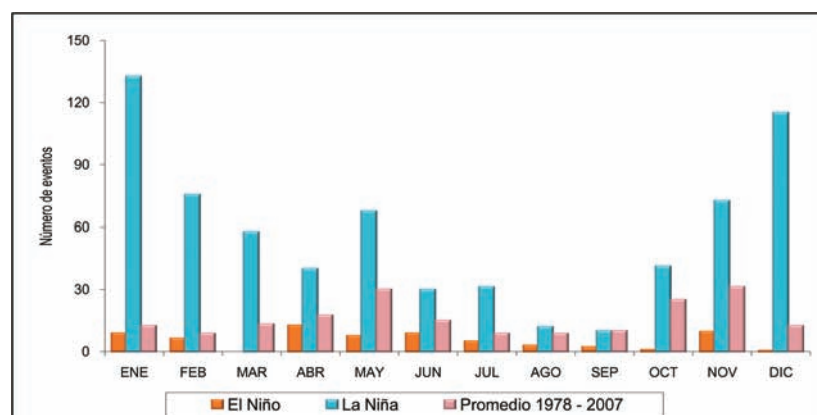


Fuente: Ideam, Corrales et al., 2008

La información que se presenta en la Figura 4.172, permite apreciar de manera visual la relación directa que existe entre la cantidad de precipitación y el número de deslizamientos en los departamentos de la región Andina. En términos generales, existe una alta correspondencia entre los periodos de lluvia y los meses de mayor ocurrencia de eventos, observándose un retraso relativo entre el pico de precipitación y el mayor número de deslizamientos. Los departamentos están ordenados de mayor a menor, según el número total de deslizamientos registrados.

Los análisis realizados por el Ideam-Jaramillo (2009), señalan que existe una relación entre el número de eventos de deslizamientos reportados y los fenómenos El Niño y La Niña. En la Figura 4.173, se puede apreciar la distribución mensual en términos del número de deslizamientos en los periodos Niño y Niña, y su comparación con el promedio anual del periodo 1978-2007.

Figura 4.173 Número de deslizamientos registrados en los periodos Niño y Niña analizados



Fuente: Ideam, 2009

De la figura 4.173 se observa una incidencia significativa entre las dos fases extremas del ciclo ENOS en todos los meses, ubicándose por debajo del promedio del número de eventos en el periodo cálido (El Niño) y por encima de éste en el periodo frío (La Niña), lo cual permite inferir una menor incidencia de los procesos de remoción en masa en los periodos El Niño.

#### 4.8.16.5 Afectación a los sistemas de abastecimiento de agua potable

En la Tabla 4.18 se presenta el registro histórico de la afectación a los sistemas de abastecimiento de agua potable entre 1987 y 2007.

Tabla 4.18 Registro de eventos con afectación a los sistemas de acueducto

Tipo de evento	Afectación acueducto	Afectación a la población y acueducto*	Afectación acueducto y pérdidas > a 10 millones
Inundación	309	245	17
Avenida torrencial	97	68	5
Deslizamiento	205	158	7
Contaminación	24	22	
Sequia	113	95	
<b>Total</b>	<b>748</b>	<b>588</b>	<b>29</b>

Fuente: Desinventar, 2009<sup>57</sup>

En la tabla anterior se muestra que de los 748 registros que afectaron el sistema de acueducto (desabastecimiento, racionamiento y daños a la infraestructura), 78% están asociados con eventos que afectaron simultáneamente a la población, mientras 29 de los reportes (3,9%) se refieren a pérdidas superiores a 10 millones de pesos.

En la Tabla 4.19 se presenta la proporción por los departamentos y Distrito Capital, donde se han registrado eventos de inundaciones, avenidas torrenciales, deslizamientos y sequías que han afectado los sistemas de acueducto entre los años 1987 y 2007.

De otra parte, de acuerdo con la información de impactos socioeconómicos del sector de abastecimiento de agua potable compilado de lecciones del fenómeno El Niño 1997-1998; 780 de los 1.082 municipios de Colombia reportaron reducción de su abastecimiento de agua potable, de los cuales 50 correspondieron directamente a impactos del fenómeno El Niño, y los demás a impactos indirectos.

Las regiones Atlántica asociada con la cuenca baja y media del río Magdalena y Cauca, y la región Andina, fueron las más afectadas. Se estima que el número de personas afectadas por desabastecimiento crítico es de 1.170.000, equivalentes a 14% de la población de la región Atlántica; y 630.000 personas, equivalentes a 14% de la población de la región Andina (Desinventar, 2009).

<sup>57</sup> DesInventar y DesConsultar son un producto de Software diseñado y desarrollado por investigadores de la Red Latinoamericana de Estudios Sociales en prevención de Desastres. La Coordinación General del Proyecto está a cargo del OSSO, en Univalle, Colombia y de ITDG, en Lima, Perú. Ha contado con la financiación de la ODA (U.K.), y ECO. Base de datos creada por la Corporación OSSO (Observatorio Sismológico del Sur Occidente Colombiano), con base en datos preexistentes de los reportes de la Dirección Nacional de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y fuentes hemerográficas de los principales medios de comunicación del país.

Tabla 4.19 Registro histórico de eventos por ente territorial que afectan los sistemas de acueducto

Departamento	Inundaciones, deslizamientos, avenidas <sup>58</sup>	Departamento	Sequía <sup>59</sup>
Tolima	12,2%	Cauca	11,5%
Valle del Cauca	10,4%	Norte de Santander	10,6%
Cauca	8,8%	Santander	9,7%
Huila	8,3%	Tolima	9,7%
Santander	6,8%	-	8%
Boyacá	6,0%	Boyacá	8%
Cundinamarca	5,7%	Caldas	8%
Antioquia	5,3%	Antioquia	7,1%
Norte de Santander	4,9%	Magdalena	3,5%
Nariño	4,8%	Córdoba	3,5%
Risaralda	3,7%	Cundinamarca	3,5%
Caldas	3,2%	Huila	2,7%
Meta	2,8%	Valle del Cauca	2,7%
Córdoba	2,1%	Risaralda	1,8%
Magdalena	2%	Guajira	1,8%
Bolívar	2%	Otros	8%
Cesar	1,9%		
Quindío	1,6%		
Chocó	1,5%		
Bogotá D.C.	1,2%		
Sucre	1,2%		
Otros	3,2%		

Fuente: Desinventar, 2009

La estimación de los daños sobre la económica y la población ocasionados por el fenómeno El Niño corresponden al valor estimado por las empresas que dejaron de percibir como consecuencia del racionamiento: bajas de presión en los sistemas, deficiencias en la cantidad, calidad y continuidad del servicio. En total, se estima que el daño al sector de agua y saneamiento alcanzó los 2.430 millones de pesos o el equivalente a 1,8 millones de dólares.

#### 4.8.16.6 Consideraciones adicionales sobre el recurso hídrico

Según Bates *et al.*, (2008)<sup>60</sup> las mayores fuentes de incertidumbre al evaluar el impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico son: la incertidumbre asociada con los aportes por precipitación por cuenca, la incertidumbre debida a la estructura del modelo de circulación global (MCG) que es la base para el downscaling dinámico o regionalización efectuada con el modelo Precis, la incertidumbre en los escenarios de emisiones y la incertidumbre misma del modelo hidrológico aplicado. Por lo anterior, los impactos sobre el recurso hídrico cuantificados en el presente documento deben ser tomados con precaución debido a las diversas fuentes de incertidumbre mencionadas.

Adicionalmente, si bien se ha realizado la exposición de resultados sobre algunos sectores de manera específica, es válido mencionar que el proceso de análisis y evaluación del recurso hídrico involucra diferentes criterios y complejidades adicionales, tanto en los instrumentos utilizados para facilitar la evaluación integrada de las opciones de adaptación y mitigación, como en los pesos y prioridades políticas cuando se encuentran en el mismo territorio múltiples sectores que dependen del agua. Es decir, el trabajo y desafíos que se plantea con el cambio climático alrededor de los diferentes sectores y comunidades, podría tener repercusiones o resultados poco valorados desde la óptica del consenso local, regional y nacional. En otras palabras, se considera que los conflictos a futuro sobre los recursos hídricos requieren de instrumentos y métodos que tomen en cuenta de manera estratégica y técnica, la forma como se pueden optimizar las gestiones, dada la cantidad de recursos financieros y técnicos que se tendrían que aplicar para atender las múltiples situaciones y condiciones que requerirán de la atención del estado. Esto deberá incluso, tratarse a nivel internacional, pues los factores tensionantes del cambio local vendrían en buena proporción de los efectos derivados en las latitudes industrializadas.

Lo anterior concuerda con los estudios teóricos y de modelización del clima, los cuales dejan ver que en un clima cada vez más cálido por el aumento de gases invernadero, se esperaría un incremento de las precipitaciones extremas

58 Las inundaciones, avenidas torrenciales y deslizamientos causan destrucción de los sistemas de acueducto que implican la suspensión del servicio, disminución de la calidad del agua, pérdidas económicas asociadas con la operación del servicio y costos de rehabilitación.

59 La sequía genera racionamientos del servicio, afectación por sedimentos y conflictos sociales.

60 Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu, and J.P. Palutikof (Eds), 2008: *Climate change and water. Technical paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva*, 210 pp.





Para la evaluación de vulnerabilidad del sistema natural (Tabla 4.20), se crearon distintos escenarios del tipo: “qué pasaría si”. Se generaron dos escenarios de aumento del nivel del mar 0,30 m para el año 2030 y 1,0 m para el año 2100.

Tabla 4.20 Escenarios climáticos para el perfil de vulnerabilidad

Sin proyección: Condiciones actuales	Sin aumento del nivel del mar (ANM <sub>0</sub> )			
	Nivel del mar: 0,0 m.			
	Precipitación: Promedio			
	Aumento de la temperatura del aire: 0 °C			
	Anomalías de temperatura del mar: 0 °C			
Emisión de CO <sub>2</sub> : niveles actuales				
Escenario: 2030	Con aumento del nivel del mar (ANM <sub>1</sub> )			
	Nivel del mar: 0,30 m.			
	Precipitación: Promedio			
	Aumento de la temperatura del aire: +1,6 °C			
	Anomalías de temperatura del mar: <1,5 °C			
Emisión de CO <sub>2</sub> : Menos de una vez la emisión actual				
Escenario: 2100	Con aumento del nivel del mar (ANM <sub>2</sub> )			
	Nivel del mar: 1 m.			
	Precipitación: Moderada, 15% del promedio			
	Aumento de la temperatura del aire: +2,5 °C			
	Anomalías de temperatura del mar: <2,5 °C			
Emisión de CO <sub>2</sub> : Dos veces la emisión actual				

Fuente: Invemar, 2003

Los escenarios socioeconómicos fueron formulados a partir de la información proveniente de las proyecciones realizadas por el Dane y Fedesarrollo. De igual forma, se plantearon dos posibles escenarios, uno optimista y uno pesimista, en las que el nivel de conflicto armado será el factor determinante. Véase la Tabla 4.21.

Tabla 4.21 Escenarios socioeconómicos

Conflicto armado alta intensidad				Conflicto armado intensidad decreciente			
PIB bajo		PIB alto		PIB bajo		PIB alto	
Tasa de crecimiento poblacional baja	Tasa de crecimiento poblacional constante	Tasa de crecimiento poblacional baja	Tasa de crecimiento poblacional constante	Tasa de crecimiento poblacional baja	Tasa de crecimiento poblacional constante	Tasa de crecimiento poblacional baja	Tasa de crecimiento poblacional constante
1	2	3	4	5	6	7	8

Fuente: Invemar, 2003

#### 4.8.17.2 Vulnerabilidad en el sistema natural

Teniendo en cuenta el área que se vería afectada por un ascenso en el nivel del mar de un metro al año 2100, en relación con el área total de la cobertura nacional, la situación de salud actual del ecosistema y la adaptación autónoma, se calcularon los índices de vulnerabilidad del sistema natural. Como resultado se obtuvo que los ecosistemas coralinos, de manglar y de playas y playones son los más vulnerables ante un ARNM (Invemar, 2003). Véase la Tabla 4.22.

Tabla 4.22 Perfil de vulnerabilidad del sistema natural

Componentes del sistema natural	Vulnerabilidad			
	Baja	Media	Alta	Muy alta
Zonobioma de desierto tropical			X	
Bosques secos tropicales	X			
Bosque húmedo tropical	X			
Manglares				X
Playas y playones				X
Corales				X
Fanerógamas marinas		X		
Fondos de la plataforma continental	X			
Litorales rocosos y acantilados		X		

Fuente: Invemar, 2003

#### 4.8.17.3 Vulnerabilidad del sistema socioeconómico

Para la evaluación socioeconómica se utilizaron factores como: ascenso del nivel del mar (30 ó 100 cm), el Producto Interno Bruto (PIB) (alto o bajo), el crecimiento demográfico (bajo o constante), y la situación del conflicto armado (intensidad alta o baja) en escenarios optimista y pesimista al 2030 y 2100, además de medidas de protección y de no protección. Los resultados obtenidos (Tabla 4.23) sugieren que en el marco de una intensificación del conflicto armado y una resultante disminución en el crecimiento económico en términos financieros, podría ser más difícil para el país implementar medidas para reducir los posibles impactos del ARNM (Invemar, 2003).

Tabla 4.23 Población a trasladar y valor en pérdida bajo los distintos escenarios.

Variables	Sin protección		Con protección	
	Escenario			
Años	2030	2100	2030	2100
Valor de capital en pérdida (% del PIB)	0,5	2,4	0,2	0,5
Población a trasladar (%)	0,5	2	0,4	0,7
Escenario	Pesimista			
Valor de capital en pérdida (% del PIB)	0,5	1,9	5	23
Población a trasladar (%)	0,5	3,1	-	-

Fuente: Invemar, 2003

Considerando un potencial ascenso de un metro del nivel medio del mar para el año 2100, el Ideam estimó los potenciales impactos de inundación del litoral colombiano (Ideam, 2001). De acuerdo con esta estimación, en las costas colombianas es posible la inundación permanente de 4.900 km<sup>2</sup> de costas baja y el anegamiento de 5.100 km<sup>2</sup>.

La población localizada en la zona de estudio en el litoral Caribe es de 2.103.787 habitantes para el año 2000, de los cuales aproximadamente 55% estarán expuestos a los efectos directos de la inundación marina. De la población afectada, aproximadamente 90% se encuentra localizada en las cabeceras municipales, en tanto que la restante se distribuye en forma dispersa en las áreas rurales. Los centros urbanos que más población presentan en las zonas de amenaza corresponden a Cartagena, San Juan de Urabá, Turbo, Ponedera y Puerto Colombia, al igual que el área rural de Cartagena.

En el litoral Pacífico, la población total que ocupa la zona analizada es de aproximadamente 462.457 personas, de las cuales 41% aproximadamente será afectada por la inundación marina debida al ascenso del nivel del mar. De la población afectada por la inundación, aproximadamente 36% se encuentra localizada en cabeceras municipales, en tanto que la población restante se distribuye en forma dispersa en el sector rural. Las cabeceras municipales de Tumaco, El Charco, Nuquí, Juradó, Santa Bárbara y Olaya Herrera son las que más población urbana concentran en las zonas con alguna posibilidad de inundación.

Para el caso del sector agropecuario, se encontró que 23% del área total cultivada en los departamentos considerados está expuesta a los procesos de inundación. En el sector industrial, el análisis de vulnerabilidad mostró que 75,3% (475 ha) del área ocupada por los establecimientos manufactureros en Barranquilla y 99,7% (877 ha) en Cartagena son altamente vulnerables a la inundación por el ascenso del nivel del mar. En cuanto a la infraestructura de vías, se tiene que el respectivo análisis estableció que 44,8% de la infraestructura vial terrestre presenta alta vulnerabilidad.

El archipiélago de San Andrés y Providencia es la zona insular más importante del país y se haya rodeada por complejos arrecifales de gran importancia en el Caribe, con una riqueza ecológica y paisajística considerable, además de su atractivo para el turismo debido a la belleza de sus playas (Invemar, 1996). El desarrollo del turismo y el comercio han auspiciado el crecimiento poblacional de San Andrés, donde según Chaparro y Jaramillo (2000), la densidad poblacional en los 27 km<sup>2</sup> de área es de aproximadamente 2.000 hab/km<sup>2</sup> para el año 2000. En Providencia y Santa Catalina, con un área aproximada de 22 km<sup>2</sup>, el turismo y el crecimiento poblacional han sido muy reducidos.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas por el Ideam (Martínez, Jaramillo & Chaparro, 2007), el ascenso del nivel del mar podría causar la inundación de 10,1% de la isla de San Andrés, representado en áreas de marismas, cordones litorales, rellenos artificiales y algunas terrazas coralinas bajas cubiertas por mangle. En estas áreas se verían afectadas zonas urbanas de uso residencial y comercial, así como el puerto de la isla.

En las islas de Providencia y Santa Catalina, el área expuesta a la inundación representa 3,8% del área de las islas, donde se incluyen sectores actualmente ocupados por zonas residenciales, comerciales y públicas, entre las cuales se encuentra el puerto de Providencia. También se verían afectadas las zonas de interés turístico de las bahías de Manzanillo, Suroeste y Agua dulce, donde podría presentarse el retroceso de los cordones de playa y la inundación de las marismas.

Tanto en San Andrés como en Providencia se podrían presentar procesos de aumento del nivel freático y de saturación de los depósitos de agua superficiales que podrían causar el deterioro de las bases de las construcciones y la obstrucción de drenajes y alcantarillados por pérdida de pendiente para la evacuación de las aguas servidas. Igualmente, este efecto podría incrementar los niveles de sales en los escasos suelos presentes en estas áreas, reduciendo las posibilidades de actividades agrícolas.

La erosión de la línea de costa es un proceso que actualmente se presenta en las islas con mayor intensidad y consecuencias en San Andrés, donde ha producido la pérdida de playas, el retroceso de algunos sectores del litoral y la destrucción de algunas viviendas. Con el incremento del nivel del mar asociado con el cambio climático, es posible un aumento en la intensidad y extensión de los procesos de erosión, los cuales podrían afectar especialmente el 12,3% de la línea de costa de la isla de San Andrés que es altamente susceptible a la erosión, donde se verían afectados sectores de usos turístico y portuario de la isla. En las islas de Providencia y Santa Catalina, 18,5% de la línea de costa es altamente susceptible a la erosión y donde potencialmente se desarrollarían los más severos procesos de erosión litoral, afectando terrenos con usos turístico y residencial principalmente, como las playas.

#### 4.8.17.4 Evaluación de vulnerabilidad

Los resultados de la evaluación de vulnerabilidad arrojan que, durante este siglo, 107 sitios a lo largo de la Costa Caribe pueden continuar perdiendo terreno por efectos de la erosión; 33% de esta pérdida puede ubicarse en el rango de los 40 a 70 metros tierra adentro, 12% más puede ser afectado más allá de los 100 metros, 75 municipios costeros con una cobertura de terreno de 9.440 km<sup>2</sup> están actualmente en riesgo de inundación por mareas extremas, además de 3,1% de la población nacional que crece bajo riesgo de inundación por altas mareas y escorrentías (Invemar, 2003).

De las áreas urbanas pertenecientes a la costa Caribe, 51% de las mismas sufrirían de alguna forma los efectos del ascenso en el nivel del mar; asimismo, para el litoral Pacífico esta cifra se eleva a 63%, reflejado en términos de pérdida de infraestructura principalmente. Según proyecciones demográficas, se estima que la población hacia el año 2030 asentada en las zonas costeras será de aproximadamente 9.000.000 de habitantes, de ellos 4% podrían ser desplazados por efectos de la inundación.

Con el supuesto de que en el año 2100 el nivel del mar habrá aumentado en un metro, entonces la población que se vería afectada estaría por el orden de 1,4 a 1,7 millones de habitantes, equivalentes a 2 y 3% de la población nacional en ese mismo año; de estos porcentajes 80% y 20% corresponden al Caribe y al Pacífico, respectivamente.

Para los sectores agrícola, ganadero, industrial, forestal y minero, las estimaciones indican que para el año 2030 el PIB total afectado por el ascenso rápido en el nivel del mar estaría entre 0,4 y 0,5 % del PIB departamental de los sectores considerados, y entre 0,06% y el 0,1% del PIB total de los departamentos costeros de Colombia. Hacia el año 2100 estos porcentajes equivalen al 0,4% y 3%, respectivamente. Además, los daños por pérdida de infraestructura hotelera podrían llegar a los 12 millones de dólares, sin contar con el valor económico de las atracciones perdidas, territorios indígenas, Parques Nacionales o zonas protegidas (Invemar, 2003).

Para identificar las áreas críticas debido al ANM, se generó una matriz que permite identificar el grado de importancia de los municipios encontrados en las áreas de estudio mediante la selección de características relevantes físicas, bióticas, socioeconómicas y de gobernabilidad. Además, se generaron una serie de criterios que representarían los objetivos del análisis; los criterios son: porcentaje de inundación del municipio en área de estudio, población afectada urbana por un ANM de 0,30 y 1 m en el año 2030 y 2100 respectivamente, porcentaje de población urbana afectada (0,30 y 1 m de ANM), infraestructura (puerto y/o aeropuerto principal), áreas de manejo especial (Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales y áreas de protección bajo convenios internacionales). Los municipios resultantes de la matriz con una calificación de 3, son considerados de importancia alta y son calificados como áreas críticas (Invemar, 2003).

#### 4.8.17.5 Identificación de áreas críticas

Teniendo en cuenta lo anterior, las zonas costeras e insulares de Colombia que se clasificaron como críticas fueron Cartagena de Indias, Barranquilla y Santa Marta para el Caribe, y Tumaco y Buenaventura para el Pacífico. De lo anterior, Cartagena y Tumaco son las que mayores índices de vulnerabilidad presentan para el Caribe y el Pacífico respectivamente.

- Caso de estudio Cartagena de Indias

Para el caso de Cartagena, los impactos del ascenso rápido en el nivel del mar (ARNM) más esperados son la pérdida de playas, deterioro en las vías adyacentes al mar, cambios en la dinámica del sistema de humedales costeros e

intrusión marina en el Canal del Dique. Esto traería consecuencias para el paisaje, y la calidad del agua, principalmente, lo cual se traduce en reducción del turismo y grandes pérdidas económicas para la ciudad; la pérdida de playas podría aumentar la vulnerabilidad a tormentas y huracanes, al perder la protección que éstas brindaban y aumentaría el número de personas afectadas (Tabla 4.24). Además, probablemente el mayor daño lo causaría la intrusión del agua salada en el abastecimiento de agua para la ciudad. Medidas de protección de gran envergadura deberán considerarse en sectores costeros expuestos como Castillo Grande y el Laguito (Vides, 2008).

Tabla 4.24 Población afectada con dos niveles de inundación

Localidad	UCG	Inundación moderada	Inundación fuerte
		Personas en riesgo	Personas en riesgo
De La Virgen y yurística	4	21.885	45.274
	5	26.086	53.093
	6	No inundación	40.669
	7		12.232
Histórica y del Caribe Norte	1	10.935	11.500
	10	51	11.877
	2	No inundación	8.786
	3	5,1	11.520
	8	No inundación	7.490
	9	No inundación	9.569
Industrial de La Bahía	11	No inundación	20.492
	12	No inundación	27.471
	13	No inundación	9.551
	14	No inundación	23.988
	15	No inundación	10.378
<b>Total área urbana</b>		<b>58956</b>	<b>303.891</b>
<b>Área rural</b>	Pasacaballos	5,1	5,1
	Bayunca	4	1.805
	La Boquilla	1.457	2.339
	Tierra Bomba	288	523
<b>Total Área Rural</b>		<b>1.749</b>	<b>4.667</b>
<b>TOTAL</b>		<b>60.705</b>	<b>308.558</b>

Fuente: Vides, 2008

- Caso de estudio San Andrés de Tumaco

San Andrés de Tumaco se constituye por sus condiciones geográficas como foco de crecimiento económico debido a la comunicación fluvial, además de ser el segundo puerto marítimo del Pacífico. Históricamente la ciudad ha sido afectada por varios fenómenos naturales como terremotos y tsunamis, trayendo consigo innumerables pérdidas humanas y económicas (Tabla 4.25). Teniendo en cuenta la incidencia y magnitud de estos desastres naturales se han realizado varios esfuerzos para incorporar estrategias efectivas de manejo del riesgo en las políticas del municipio, pero debido a la presencia de conflictos sociales y de inestabilidad política principalmente, no han tenido el efecto esperado. Bajo un escenario de proyección de desarrollo actual, la población urbana afectada por inundaciones debidas al aumento del nivel del mar se estima en 19% para el año 2030. En la Tabla 4.25 se presenta el número de personas que se verían afectadas ante un ascenso en el nivel del mar (Vides, 2008).

Tabla 4.25 Población afectada con dos diferentes niveles de inundación

Zona	Localidad	Inundación moderada	Inundación fuerte
		Personas en riesgo	Personas en riesgo
Zona urbana	Isla el Morro	430	1.587
	Isla Tumaco y La Victoria	9.973	12.743
	Continente	22.869	22.842
<b>Total área urbana</b>		<b>33.271</b>	<b>37.172</b>
Zona rural	C.C Bajo mira y frontera	2.499	4.084
	C.C Río Chagúí	2.005	2.005
	C.C Tablón Salado	46	993
	C.C rescate Las Varas	No inundación	847
	Junta Prodefensa	2.583	3.729
	Sin titular	1.329	1.329
<b>Total área rural</b>		<b>8.463</b>	<b>12.988</b>
<b>Total</b>		<b>41.734</b>	<b>50.159</b>

Fuente: Vides, 2008



#### 4.8.18 Asentamientos humanos

En Colombia, 72,6% de las zonas rurales presentan densidades de población entre 0 y 10 habitantes por Km<sup>2</sup>. Las zonas menos densas se encuentran ubicadas en las regiones naturales de la Amazonia, Orinoquia y Pacífico.

##### 4.8.18.1 Impactos potenciales y vulnerabilidad 2011 a 2040

- Impactos potenciales

Los impactos altos que se estiman para las zonas urbanas se localizarían principalmente en los departamentos de Tolima (6.700 ha), Valle (4.700 ha), Antioquia (4.400 ha), Caldas (3.600 ha) y Cesar (3.100 ha). Ver figura 4.175.

Figura 4.175 Impacto potencial en áreas urbanas 2011 a 2040

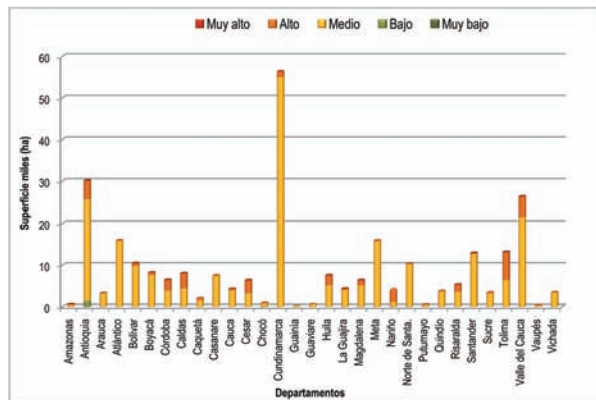
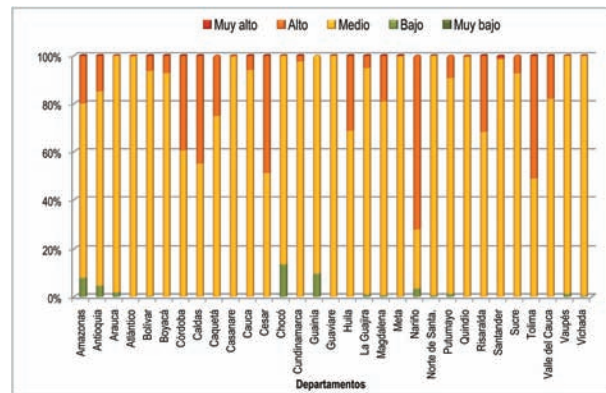


Figura 4.176 Impacto potencial en áreas urbanas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Al analizar la proporción de las áreas urbanas frente al impacto potencial alto, se tendría que los departamentos que mayor relación tienen involucrada son: Nariño (72%), Tolima (51%), Cesar (49%) y Caldas (45%). Ver figura 4.176.

- Vulnerabilidad

La vulnerabilidad alta de las áreas urbanas para el periodo 2011 a 2040 se tendrían en los departamentos de: Tolima, Córdoba, Cesar, Huila, Nariño, con respecto a las mayores extensiones. Ver figura 4.177.

Figura 4.177 Vulnerabilidad en áreas urbanas 2011 a 2040

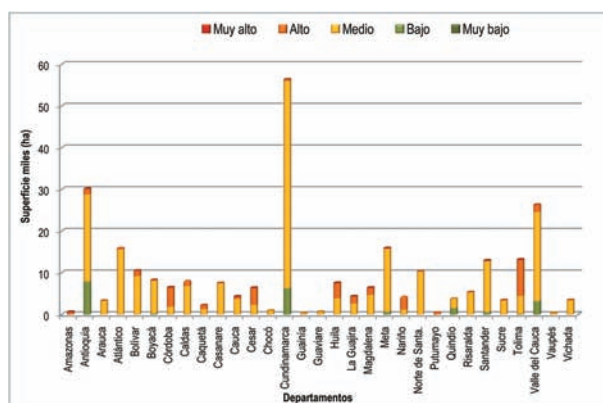
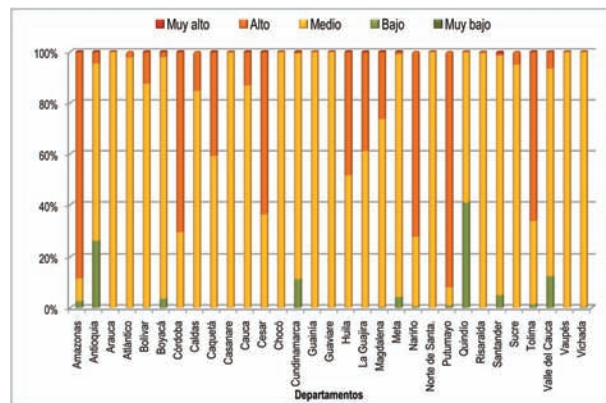


Figura 4.178 Vulnerabilidad en áreas urbanas 2011 a 2040 (%)



Fuente: Ideam-autores

Al tener en cuenta la relación del área urbana, respecto al total existente en cada departamento, sobresalen: Putumayo, Amazonas, Nariño, Córdoba y Tolima, con alta vulnerabilidad. Ver figura 4.178.

- Centros poblados y desertificación

Existen 63.540 ha en áreas urbanas que están en tierras clasificadas en desertificación, de las cuales se tiene la siguiente tabla.

Tabla 4.26 Áreas urbanas en proceso de desertificación

Cabecera municipal	Área casco urbano (ha)	%
Barranquilla	8.141	12,81
Bogotá	26.003	40,92
Bucaramanga	2.009	3,16
Cúcuta	2.607	4,10
Cali	10.151	15,98
Cartagena	2.169	3,41
Floridablanca	1059	1,67
Ibagué	4.424	6,96
Malambo	163	0,26
Montería	156	0,25
Neiva	445	0,70
Pasto	774	1,22
Sincelejo	292	0,46
Soacha	376	0,59
Soledad	2.733	4,30
Tunja	1.701	2,68
Valledupar	162	0,26
Yumbo	176	0,28
<b>Total</b>	<b>63.541</b>	<b>100</b>

Fuente: Ideam-Carrillo, 2008

Como se puede observar, el proceso de desertificación corresponde a capitales departamentales de gran importancia económica y concentración de la población, donde se destaca Bogotá con el 41% de su área urbana en desertificación, seguida de Cali (16%), Barranquilla (13%) e Ibagué (7%). Véase la tabla anterior (4.26).

## 4.9 RESULTADOS DE INTEGRAR LA VARIACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA CON EL ÍNDICE DE LANG

A continuación se muestran los resultados obtenidos de integrar las variables de precipitación y temperatura a través del índice de clasificación climática de Lang.

En términos generales, la representación espacial de los modelos de precipitación y temperatura a través del índice de clasificación climatológica de Lang<sup>62</sup>, expuestos a continuación, permiten determinar en forma general que no se presentarán mayores cambios en la península de La Guajira y la región Pacífica, donde las características desérticas, en el primer caso, y súperhúmedas en el segundo, se mantendrían. De la misma forma, en la Amazonia continuarían dominando climas húmedos mientras que en los llanos Orientales persistirán climas semihúmedos, excepto en su parte sur donde paulatinamente existe un cambio de semihúmedo a húmedo. Véase la Figura 4.179 y siguientes.

### 4.9.1 Variaciones climáticas de Lang esperadas para el periodo 2011 a 2040

En la Figura 4.179, se muestra la clasificación climática de Lang para el periodo de referencia (1971 a 2000), también llamado normal climatológica o clima actual.

En la Figura 4.180 se encuentra la diferencia de la superposición cartográfica entre el periodo 2011 a 2040, y el periodo de referencia (1971 a 2000), donde se puede apreciar el avance de zonas que se modificarían a una condición más seca.

Las áreas identificadas en el mapa de diferencias de la clasificación climática hacia climas "más secos" según el índice de Lang se muestran en color marrón, resultado de la distinción obtenida entre el periodo futuro y el periodo de referencia (1971 a 2000), también llamado como normal climatológica o clima actual. Los valores en color verde claro, agrupan las áreas donde se tendría una clasificación similar, y así sucesivamente, tal como se muestra en la Figura 4.180. La matriz que se utilizó para la reclasificación del índice Lang, se muestra en la Tabla 4.27.

62 La clasificación de Richard Lang, establecida en 1915, utiliza la precipitación anual en mm y la temperatura media anual en °C. Los dos parámetros se relacionan mediante el cociente entre la precipitación (P) y la temperatura (T), llamado factor de Lang, y se obtienen seis clases de climas.

Tabla 4.27 Matriz para reclasificación del índice de Lang

Clasificación actual (1971 a 2000) y futura (2011 a 2100)					
Superhúmedo	húmedo	Semihúmedo	Semiárido	Árido	Desértico
X	M <sub>s</sub>	M <sub>ms</sub>	M <sub>ms</sub>	M <sub>ms</sub>	M <sub>ms</sub>
M <sub>h</sub>	X	M <sub>s</sub>	M <sub>ms</sub>	M <sub>ms</sub>	M <sub>ms</sub>
M <sub>mh</sub>	M <sub>h</sub>	X	M <sub>s</sub>	M <sub>ms</sub>	M <sub>ms</sub>
M <sub>mh</sub>	M <sub>mh</sub>	M <sub>h</sub>	X	M <sub>s</sub>	M <sub>ms</sub>
M <sub>mh</sub>	M <sub>mh</sub>	M <sub>mh</sub>	M <sub>h</sub>	X	M <sub>s</sub>
M <sub>mh</sub>	M <sub>mh</sub>	M <sub>mh</sub>	M <sub>mh</sub>	M <sub>h</sub>	X

Fuente: Ideam-autores

Las convenciones corresponden a: M<sub>ms</sub>: Mucho más seco; M<sub>s</sub>: Mas seco; M<sub>h</sub>: Más húmedo; y M<sub>mh</sub>: Mucho más húmedo. La lectura parte de la ubicación de la respectiva clasificación en la diagonal (x), con la interpretación según corresponda hacia la variación encontrada sobre la misma fila.

Figura 4.179 Clasificación climática de Lang a partir clima presente (1971 a 2000)

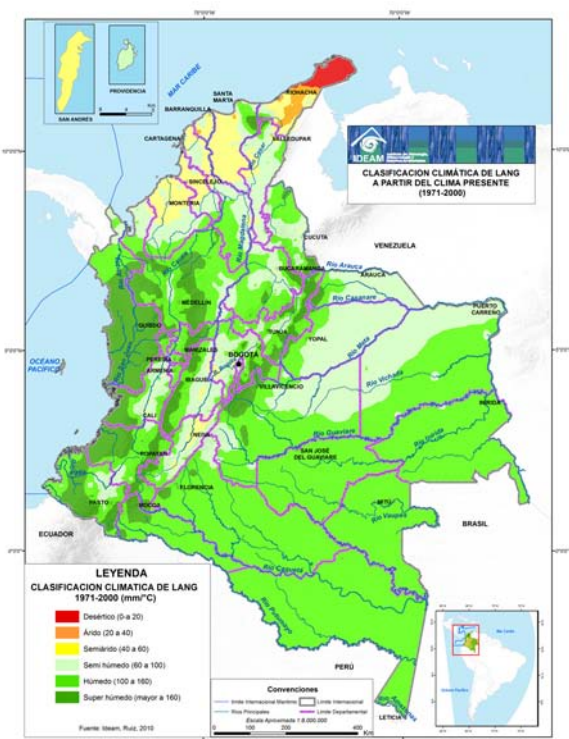
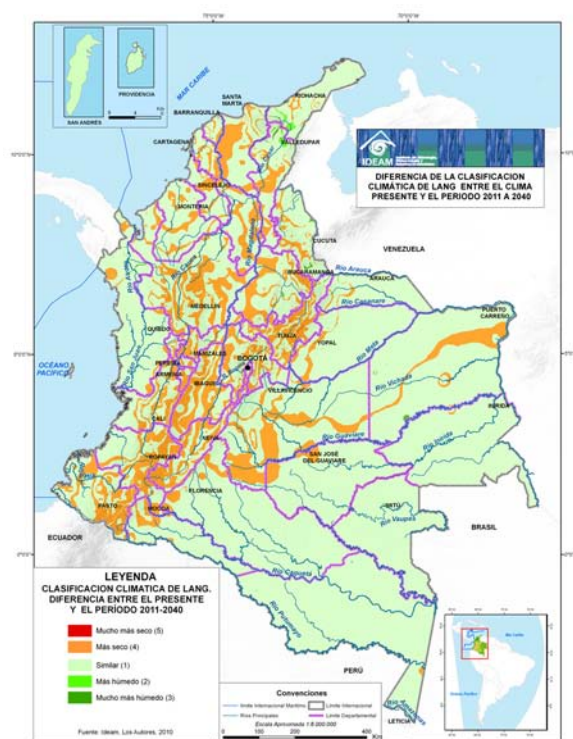


Figura 4.180 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre el clima presente y el periodo 2011 a 2040



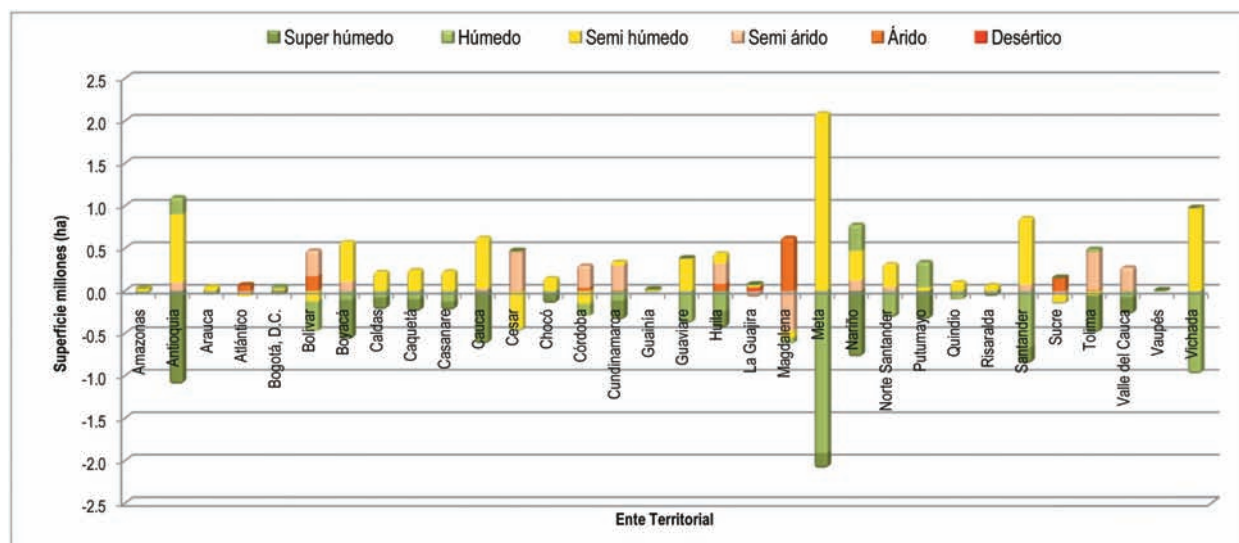
Fuente: Ideam-autores

De las figuras anteriores se puede observar la clasificación climática del periodo de referencia (1971 a 2000) y las diferencias con respecto a la clasificación climática que se tendría para el periodo 2011 a 2040. Al comparar la Figura 4.179 con la Figura 4.180, se puede observar el cambio significativo que se esperaría para el primer periodo en las áreas que se modificaría a una condición más seca, frente a los cambios totales esperados (modelados) para finales de siglo y el avance entre periodos que se ilustra a continuación.

El análisis por departamentos de la variación o diferencias en la clasificación climática de Lang para el periodo 2011 a 2040 y 1971 a 2000, con respecto al área comprometida, se presenta en la Figura 4.181.



Figura 4.181 Variación (ha) por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2011 a 2040) - (1971 a 2000)

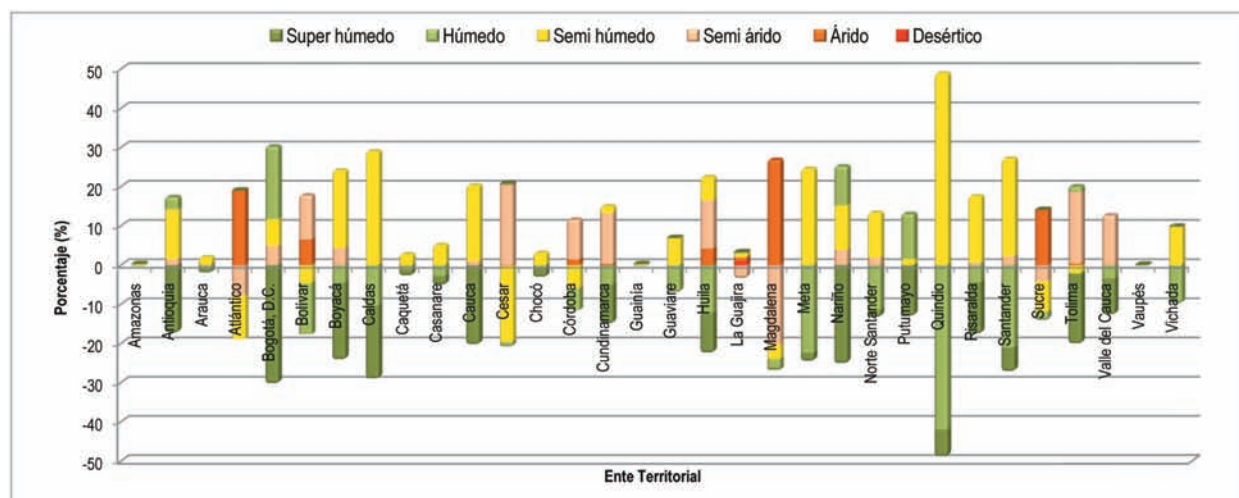


Fuente: Ideam-autores

En la región Andina, los cambios más notorios se apreciarían en sectores de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Huila y oriente del Valle del Cauca, donde habría un cambio de clima semihúmedo a clima semiárido.

Con base en la figura anterior, los departamentos que tendrían mayor variación de área para inicios del siglo XXI, según la clasificación climática de Lang, son: Meta, Vichada, Antioquia y Santander. Dichos entes territoriales tendrían reducciones de clima superhúmedo y húmedo e incremento en climas semihúmedo.

Figura 4.182 Variación (%) por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2011 a 2040) - (1971 a 2000)



Fuente: Ideam-autores

Al analizar la variación proporcional, con respecto a cada departamento, se encuentra que las mayores variaciones se localizan en los territorios de Quindío, Caldas, Bogotá, Santander, Boyacá y Magdalena, principalmente; con más del 25% del área de cada ente territorial. Véase la figura anterior, la cual se interpreta de forma similar a la figura que muestra la superficie comprometida. Es decir, la respectiva variación en el porcentaje que se reduce (eje inferior (-)) y el porcentaje que se ganaría (respecto al total existente en cada departamento) en el eje superior (+).

#### 4.9.2 Variaciones climáticas de Lang esperadas entre el periodo 2041 a 2070

En la Figura 4.183 se presenta la clasificación climática de Lang para el periodo 2011 a 2040.

En la Figura 4.184 se muestra la diferencia cartográfica encontrada en la clasificación climática para el periodo 2041 a 2070 y 2011 a 2040; donde se observan las áreas que se incrementarían a una condición más seca para alcanzar la condición del siguiente periodo (2041 a 2070).



Figura 4.183 Clasificación climática de Lang para el periodo 2011 a 2040

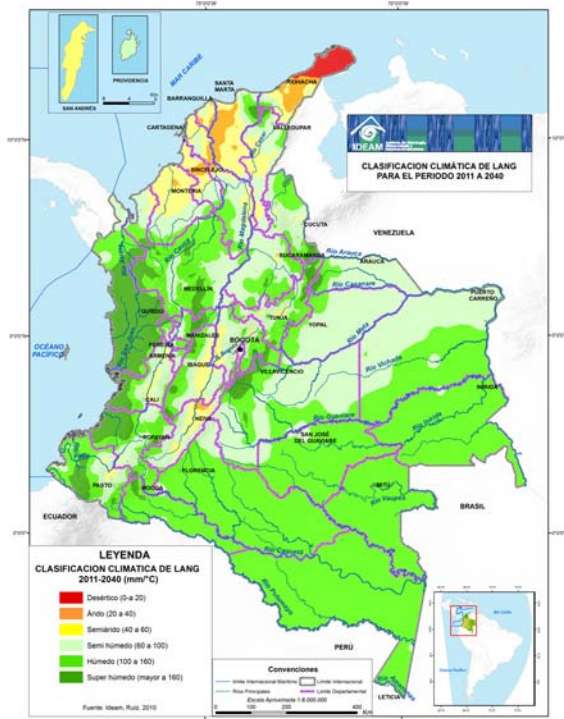
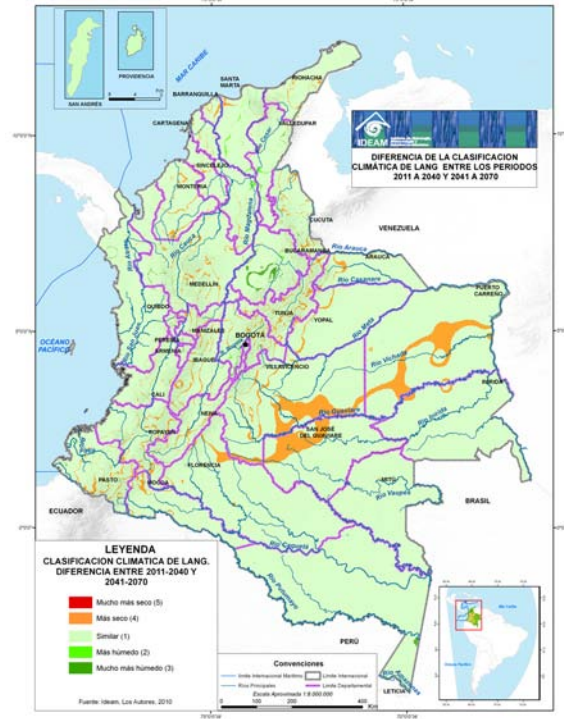


Figura 4.184 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre 2011 a 2040 y 2041 a 2070



Fuente: Ideam-autores

De las figuras siguientes, se puede observar que el avance de las áreas que se volverían más secas se desacelera entre los periodos 2011 a 2040 y 2041 a 2070, siendo más notorio tal incremento entre los periodos de 1971 a 2000 y 2011 a 2040.

No obstante lo anterior, se mantiene el cambio significativo del avance, muy posible, del proceso de "sabanización" o cambio del bosque húmedo de la Amazonia por el clima semihúmedo que se encuentra en la Orinoquia.

#### 4.9.3 Variaciones climáticas de Lang esperadas entre el periodo 2071 a 2100

En la Figura 4.185 se presenta la clasificación climática de Lang para el periodo 2041 a 2070.

En la Figura 4.186 se muestra la diferencia cartográfica de las superficies encontradas en la clasificación climática para el periodo 2071 a 2100 y 2041 a 2070, donde se observan las áreas que se incrementarían a una condición más seca para alcanzar la condición del siguiente periodo (finales de siglo).

De forma similar, con la variación entre los periodos 2011 a 2040 y 2041 a 2070, en la variación de la clasificación climática para los periodos 2041 a 2070 y 2071 a 2100, se encuentra un comportamiento similar, no obstante encontrarse algunos "núcleos" de incremento de áreas más húmedas en algunos sectores de Santander, Meta, Guaviare, Chocó y Nariño.

Al comparar el incremento de las áreas que se convertirían a condición más seca, se puede observar el nuevo aumento (mayor tasa) de las superficies en la llanura del Caribe, frente a la desaceleración presentada entre los periodos 2011 a 2040 y 2041 a 2070; lo cual refleja la condición cíclica de las modificaciones que se presentarían.

Figura 4.185 Clasificación climática de Lang para el periodo 2041 a 2070

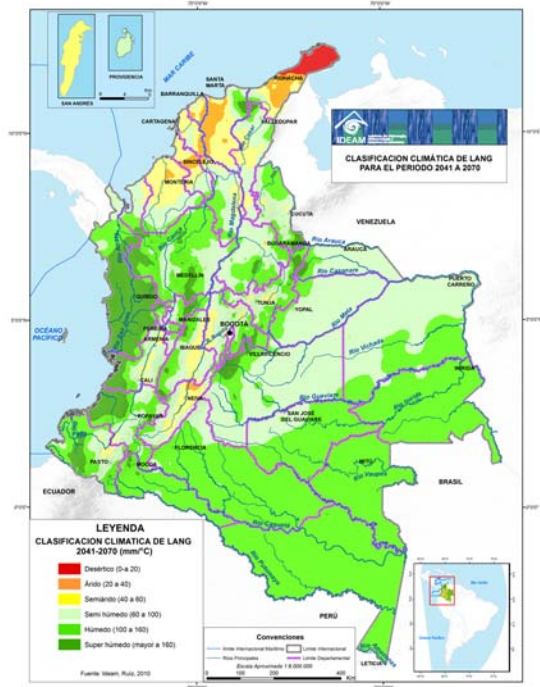
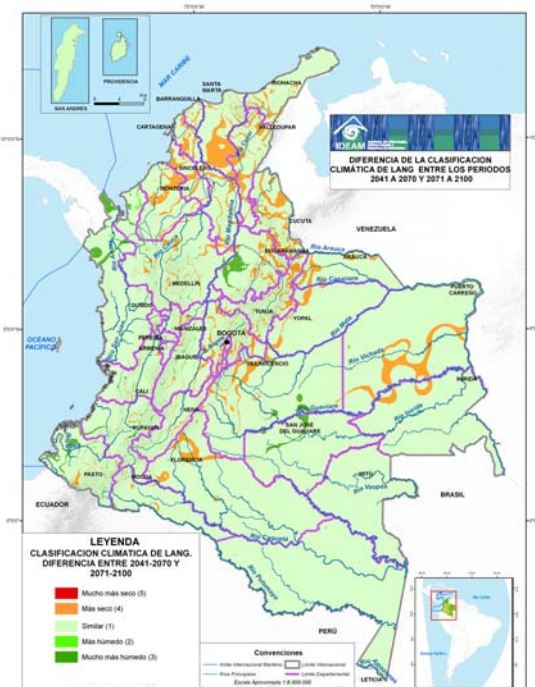


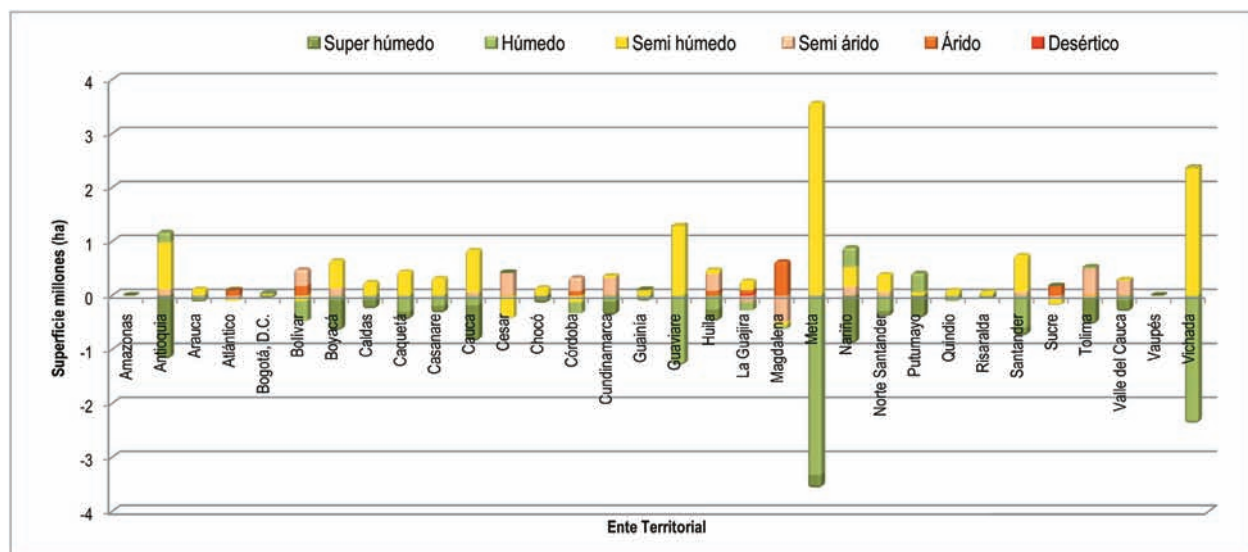
Figura 4.186 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre 2041 a 2070 y 2071 a 2100



Fuente: Ideam, 2010

En la Figura 4.187, se tabula la diferencia de la clasificación climática entre el periodo 2041 a 2070 y el periodo de referencia o clima actual (1971 a 2000).

Figura 4.187 Variación por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2041 a 2070) - (1971 a 2000)

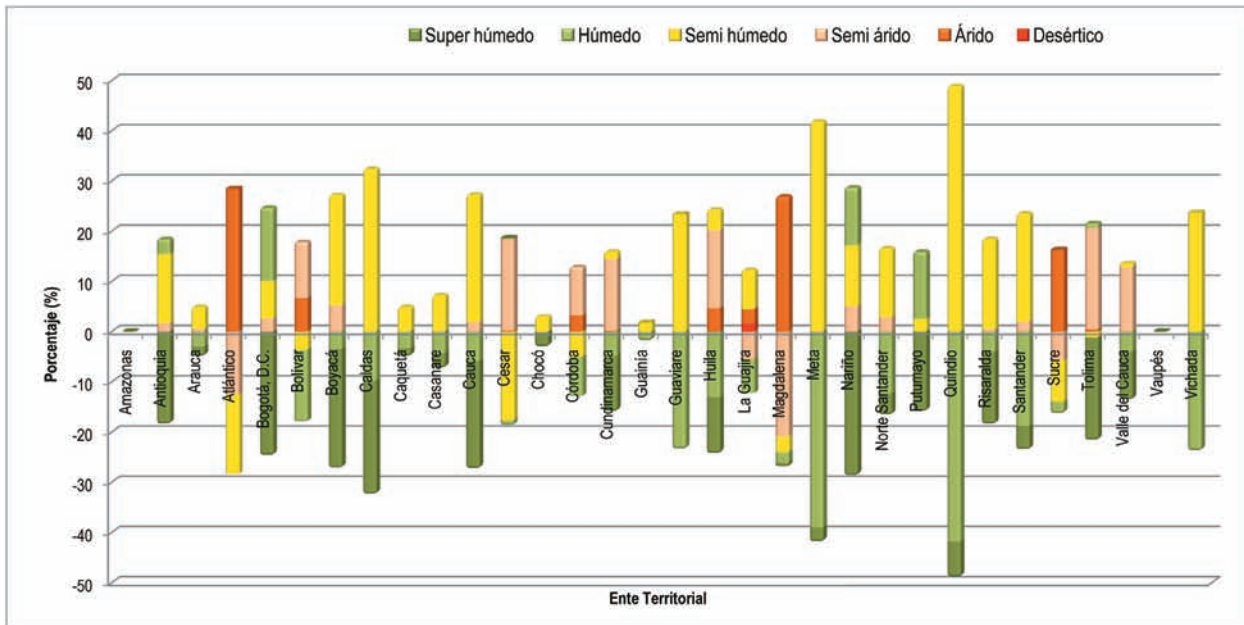


Fuente: Ideam-autores

Los mayores cambios que se tendrían en superficie para la diferencia entre 2041 a 2070 y 1971 a 2000, se mantienen de forma similar al registrado entre los periodos anteriores.



Figura 4.188 Variación (%) por ente territorial de la clasificación climática de Lang (2041 a 2070) - (1971 a 2000)



Fuente: Ideam-autores

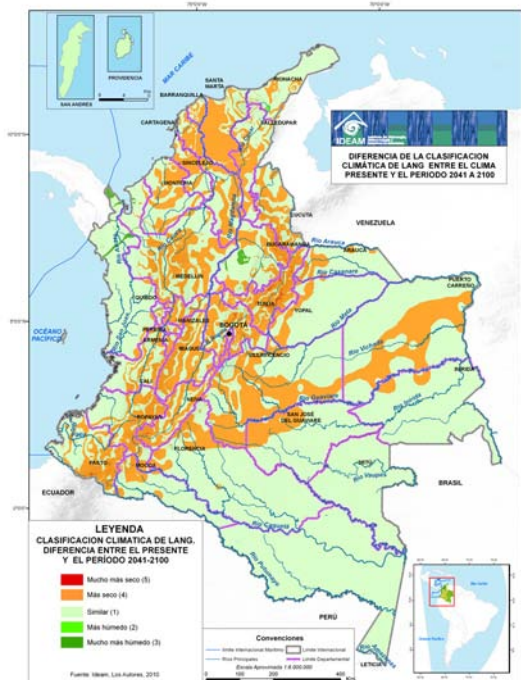
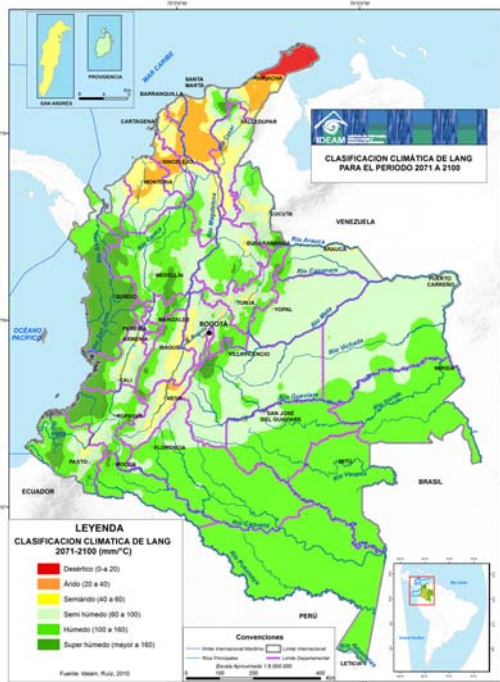
En términos generales, los cambios esperados en la clasificación climática para el periodo 2041 a 2070, con respecto al periodo de referencia (1971 A 2000) se tendrían en gran parte del territorio Andino, Caribe y corredor de transición Orinoquia - Amazonia, donde se encontrarían los cambios a condiciones más secas. Véase la Figura 4.188.

#### 4.9.4 Variaciones climáticas de Lang esperadas para el periodo 2071 a 2100 frente a 1971 a 2000

La clasificación climática de Lang para el periodo final (2071 a 2100) se presenta en la Figura 4.189. En la Figura 4.190 se muestra la diferencia climática (variación) entre los periodos 1971 a 2000 y 2071 a 2100.

Figura 4.189 Clasificación climática de Lang para el periodo 2071 a 2100

Figura 4.190 Diferencia de la clasificación climática de Lang entre 1971 a 2000 y 2071 a 2100

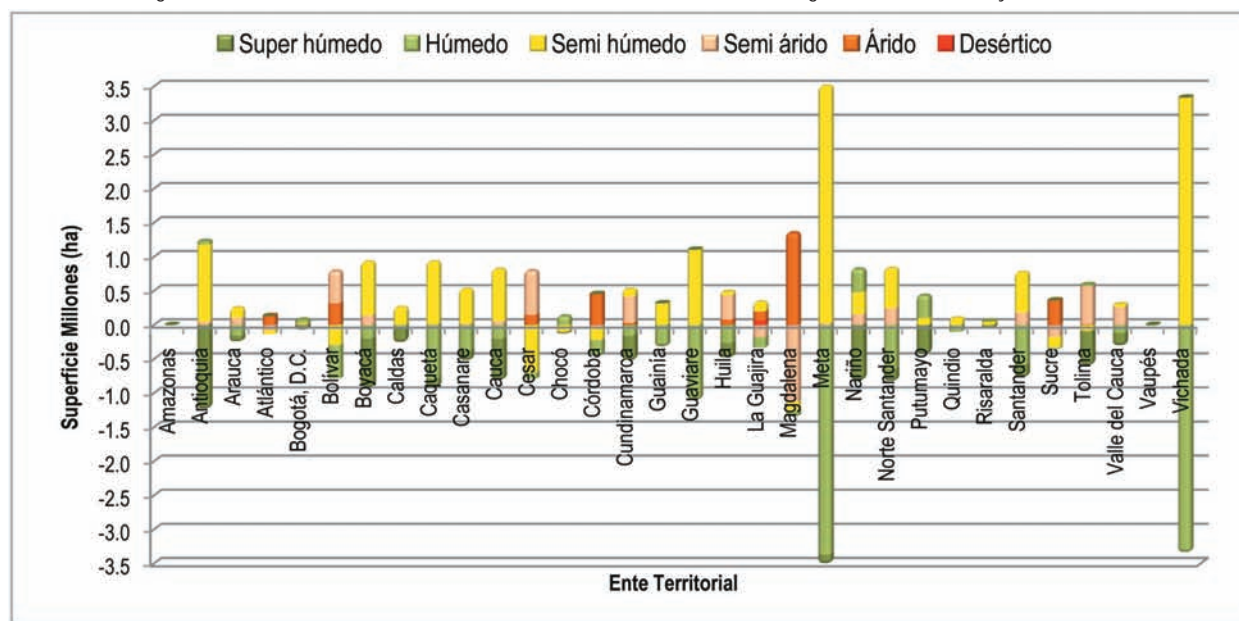


Fuente: Ideam-autores

Del mapa de diferencias climáticas se destaca la proporción de áreas que cambiarían a una condición más seca en la región Andina, llanura del Caribe y frontera entre la región de la Orinoquia con la Amazonia. Las áreas donde se incrementa la humedad son relativamente muy pequeñas comparadas con las áreas se convertirían a una condición más seca.

El comportamiento de la clasificación climática de Lang para finales de siglo, comparado con las condiciones de referencia (1971 a 2000), por ente territorial se presenta en la Figura 4.191.

Figura 4.191 Diferencias de la variación de la clasificación climática de Lang entre 2071 a 2100 y 1971 a 2000

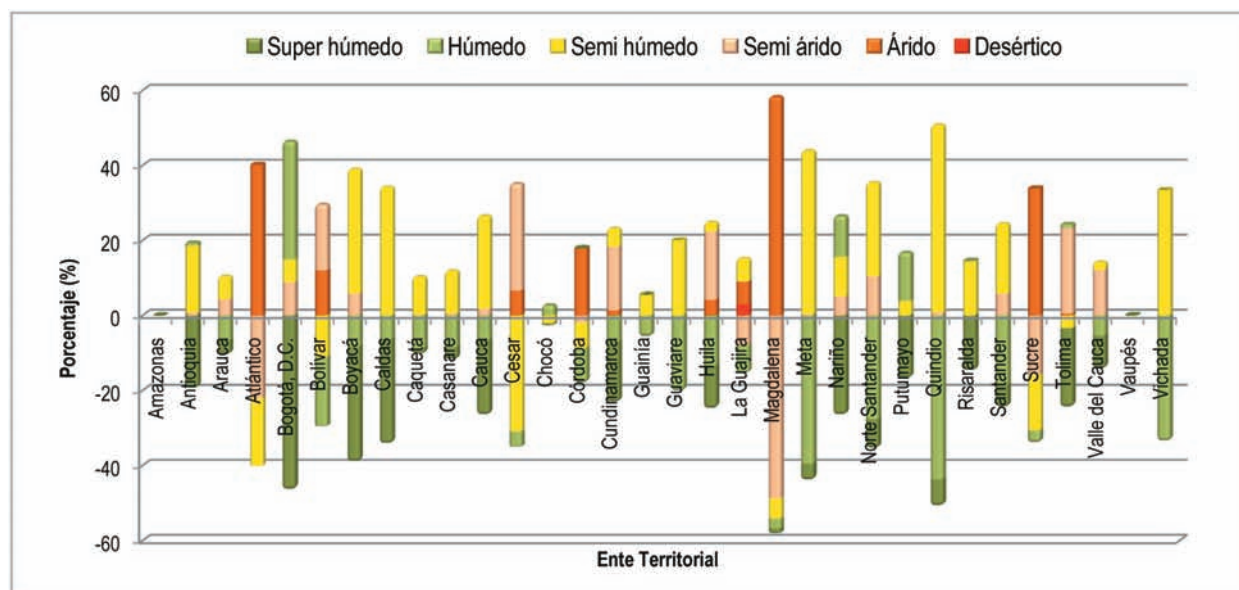


Fuente: Ideam-autores

En la Figura 4.191 se muestra la diferencia o modificación en área de la clasificación climática que se esperaría para finales de siglo, frente a los valores del periodo de referencia (1971 a 2000). En extensión, los mayores cambios por ente territorial hacia una condición más seca (en términos relativos) se tendrían en el Meta, Vichada y Antioquia.

Llama la atención por la severidad, variaciones en más de una categoría, por ejemplo de húmedo a semiárido, en los departamentos de Valle del Cauca, Tolima, Cundinamarca y Bolívar, para citar algunos casos.

Figura 4.192 Diferencias (%) de la variación de la clasificación climática de Lang entre el 2071 a 2100 y 1971 a 2000



Fuente: Ideam-autores



En términos de variación porcentual por departamento que se esperaría para finales de siglo, con respecto a las encontradas en el periodo de referencia, las mayores alteraciones se tendrían en los territorios de Magdalena, Quindío, Bogotá, Meta y Atlántico. Véase la Figura 4.192.

#### 4.9.5 Variación climática de Lang sobre el total nacional

La cuantificación de la variación de las superficies que se podría presentar con base en la clasificación climática de Lang se muestra en las figuras 4.193 y 4.194.

Figura 4.193 Condición de referencia y variación de la clasificación climática de Lang

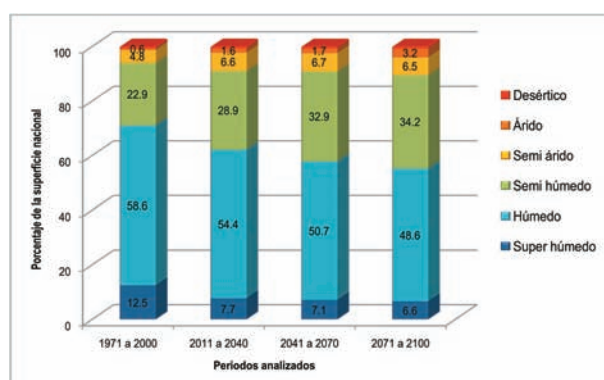
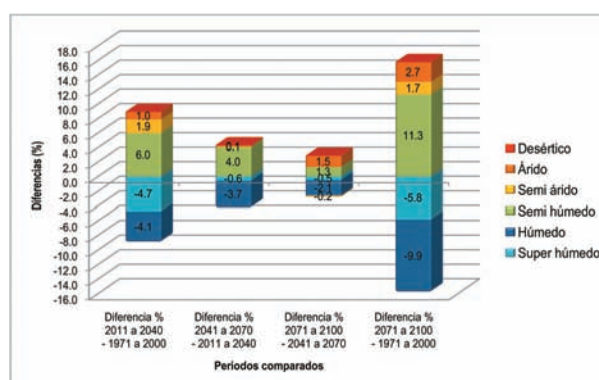


Figura 4.194 Variación porcentual de la clasificación climática respecto a los diferentes periodos de análisis



Fuente: Ideam-autores

De las figuras anteriores se destaca el aumento progresivo de los climas semihúmedos con la respectiva reducción de los climas clasificados como húmedos y superhúmedos, tanto en el total porcentual del país (Figura 4.193) que se esperaría para cada periodo, como la variación o cambio entre cada uno (Figura 4.194).

En la Figura 4.193, se puede observar la fuerte reducción progresiva, desde el periodo de referencia hasta finales de siglo (aprox. 10%) en la extensión de las áreas clasificadas como húmedas, según la transición desde el periodo inicial (59%) hasta finales de siglo (49%).

En la Figura 4.194, se muestran las diferencias entre cada uno de los periodos comparados. Se destaca el incremento esperado a finales de siglo (periodo 2071 a 2100 y 1971 a 2000) en las áreas semihúmedas, en una proporción cercana a 11% del territorio nacional, junto con aumento de las áreas semiáridas (2%) y áridas (3%), a costa de las áreas clasificadas como húmedas (10%) y superhúmedas (6%)<sup>63</sup>.

En resumen, con base en el índice de clasificación climática de Lang, el cambio climático generará un aumento cercano a 16% en zonas más secas con respecto a las existentes en el clima actual, especialmente en climas semihúmedos, semiáridos y áridos, con la respectiva reducción de áreas superhúmedas y húmedas.

Los efectos e impactos que se desprenden de los análisis anteriores se pueden abordar inicialmente con las siguientes consideraciones:

Si se tiene en cuenta que la proporción de especies siempreverdes y de especies caducifolias depende de la distribución estacional de la precipitación, pues mientras más se prolongue el periodo seco, mayor será el número de especies caducifolias; asimismo, puesto que los árboles caducifolios utilizan el agua que se encuentra en los horizontes superficiales (Goldstein, Meinzer & Andrade, 2002, p. 252 ss), se podrían plantear significativas alteraciones en la composición y estructura de las coberturas que resulten afectadas por las variaciones del clima en cuanto a precipitación y temperatura reflejadas a través del índice de Lang. Tales efectos repercutirían principalmente sobre las especies que no sean capaces de lograr una relativa homeostasis en sus funciones por mayores demandas evaporativas, razones que harían pensar a su vez en desequilibrios en los regímenes de disponibilidad de recursos hídricos superficiales. Así las cosas, el riesgo a la degradación ecosistémica sería significativo sobre tales áreas de cambio en la clasificación climática.

Adicionalmente, puesto que una parte de la fijación de CO<sub>2</sub> está estrechamente ligada con la pérdida de agua y demás relaciones hídricas, excepto quizá en los sitios húmedos (Zotz & Andrade, 2002, p. 286) y dado que se podrían presentar cambios a climas más áridos o secos en áreas que vienen siendo intervenidas en las siguientes décadas, es importante avanzar en el conocimiento de la respuesta de las diferentes coberturas, frente a la disponibilidad de agua. Tales efectos potenciales tendrían que evaluarse en función de la fragmentación y el microclima de ecotonos respecto a los déficits hídricos, la ganancia de carbono y la pérdida de agua de biomasa (fijación de CO<sub>2</sub>).

Debe tenerse en cuenta, además, que si bien los rangos de variación de la temperatura anual arrojados por los modelos son mucho más pequeños en las latitudes bajas que los rangos hacia las altas latitudes, gran parte de los ecosistemas del país son el producto de unas sucesiones regidas o desarrolladas con una baja variabilidad en la temperatura. Por lo anterior, es necesario evaluar los potenciales cambios e impactos que se podrían presentar por las alteraciones en los promedios, los incrementos de variabilidad en los extremos y los regímenes de los diferentes elementos meteorológicos, pues una pequeña modificación en los ritmos o secuencias de ocurrencia podría ser significativa para las cadenas tróficas y demás relaciones ecológicas dentro y alrededor de cada ecosistema.

Adicionalmente es necesario tener en cuenta que la ganancia relativa en el clima clasificado como semihúmedo se realiza a cargo de otros climas más húmedos.

Asimismo, se puede ver que la composición climática se orienta hacia finales de siglo con variaciones donde prevalecen los cambios hacia condiciones más secas, tal como se ilustró en los mapas anteriores que acumulan los cambios de la clasificación climática hacia climas más secos, a través del color marrón de la leyenda.

## 4.10 SENSIBILIDAD AMBIENTAL Y RELACIONES CON LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS

A continuación se efectúa una comparación entre los resultados de los escenarios climáticos y la sensibilidad ambiental, con el fin de identificar y aprovechar las ventajas de cada uno de ellos.

La situación actual de Colombia ante la variabilidad climática<sup>64</sup> y el cambio climático se basó en el análisis de la sensibilidad ambiental, establecido a través del índice de sensibilidad ambiental (ISA<sup>65</sup>). Dicho proceso metodológico se explicó atrás, el cual permite abordar de manera general y entender cuáles áreas son más propensas a la degradación o deterioro por los efectos adversos de la variabilidad climática.

Tal sensibilidad ambiental se refiere a las condiciones de susceptibilidad del territorio, situación por la cual no lleva aún ningún análisis de la capacidad de adaptación y por tanto se refiere a la vulnerabilidad inherente. En tal contexto, el índice de sensibilidad ambiental incluye atributos del suelo (pendientes y profundidad efectiva), cobertura de la tierra (en función de la protección del suelo), análisis mensual del índice de aridez (precipitación/evapotranspiración), alteración de ecosistemas y erosión en zonas secas y representa por ende un análisis de la condición actual frente a cualquier evento climático adverso. Es decir, la sensibilidad ambiental determinada, refleja en gran parte a través de las condiciones y factores edáficos<sup>66</sup>, las expresiones más recientes de las fuerzas de cambio sobre la superficie terrestre. En resumen el paisaje natural es la expresión más clara de la interacción del clima y la geología a través del tiempo sobre un territorio o ambiente.

En efecto, se puede interpretar que el índice de sensibilidad ambiental frente al cambio climático expresa de forma gráfica, los factores formadores del paisaje<sup>67</sup>, que en suma conlleva a establecer el grado de vulnerabilidad inherente, condición que es relativamente consistente con los resultados obtenidos por Ruíz-Ideam (2010) con los modelos de alta resolución, como se discute a continuación.

### 4.10.1 Relaciones entre la sensibilidad ambiental y el índice de Lang

Al tener en cuenta los resultados del índice de Lang, se puede destacar la coincidencia de las características más exigentes para los ecosistemas al identificar climas más secos (semiárido, árido y desértico) con las categorías de alta

64 La Variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal. La Normal Climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años.

65 Documento interno de Análisis realizado por la Subdirección de Estudios Ambientales del Ideam (2010).

66 Por factores edáficos generalmente se hace alusión a la composición química y física del suelo con relación al soporte ecosistémico. En este análisis se incluyeron condiciones físicas, mientras las químicas están reflejadas indirectamente por la cobertura vegetal.

67 "Un paisaje terrestre está hecho por rocas, construido por las fuerzas internas de la tierra, que han actuado a través del tiempo geológico, en presencia de la vida." Bloom (1973), citado por Villota (1991, p. 13).

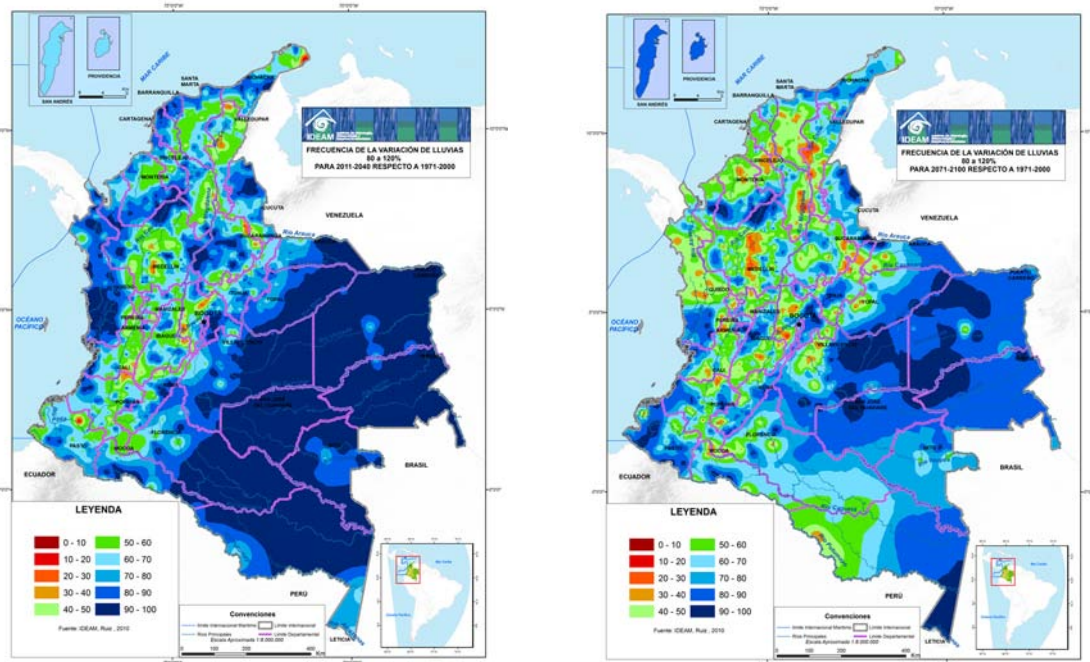
a muy alta sensibilidad ambiental, especialmente en la región Caribe. Asimismo ocurre con las condiciones semihúmedas con el índice de sensibilidad moderado en buena proporción de la región Andina y gran parte de la Orinoquia. Las clasificaciones húmedas y superhúmedas tendrían una alta correspondencia con las categorías de muy baja y baja sensibilidad ambiental, las cuales se localizan especialmente las regiones Amazonia y Pacífico. Véanse las figuras 4.179 siguiente con la 4.198.

La importancia de la sensibilidad ambiental a través del índice desarrollado (ISA) radica en la identificación de las áreas que son por su condición inherente más vulnerables, mejorando así un resultado que tiene una mayor certidumbre. Es decir, al tomar la complejidad y dificultades de alcanzar la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario con sus respectivos resultados a largo plazo, cobra importancia identificar las diferentes áreas que podrían resultar alta o seriamente comprometidas con sus bienes y funciones ecosistémicas. Tales resultados precisamente fueron complementados con el análisis del juicio de expertos a través del índice relativo de afectación (IRA), donde se destacan los ambientes o territorios que podrían ser más afectados por las condiciones del peor escenario de un cambio climático, el cual se asumió con la mayor disminución de precipitación y el mayor aumento de temperatura. Véase la Figura 4.29, del índice relativo de afectación (IRA).

#### 4.10.2 Coincidencias del ensamble multimodelo de precipitación

Adicionalmente, si se toma en cuenta que todos los escenarios de emisión deben ser considerados plausibles<sup>68</sup> y puesto que resulta difícil conocer la probabilidad de ocurrencia de los mismos de manera formal, con el fin de realizar una aproximación de la variación esperada de la lluvia, se corrieron varios escenarios con diferentes modelos<sup>69</sup> y condiciones iniciales como un proceso "ad hoc" para establecer la frecuencia de ocurrencia. Los resultados para los periodos 2011 a 2040 y 2071 a 2100 con las frecuencias de ocurrencia para variaciones de más o menos 20%, con respecto al periodo de referencia (1971 a 2000) que se muestran en la Figura 4.195.

Figura 4.195 Mapas de frecuencias de la variación de lluvia (80 a 120%) por periodo (2011 a 2040 Izq. y 2071 a 2100 Der.)



Fuente: Ideam-Ruiz, 2010

Nota: La escala gráfica en % expresa la ocurrencia por rango del ensamble multi-modelo

En el mapa del lado izquierdo de la Figura 4.195, del ensamble multimodelo (2011 a 2040), el rango de matices azules más oscuros (80 a 100% de frecuencia de ocurrencia) refleja una condición de reducción o incremento del 20% con respecto al clima presente (1971 a 2000) para gran parte de la Amazonia, Orinoquia y el departamento del Chocó. En la zona central de Antioquia, valle del Magdalena en Tolima y Cundinamarca y, sur de los departamentos de Bolívar y Centro del Cesar, principalmente la condición refleja menor frecuencia en la coincidencia (30 a 60%)

<sup>68</sup> Según Jones et al (2004), un escenario de emisión es un resultado plausible y consistente que ha sido construido para explicar las consecuencias potenciales de la influencia de las actividades humanas sobre el clima.

<sup>69</sup> Escenarios A2, B2, A1B(S) para 2011 a 2070; y A2 B2(S) para 2071 a 2100. S: sulfatos. Con tres modelos regionales utilizados.



para las condiciones normales de la precipitación o clima normal; es decir, en la áreas demarcadas con los colores amarillo (30 a 40%) y rojos (<30%) se encontró una mayor posibilidad de variación (menor frecuencia en la coincidencia del ensamble multimodelo) con respecto al clima de referencia (1971 a 2000). El mapa (derecho) para el periodo (2071 a 2100) muestra una mayor posibilidad de variación (rangos con menor frecuencia) con respecto al rango normal de lluvia adoptado (80 a 120%).

Por lo tanto, los modelos utilizados en el ensamble tienen mayor coincidencia en el futuro cercano (2011 a 2040) que a finales de siglo (2071 a 2100), especialmente en la región de la Orinoquia y la Amazonia, donde hay menor complejidad introducida por las condiciones donde no hay orografía pronunciada.

Es decir, tal ejercicio donde se asume la lluvia dentro de un rango normal (80 a 120%), podría ser aprovechado para establecer la posibilidad de que el valor de la lluvia tomado como referencia (1971 a 2000) varíe más allá del rango normal. Es decir, podría esperarse una mayor variación del promedio de lluvia normal (menor coincidencia en los modelos) en aquellas áreas que se representan con colores del tono amarillo a rojo.

#### 4.10.3 Comparación entre los escenarios de precipitación y la sensibilidad ambiental

En gracia de una discusión proactiva para identificar las regiones donde se pueden presentar efectos adversos de una reducción de la precipitación (por ejemplo) y por ende reducir los impactos negativos o riesgos (sin considerar la capacidad de adaptación por ahora), resulta apropiado tomar en cuenta la sensibilidad ambiental obtenida con el mapa de la Figura 4.196. El análisis se enfoca en la identificación de coincidencias del escenario (reducción de la precipitación >15%) con la mayor sensibilidad ambiental, tal como se muestra en la Tabla 4.28.

Tabla 4.28 Comparación de resultados de los escenarios A2 (2071-2100) con el ISA

Departamentos	Ideam-Ruiz (2010) reducción >15% (*)	Ideam-Ruiz (2010) Reducción > 30% (**)	UNal.-Pabón (2005) <30%	UNal.-Pabón (2005) 10 a 30%	ISA (Alto y muy Alto)
Atlántico	x	x	x	x	x
Bolívar	x	x	x	x	x
Córdoba	x	x	x	x	x
La Guajira			x	x	x
Magdalena	x	x	x	x	x
Cesar	x	x		x	x
Sucre	x	x	x	x	x
Antioquia	x	x	x	x	
Boyacá	x	x	x	x	x
Caldas	x	x		x	
Caquetá	x	x		x	
Cauca	x	x	x	x	x
Cundinamarca	x	x	x	x	x
Huila		x	x	x	x
Meta	x	x		x	
Nariño		x	x	x	x
Norte de Santander		x	x	x	x
Putumayo		x		x	
Risaralda	x	x		x	
Santander		x		x	x
Tolima	x	x	x	x	x
Valle del Cauca	x	x	x	x	x

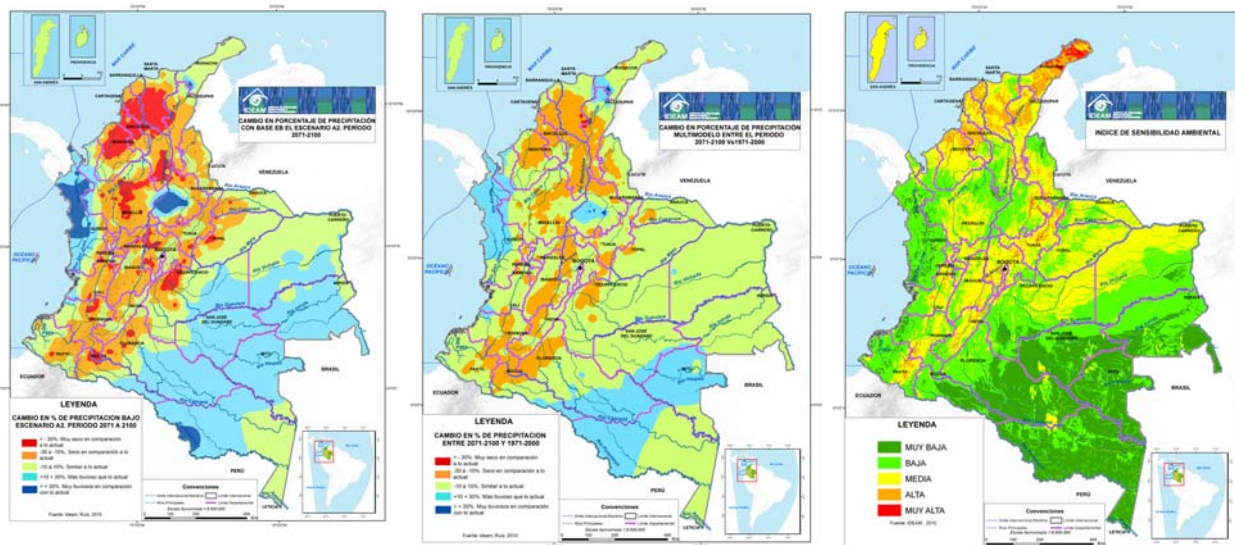
Fuente: Ideam-autores

Notas: \*: Tomado de tabla p. 41; \*\*: según mapa: p. 53 de la Nota técnica 005/2010.

Con base en la tabla anterior, los resultados departamento con reducción de la lluvia (> 15%) del escenario A2 en el periodo 2071 a 2100, coincidentes con las áreas de los departamentos que presentan una mayor sensibilidad (ISA muy alta y alta), se encuentran en la región Caribe: Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Magdalena y Córdoba; además de los ubicados en la región Andina: Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Tolima y Valle del Cauca. Lo anterior corrobora en buena medida la consistencia cartográfica de las variables empleadas para obtener los índices de sensibilidad ambiental mas restrictivos con respecto a los rangos más impactantes de los escenarios de precipitación. Los mapas con los escenarios de precipitación A2 y ensamble multimodelo para el periodo 2071 a 2100, junto con el mapa del índice de sensibilidad ambiental (ISA) se presentan a continuación.



Figura 4.196 Cambio (%) de la precipitación escenario A2 (2071 a 2100)  
Figura 4.197 Mapa del ensamble multimodelo de precipitación (2071 a 2100))  
Figura 4.198 Mapa de sensibilidad ambiental (ISA)



Fuente: Ideam-autores.

Nota: Incluye análisis de decisión según las categorías de entrada

Por lo anterior, es procedente destacar que el trabajo climático y geológico de la naturaleza por varios cientos de años sobre un territorio, se encuentra reflejado de diversas formas a través de las expresiones fisiográficas que se incluyeron en el índice de sensibilidad ambiental. Dicho índice ayuda a "corregir o ajustar" el modelo empleado para obtener la vulnerabilidad, máxime si se tiene en cuenta frente la incertidumbre en los resultados de los modelos climáticos a largo plazo.

## 4.11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes conclusiones pretenden mostrar de manera sintetizada, los aspectos más relevantes o sustanciales del análisis de vulnerabilidad realizado.

Con base en la evaluación de los modelos climáticos globales que mejor representan el clima regional y con la ayuda de modelos climáticos regionales de alta resolución espacial, se simularon diversos escenarios climáticos que podrán ocurrir sobre el territorio colombiano en los próximos decenios y durante el siglo XXI. El escenario de cambio climático más probable es el siguiente:

- Teniendo en cuenta el incremento promedio de la temperatura (0,13°C/década para el país) en el periodo de referencia (1971-2000), reflejado principalmente en los departamentos de Córdoba, Valle, Sucre, Antioquia, La Guajira, Bolívar, Chocó, Santander, Norte de Santander, Cauca, San Andrés, Tolima y Caquetá; y las reducciones más significativas de la precipitación total anual (mm/década) registradas en los departamentos de Putumayo (-6,14), Atlántico (-5,88), Arauca (-3,86), Guaviare (-3,85), Boyacá (-3,60) y Cundinamarca (-3,00); se encuentran señales evidentes de cambios significativos con efectos adversos y diferenciados para el territorio colombiano, las cuales se manifestarían principalmente a finales del siglo XXI.
- En los departamentos donde se registraron mayores incrementos de precipitación total anual (mm/década) son: Quindío (0,58), San Andrés (0,67), Cesar (1,47), Cauca y Vaupés (1,64), Guainía (2,14) Antioquia (2,31), Chocó (3,34) y Caldas (3,88).
- Los valores medios proyectados de la temperatura mínima, alcanza aumentos del orden de 1,1 °C para el 2011-2040; 1,8 °C para 2041-2070 y 1,9°C para 2071-2100.
- Las proyecciones arrojan aumentos para los valores medios de temperatura máxima del orden de 1,5°C para el 2011-2040; 2,3°C para 2041-2070 y 3,6°C para 2071-2100, indicando que los días serán más cálidos respecto al período de referencia 1971-2000. Lo anterior corrobora los análisis que el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) ha venido mostrando en el contexto mundial en este sentido. Los aumentos más significativos de la temperatura media se esperarían en gran parte de las regiones Caribe y Andina especialmente en los departamentos de Sucre, Norte de Santander, Risaralda, Huila y Tolima.

- Con base en los resultados del ensamble de modelos regionales de alta resolución, se encontró que la temperatura promedio del aire en Colombia aumentará 1,4°C para los años 2011 a 2040; 2,4°C para 2041 a 2070 y 3,2°C para el periodo 2071 a 2100. Los aumentos más significativos se ubicarían en los departamentos de Norte de Santander, Risaralda, Huila, Sucre y Tolima.
- Con base en los escenarios que involucran una mayor emisión de GEI, se estima que las reducciones más significativas de lluvia se darían especialmente para el periodo 2071 a 2100, en gran parte de los departamentos de la región Caribe; ellos serían: Sucre (-36,3%), Córdoba (-35,5%), Bolívar (-34,0%), Magdalena (-24,6%) y Atlántico (-22,3%). En la región Andina, los departamentos de Caldas (-21,9%) y Cauca (-20,4%) tendrían igualmente importantes reducciones en los volúmenes de precipitación media anual.
- Los aumentos de lluvia para el siglo XXI proyectados por los escenarios de cambio climático se ubicarían especialmente en gran parte de los departamentos de: Vaupés, Chocó, Guainía, Amazonas, San Andrés y Vichada. Para la sabana de Bogotá, los escenarios de cambio climático con mayor cantidad de emisiones de GEI analizados, muestran reducciones de lluvia del orden de: -11,6% para el periodo 2011-2040; -16,1% para el 2041-2070 y del -3,4% para 2071-2100, con respecto a la climatología del periodo de referencia 1971-2000.
- Los escenarios de cambio climático proyectados para el siglo XXI en el territorio nacional, muestran que la lluvia se reduciría no más de 15%; o sea, continuaría lloviendo alrededor de 85% de precipitación total anual según el periodo 1971-2000. Las mayores reducciones de lluvia para el resto del siglo XXI, se esperarían en diferentes regiones de los departamentos de Huila, Putumayo, Nariño, Cauca, Tolima, Córdoba, Bolívar y Risaralda; en algunos de estos departamentos dichas reducciones se empezarían a evidenciar desde el periodo 2011-2041, en particular en Huila, Cauca, Nariño, Risaralda y Tolima. No obstante, las proyecciones de los escenarios más “pesimistas” (A2 y A2 con sulfatos) presentan reducciones hasta de 36% en promedio, sobre algunos sectores de Colombia, especialmente para el periodo 2071-2100, es decir, la precipitación sería 64% con respecto a la media 1971-2000.
- La sensación térmica (confort) podría tener un impacto significativo en la población, teniendo en cuenta el sentido de la incomodidad térmica que se esperaría en gran parte de las regiones Caribe, Orinoquia, Amazonia y a lo largo de los valles del Magdalena y Cauca en la zona Andina. En las zonas de cordillera, las sensaciones térmicas de frío y muy frío se estarían reduciendo paulatinamente.
- Los resultados de las proyecciones de cambio climático, indican que la humedad relativa se reduciría en Colombia a lo largo del siglo XXI, con respecto a 1971-2000, en proporciones cercanas al: 1,8% para el 2011-2040; 2,5% para 2041-2070 y 5,0% para 2071-2100; las disminuciones más significativas de esta variable meteorológica a lo largo del siglo XXI, de acuerdo con los análisis generados, se manifestarían desde el periodo 2011-2040 en gran parte de los departamentos de: Tolima, Quindío y Huila; y paulatinamente, para mediados y finales de siglo, se extenderían a otros departamentos como: Sucre, Bolívar, Cesar, La Guajira, Norte de Santander, Cauca, Cundinamarca, Santander, Nariño y Risaralda. Con base en los resultados del ensamble de los modelos de alta resolución y según la clasificación climática de Lang, la Península de La Guajira mantendría sus características desérticas; en el Chocó continuaría prevaleciendo el clima superhúmedo, la Amazonia seguiría siendo húmeda, y en gran parte de los Llanos Orientales continuará el clima semihúmedo. Los cambios más significativos se esperarían en la región Caribe, que cambiaría de un clima semihúmedo (condiciones actuales) a semiárido y luego a árido para finales del siglo XXI. En la región Andina, los cambios más notorios se prevén por una transición de clima semihúmedo a clima semiárido, lo cual se presentaría en diferentes áreas de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Huila y oriente del Valle del Cauca, especialmente.

Con base en el escenario de precipitación y temperatura (2071 a 2100) y la estimación indirecta (balance hídrico) a partir de los resultados de los modelos, respecto a la condición promedio de referencia, se tendrían reducciones alrededor del 30% de la escorrentía promedio en las cuencas del alto y Bajo Magdalena, Cauca, parte del Litoral Caribe, Saldaña, Cesar y Bogotá, que abarcan parte de los departamentos del Magdalena, Cesar, Atlántico, Bolívar, Córdoba, Sucre, Huila, Tolima y Cundinamarca.

De acuerdo con el modelo desarrollado para el análisis de la vulnerabilidad por el Ideam, los siguientes ecosistemas y sectores presentan mayor prioridad:

#### Orobioma Alto Andino

- Los impactos potenciales muy alto y alto que se podrían dar en los ecosistemas del Orobioma Alto Andino para el periodo 2011 a 2070, cubren más de 70% de dicho orobioma en el territorio nacional (4.300.000 ha). Tales impactos potenciales, si se analizan en función de los bienes y servicios ambientales para la mayor concentración de la población y sistemas productivos que dependen de él, representan importantes consecuencias, máxime si se tiene en cuenta la presión por el avance de la frontera agrícola a través de la sobre utilización y la conversión de los ecosistemas naturales en campos de cultivo y pastoreo.
- En dicho orobioma se encuentran grandes extensiones de bosque natural y arbustales (>40%), los cuales cumplen una importante función en la regulación de la escorrentía, que estarían significativamente (20%) comprometidos con altos y muy altos impactos del total identificado del Orobioma Alto Andino.

- Los resultados obtenidos muestran de alguna manera que los ecosistemas naturales o poco intervenidos son menos sensibles que los espacios transformados en el ambiente rural. No obstante lo anterior, la afectación por un cambio climático podría traer consecuencias significativas, a pesar de los pequeños cambios pero con alteración sobre grandes áreas, como sucedería con la Amazonia o el Chocó biogeográfico.
- Teniendo en cuenta el alto y muy alto impacto potencial que se espera sobre los ecosistemas en el Orobioma de Alta Montaña, junto con las demandas y deterioros conocidos por los sistemas tradicionales de explotación agropecuaria, es prioritario adelantar las medidas necesarias para su protección y restauración, descritas en el capítulo de adaptación, para evitar que se presenten deterioros significativos en dichos ecosistemas estratégicos.

#### Áreas protegidas

- Las áreas naturales protegidas que registrarían alto y muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040 se localizan en los Parques Nacionales Naturales de la Sierra Nevada de Santa Marta, Cocuy, Las Hemosas, Nevado del Huila, Los Nevados y Puracé. Adicionalmente, sobresalen por su proporción de alto impacto potencial (final de siglo) en el Orobioma Alto Andino, los Parques Nacionales Naturales de: Pisba, Los Nevados, Puracé, Las Hermosas, El Cocuy y Chingaza.

#### Sector agropecuario y áreas de minifundio campesino

- Las mayores áreas con cultivos de café Caturra que tendrían alto y muy alto impacto potencial relacionado con el déficit de lluvias para el periodo 2011 a 2040, estarían ubicadas en diferentes áreas de los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Quindío y Caldas; adicionalmente sobresalen por alto impacto potencial: Huila, Tolima, Cauca y Risaralda, principalmente. El porcentaje de impacto acumulado para las dos categorías mencionadas, alto y muy alto, estarían por el orden del 71% del total del área (869.000 ha, aprox.) censada por la Federación de Cafeteros de Colombia en café de las variedades: Caturra (75%), Típica (63%) y Colombia (71%). La mayor superficie que podría estar comprometida con impactos potenciales muy altos se tendría en la variedad Colombia (10%).
- Los cultivos anuales o transitorios ubicados en diferentes partes de los departamentos de Antioquia, Tolima, Boyacá, Córdoba, Cundinamarca y Santander, podrían resultar con muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040.
- En el periodo 2011 a 2040, el país podría verse comprometido con impactos potenciales alto y muy alto, en más del 50% de la superficie dedicada a las pasturas.
- Las mayores áreas de minifundios campesinos que podrían llegar a tener muy alto impacto potencial por reducciones de la precipitación, estarían en parte de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Bolívar, Nariño y Santander. Al agrupar las superficies que podrían recibir alto y muy alto impacto por reducciones de la lluvia en el periodo 2011 a 2040, se tendría alrededor de un 47% del total de las áreas de economía campesina del país.

#### Bosques

- Considerando el alto y muy alto impacto potencial a inicios del periodo (2011 a 2040) por reducción de la precipitación que se tendría sobre los bosques de Boyacá, Valle del Cauca, Bolívar, Magdalena y Antioquia, junto con la vegetación secundaria, arbustales y herbazales ubicados en los departamentos de Tolima, Cauca, Nariño, Valle del Cauca, La Guajira, Antioquia, Huila y Cesar, los cuales, además de las exigentes condiciones climáticas y las presiones antrópicas a las que actualmente están sometidos (agricultura, ganadería, proyectos mineros y de infraestructura), se requiere de manera prioritaria, el desarrollo e implementación de medidas de manejo acordes para salvaguardar dichas coberturas en ecosistemas que revisten condiciones ambientales especiales. Tales condiciones propias de climas semiáridos, áridos y desérticos, podrían (según los modelos) ampliarse y volverse más rigurosas y extremas. Dichas áreas requerirán, además, del monitoreo y evaluación periódica y urgente para valorar efectivamente los planes de restauración que se adelanten en dichas coberturas, dada la evolución que se prevé desde el periodo 2011 a 2040.

#### Cuerpos de agua

- Para el periodo 2011 a 2040 se tiene que alrededor del 80% de los cuerpos de las aguas continentales naturales (ríos, lagunas, lagos y zonas inundadas) muestran muy alta y alta vulnerabilidad en los departamentos de Bolívar, Magdalena, Cesar, Santander, Amazonas, Antioquia y Tolima, además de Chocó, Vichada, Casanare, Arauca y Meta; respecto a la hidrofita continental (ecosistemas acuáticos en la parte emergida o con cinturones de vegetación acuática) alrededor del 50% se encuentra en muy alta y alta vulnerabilidad. Se destaca la condición, interdependencia e impactos colaterales de los ecosistemas por los bienes y servicios ambientales de los cuerpos de agua.
- Adicionalmente, si se tiene en cuenta la limitada capacidad de adaptación de los humedales, se considera que estos cuerpos de agua se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables al cambio climático. Un pequeño aumento de la variabilidad de los regímenes de precipitación puede afectar de manera importante a la flora y fauna de los humedales (Keddy, 2000; Burkett and Kusler, 2000; citados por IPCC, 2008c).



- Tales referentes se ven corroborados con el impacto muy alto del rendimiento hídrico que se esperaría para finales de siglo en lagunas partes de los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Huila, Tolima, Cundinamarca, Caldas, Antioquia, Bolívar y Magdalena, además de los litorales marinos en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Atlántico, principalmente.

#### Ecosistemas secos

- Si se tiene en cuenta que alrededor de 16% el territorio nacional tenderá a ser más cálido y seco hacia finales de siglo y que parte de los territorios clasificados (1971 - 2000) como superhúmedo (13%) y húmedo (59%) se reducirán, 5% y 4%, respectivamente en los inicios del siglo para dar paso a climas semihúmedos, semiáridos y áridos (6%, 2% y 1%, respectivamente), se considera necesario implementar las acciones expuestas en el capítulo de adaptación, especialmente en los sistemas de manejo sostenible, asociados con la pérdida de suelo, optimización de la regulación y distribución hídrica, y su estrecha relación con los procesos de deterioro del medio natural y la pobreza.
- Hacia finales de siglo (2071 a 2100) se presentaría un incremento de las áreas semihúmedas (11%) del territorio nacional, junto con aumento de las áreas semiáridas (2%) y áridas (3%), a costa de las áreas clasificadas como húmedas (10%) y superhúmedas (6%)
- La evaluación de los procesos de desertificación y los efectos que se esperarían, más allá de la liberación a la atmósfera de una importante fracción de carbono del suelo, resultan prioritarios en el sentido de mejorar el conocimiento en la vulnerabilidad y riesgos relacionados con la pérdida de servicios ambientales que los ecosistemas secos proveen a la sociedad, incluyendo los diferentes sectores respecto al desbalance que se tendría por la aplicación de manejos o medidas de adaptación poco eficientes. Se debe tener en cuenta que la desertificación se puede incrementar tanto por los valores extremos de la precipitación y temperatura dentro de la variabilidad climática como por los efectos derivados del cambio climático, por lo que es necesario controlar y monitorear principalmente la pérdida de suelo, de vegetación y alteración de los regímenes de escorrentía.
- Al revisar los mayores cambios en superficie de la clasificación climática de Lang por departamentos, hacia climas más secos, se pueden identificar que los departamentos de Magdalena y Cesar pasarían de tener climas semiáridos y semihúmedos (principalmente) a tener condiciones áridas y semiáridas, respectivamente.
- En los departamentos de Bolívar, Tolima, Cundinamarca, Huila y Valle del Cauca, se podrían esperar cambios más drásticos, puesto que se cambiaría de climas húmedos y superhúmedos (principalmente) a climas semihúmedos, semiáridos y áridos. Además, el rango de variación es mucho más amplio del que se esperaría para el periodo 2011 a 2040.
- En el escenario que se espera que presente una variación adversa para la productividad, los ecosistemas y la población más vulnerable, es necesario identificar los agentes tensionantes que agravarían el problema que se avecina, al agregar factores de disturbio ocasionados por proyectos que alteran los regímenes hídricos de las fuentes superficiales y subterráneas, bien sea por las actividades mineras, cambios de cobertura y uso de las tierras. En resumen, sería una mezcla de difícil manejo si se piensa en que las condiciones ambientales irían a ser más exigentes que las actuales.

#### Zonas costeras e insulares

- Para la zona insular de San Andrés y Providencia, los escenarios llamados muchas veces “pesimistas” muestran reducciones cercanas al: -6,7%; -7,0% y -10,0% para los tres períodos de referencia de clima futuro que se estudiaron (2011-2040; 2041-2070 y 2071-2100, respectivamente).
- Al considerar el ascenso del nivel del mar en un metro se presentaría una vulnerabilidad muy alta en las condiciones de salud y capacidad de adaptación autónoma de los ecosistemas coralinos, de manglar y de playas y playones. Con tal estimación en las costas colombianas se tendría la inundación permanente de 4.900 km<sup>2</sup> de costas baja y el anegamiento de 5.100 km<sup>2</sup>.
- De presentarse para el año 2100, un ascenso del nivel del mar en un metro, la población que se vería afectada estaría por el orden de 1,4 a 1,7 millones de habitantes, equivalentes entre 2 y 3% de la población nacional en ese mismo año; de estos porcentajes, 80% corresponde al Caribe y 20% al Pacífico.
- Aproximadamente 55% de la población del litoral Caribe estará expuesta a los efectos directos de la inundación marina. De la población afectada, aproximadamente 90% se encuentra localizada en las cabeceras municipales, en tanto que la restante se distribuye en forma dispersa en las áreas rurales. Los centros urbanos que más población presentan en las zonas de amenaza corresponden a Cartagena, San Juan de Urabá, Turbo, Ponedera y Puerto Colombia, al igual que el área rural de Cartagena.
- En el litoral Pacífico, alrededor de 41% de la población sería afectada por la inundación marina debida al ascenso del nivel del mar. De dicha población afectada, aproximadamente 36% se encuentra localizada en



cabeceras municipales, en tanto que la población restante se distribuye en forma dispersa en el sector rural. Las cabeceras municipales de Tumaco, El Charco, Nuquí, Juradó, Santa Bárbara y Olaya Herrera son las que más población urbana concentran en las zonas con alguna posibilidad de inundación.

- Con el ascenso del nivel del mar en un metro, se podría causar una inundación mayor del 10% en la isla de San Andrés, representado en áreas de marismas, cordones litorales, rellenos artificiales y algunas terrazas coralinas bajas cubiertas por mangle. En estas áreas se verían afectadas zonas urbanas de uso residencial y comercial, así como el puerto de la isla. En las islas de Providencia y Santa Catalina, el área expuesta a la inundación representa 3,8% del área de las islas, donde se incluyen sectores actualmente ocupados por zonas residenciales, comerciales y públicas, entre las cuales se encuentra el puerto de Providencia. También se verían afectadas las zonas de interés turístico de las bahías de Manzanillo, Suroeste y Agua dulce, donde podría presentarse el retroceso de los cordones de playa y la inundación de las marismas.
- Las zonas costeras e insulares de Colombia que se clasificaron como críticas fueron: Cartagena de Indias, Barranquilla y Santa Marta para el Caribe, y Tumaco y Buenaventura para el Pacífico. De lo anterior, Cartagena y Tumaco son las que mayores índices de vulnerabilidad presentan para el Caribe y el Pacífico respectivamente.

#### Áreas con infraestructura para generación hidroeléctrica

- Se destaca el alto (37%) y muy alto impacto (6%) que se podría llegar a tener en la capacidad de generación hidroeléctrica (efectiva neta para el periodo 2011 a 2040) en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Huila y Nariño, lo cual de manera relativa, alcanzaría alrededor del 43% sobre el total existente.
- De la capacidad proyectada (energía media), la cual refleja en parte la mayor capacidad de generación que se podría tener al futuro (nuevos proyectos), se destacan los departamentos de Antioquia (10%), Santander (9%), Tolima (6%), Huila (5%) y Cundinamarca (5%), con alto y muy alto impacto potencial para el periodo 2011 a 2040. Tal identificación se debe tomar de forma relativa con respecto a los proyectos ubicados en otros departamentos.
- Al acumular los impactos, alto y muy alto, en la capacidad de generación que se podrían presentar en la totalidad de los proyectos para el futuro, se encuentra una cifra similar (43%) a la encontrada en los proyectos que actualmente se encuentran en operación, para el periodo 2011 a 2040.

## BIBLIOGRAFÍA

- Academia colombiana de ciencias. (1995). Memorias del Seminario taller sobre alta montaña colombiana. Bogotá. p. 13 –15 de octubre de 1993.
- Aerts, J. & Droogers, P. (2004). Climate change in contrasting river basins. Adaptation strategies for water, food and environment. CAB International. Oxfordshire, UK: Autores. p. 264.
- Aleman, C. (1986). Diccionario de meteorología. (Autor. Ed.) Madrid: Alhambra.
- Amstrong, R. *et al.*, (2002). State of the Cryosphere. The National Snow & Ice Data Center. Disponible en: < <http://nsidc.org/sotc/intro.html>> .
- Andrade, G *et al.* (2005). Gestión adaptativa de ecosistemas de alta montaña tropical ante el cambio climático. Formulación de objetivos para el macizo Las hermosas, Colombia. Primera Conferencia Cambio Climático, Bogotá.
- Argentina. (2004). Segunda Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Buenos Aires: Autor. p. 210.
- Barón-Leguizamón, A. (2002). Modelos geoespaciales de la distribución de variables climatológicas en el territorio colombiano. Tesis de maestría en meteorología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Blanco, J. (2006). Impacto del aumento del nivel del mar sobre las pesquerías de Cartagena (Caribe colombiano) y Tumaco (Pacífico colombiano). Documento interno de trabajo en el marco del proyecto: Adaptación costera al ascenso del nivel del mar. Construyendo capacidad en dos puntos vulnerables de la zona costera colombiana. Santa Marta: Invemar. p. 16.
- Bolivia. Consejo Interinstitucional del Cambio Climático. Primera comunicación nacional de Bolivia, La Paz.
- Bonilla O. (2005). Batimetría complejo de lagunas del valle del lagunillas. Parque nacional natural El Cocuy. Proyecto "Plan de recursos hídricos del valle de lagunillas en el PNN El Cocuy para los municipios de Güicán, el Cocuy y Panqueba. Bogotá: Autor.
- Brander, K. (2009). Impacts of climate change on fisheries, *Journal of Marine Systems*, doi: 10.1016/j.jmarsys.2008.12.015
- Carrillo, H. (2008). Informe final del estudio de desertificación en Colombia. Documento interno del Ideam sin publicar. Bogotá: Ideam. p. 125.
- Cavelier, J. & Vargas, G. (2002). Procesos hidrológicos. En: Ecología y conservación de bosques neotropicales. Capítulo 7. Guariguata, M. & Kattan, G. [Eds.] Libro universitario regional - Asociación de editoriales universitarias de América Latina y el Caribe-. Cartago, Costa Rica: EULAC-GTZ. p. 692.
- Chile's First National Communication to the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (FCCC). (1999). Santiago, Chile.
- China. (2004). The People's Republic of China Initial National Communication on Climate Change. Beijing, 2004.
- Chinn, T.J. (1996). New Zealand glacier responses to climate change of the past century. *New Zealand J. Geology & Geophysics*, 39, 415-28.
- Chow, Ven T., Maidment, D & Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. Bogotá: McGraw-Hill. p. 584.

- Clark, D. (2002). Los factores edáficos y la distribución de las plantas. En: *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cap. 9. Guariguata, M. & Kattan, G. [Eds.] Libro universitario regional - Asociación de editoriales universitarias de América Latina y el Caribe-. Cartago, Costa Rica: EULAC-GTZ. p. 692.
- Climate and ENSO variability associated with vector-borne diseases in Colombia. Poveda, G., Nicholas E. Gram, Epstein, P., Rojas, W., Quiñónez, M., Vélez, I., Willem J. M. Martens.
- COAPS. (2006). A comprehensive bibliography on the El Niño phenomena. (F. S. University. Ed.) Recuperado en diciembre de 2006, de <http://www.coaps.fsu.edu/lib/biblio/enso-bib-intro.html>
- Colombia. Biblioteca Nacional. (s.f.). *Acuarelas de la comisión corográfica*. Bogotá.
- Conam-Senamhi. (2005). Escenarios climáticos futuros y disponibilidad del recurso hídrico en la cuenca del Río Santa. Perú. *Memorias del proyecto "El cambio climático en el desarrollo sostenible del Perú*.
- Contraloría General de la República de Colombia. (2008). Boletín de prensa 21 de julio de 2008: "En Quetame, anuncia el Contralor General: La CGR hará seguimiento sobre acciones de Prevención y desastres". Recuperado el 01/08/2008, de [http://www.contraloriagen.gov.co/html/contralor/contralor\\_inicio.asp](http://www.contraloriagen.gov.co/html/contralor/contralor_inicio.asp).
- Constanza, R. (1994). La economía ecológica de la sostenibilidad. Inversión en capital natural. En: *Desarrollo económico sostenible. Avances sobre el informe Brundtland*. Bogotá: Tercer Mundo Editores – Ediciones Uniandes. p. 153 a 169.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (2003). *Caracterización hidrogeológica de la zona norte del departamento de Boyacá*. Tunja, Boyacá: Autor.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas [Corpocaldas] y Aguas de Manizales, 1999. *Plan de ordenamiento ambiental del territorio de la cuenca del río Chinchiná. Síntesis del diagnóstico*. Manizales, Caldas: Autores. p. 105.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas [Corpocaldas]. (1998). *Infraestructura social y de servicios de la cuenca del río Chinchiná, Manizales, Caldas*: Autor.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas [Corpocaldas]. (1998). *Zonificación socioeconómica de la cuenca hidrográfica del río Chinchiná*. Manizales, Caldas: Autor.
- Corporación Autónoma Regional de Caldas [Corpocaldas]. (2004). *Información diaria de caudal para la estación Río Claro, periodo 2003 – 2004*. Manizales, Caldas: Autores.
- Cortés, A. & Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 360.
- Cred (2009). Centro para la investigación sobre la epidemiología de desastres. Nota recuperada en mayo de 2010 de: [http://www.eird.org/newsroom/CRED\\_Disaster\\_Figures\\_090122.pdf](http://www.eird.org/newsroom/CRED_Disaster_Figures_090122.pdf)
- Delgado, H. (1999). *Estudio de los glaciares mexicanos: Herramientas para evaluar el impacto climático del fenómeno El Niño*. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México. Documento digital recuperado de <[http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/simposium\\_fenomeno\\_del\\_nino/archivos/HTM/DelgadoGranados.htm](http://www.conacyt.mx/daic/proyectos/congresos/simposium_fenomeno_del_nino/archivos/HTM/DelgadoGranados.htm)>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Colombia [Dane]. (2007). *Colombia: Una Nación multicultural*. (Dane. Ed.) Bogotá. Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación, Colombia [DNP]. (2005). *Metodología para la medición y análisis del desempeño municipal*. Bogotá: DNP, CAF & PNUD. p. 78. Recuperado en enero 2010, de [http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDTS\\_Gestion\\_Publica\\_Territorial/1aMetod\\_desem\\_mpal.pdf](http://www.dnp.gov.co/archivos/documentos/DDTS_Gestion_Publica_Territorial/1aMetod_desem_mpal.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación, Colombia [DNP]. (2006). *Misión para el diseño de una estrategia para la reducción de la pobreza y la desigualdad*. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá: Autor.
- Departamento Nacional de Planeación, Colombia [DNP]. (2008). *Diseño del índice Sisben III en su tercera versión*. Dirección de Desarrollo Social, Grupo de Calidad de Vida. Documento elaborado por: Carmen Alicia Flórez (Uniandes), Francisco Espinosa (DNP) y Lina María Sánchez (DNP). Coordinador: Roberto Angulo S. Bogotá: DNP. p. 35.
- Díaz, J. M. y Acero, A. (2003). *Marine biodiversity in Colombia: achievements, status of knowledge and challenges*. En: *Invemar. 2007. Informe del Estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2007*. Serie de Publicaciones Periódicas No. 9. En prensa. Santa Marta.
- DNP. (2010). *Información digital suministrada por la Dirección de Desarrollo Social, Grupo de Calidad de Vida, el 18/02/2010 de índice Sisben III para los municipios del territorio colombiano*. Bogotá: DNP. p. 87.

- Donahue, R, Miller, R. & Shickluna, J. (1981). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Cali: Dossat & Prentice/Hall International. p. 624.
- Dorado, J. & Pabón J. (2008). Análisis de la variabilidad intraestacional (VIS) de la precipitación en el norte de Sur América y el Caribe. [Autores. Ed.] Bogotá. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Emanuel, K. (1999). The power of a hurricane: An example of reckless driving on the information superhighway. *Weather* 54. p. 107-108.
- Euscátegui, C. (2002). Estado de los glaciares en Colombia y análisis de la dinámica glaciar en el Parque Los Nevados, asociada con el cambio climático global. Tesis de maestría, Universidad Nacional. Bogotá: Ideam.
- Environmental Health Perspectives (2001). 109, Number 5. Coupling between Annual and ENSO. Time scales in the Malaria, Climate Association in Colombia. Poveda, G., Rojas, W., Quiñónez, M., Iván D. Vélez, I., Mantilla, R., Ruiz, D., Juan S. Zuluaga, J. & Rua, G.
- Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile; Centro de Ciencias de la Atmósfera Universidad Autónoma de México [UNAM]; Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global [IAI]; National Science Foundation [NSF]; Núcleo de Meio Ambiente Universidad e Federal do Pará Brasil [UFPA]. (2008). Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático. Aldunce, P., Neri, C. y Szlafsztein, C. [Eds.]. Belém: NUMA-UFPA. p. 105.
- Favre, A. (1922). La subsidencia de la cuenca del Cocuy durante el Cretáceo y el Terciario inferior. En: *Igac*, 1992. Los nevados de Colombia: glaciares y glaciaciones. Análisis geográficos No. 22, Bogotá: Igac. 1983. p. 95.
- Flórez, A. (1992). Los nevados de Colombia: glaciares y glaciaciones. En: Análisis geográficos No. 22. Bogotá: IGAC, 1992. p. 95.
- Francou, B. & Sémiond, H. (1996). Estado de la Red de monitoreo existente e impactos de los eventos ENSO sobre el balance de masa de los glaciares en Bolivia y en el Perú. En *Memorias del Congreso: montañas, glaciares y cambios climáticos*. Ecuador: Autores.
- Fraume R. M. (2000). Evaluación de los impactos socioculturales de los sistemas de producción en la cuenca superior del río Chinchiná, Corpocaldas contrato 287-99. Manizales. p. 79.
- Goldstein, Meinzer & Andrade, J. (2002). El flujo de agua en los árboles del dosel: Mecanismos y patrones. En: *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cap. 11. Guariguata, M. & Kattan, G. [Eds.] Libro universitario regional - Asociación de editoriales universitarias de América Latina y el Caribe -. Cartago, Costa Rica: EULAC-GTZ. p. 692.
- González, C., Pacheco, P. & Tafur, H. (1999). Evaluación de diferentes distribuciones de probabilidad para ajustar la curva de IDF de las lluvias a la Sabana de Bogotá. En K. y Müller-Sämann [Ed.]. *Conservación de suelos y aguas en la zona Andina* (págs. 29-40). Cali: CIAT.
- González, E., Hammen van der, T. & Flint, R. (1965). Late Quaternary glacial and vegetational sequence in Valle de Lagunillas, sierra de El Cocuy, Colombia. *Leidse Geol. Meded.*, 32: p. 157 – 182.
- Gutiérrez, H. J. (2001). Aproximación a un modelo para la evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible cambio climático utilizando SIG. *Vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia*. Maestría en medio ambiente y desarrollo. Instituto de estudios ambientales (IDEA), Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Gutiérrez-Zapata P. (2007). Hacia el entendimiento de las señales de cambio climático o variabilidad climática en la oferta hídrica superficial de cuencas hidrográficas en zonas de alta montaña. Estudio de caso: Río Claro, Parque Nacional Natural Los Nevados. Escuela de Ingeniería de Antioquia.
- Haerberli, W. (2005). Monitoring changes of high-altitude glaciers as a key element of global climate-related observing systems. Presentación para la I Conferencia internacional de cambio climático, impacto sobre los ecosistemas de alta montaña. Bogota: Autor.
- Herd, D. (1982). Glacial and volcanic geology of the Ruiz-Tolima volcanic complex Cordillera Central, Colombia. *Public geol. esp.* 8 Bogotá. 1982.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2007). Atlas climatológico de Colombia. Primera y segunda parte. Documento digital. Recuperado en enero de 2010, de: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo =user&IFuncion =viewPublicacion&id=55>



- Ideam y Ministerio de Ambiente de Colombia. (2002). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición HotSpot & Global Climatic Tensor. [Castaño, C. Ed.] Bogotá: Ideam - PNUD.
- Ideam, Igac, IAvH, Invemar, Sinchi & IIAP. (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]; Instituto Geográfico Agustín Codazzi [Igac]; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [IAvH]; Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [Invemar]; Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas [Sinchi]; e Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann [IIAP]. [Ed.] Bogotá: Autores. P. 276 y 37 hojas cartográficas.
- Ideam-Bedoya-S, J. M. (2010). Informe de avance sobre la vulnerabilidad del recurso hídrico en Colombia ante el cambio climático. Documento interno sin publicar. Bogotá: Ideam, p. 13.
- Ideam-Benavides, H., Mayorga, R. & Hurtado, G. (2007). Análisis de índices de extremos climáticos para Colombia usando el *Rclimdex*. Documento digital. Nota técnica del Ideam-meteo/007-2007. Bogotá: Ideam. p. 28.
- Ideam-Carrillo, H. (2008). Informe final del estudio de desertificación en Colombia. Documento interno del Ideam sin publicar. Bogotá: Ideam. p. 125.
- Ideam-Ceballos, J., Real, E. y Meneses, F. C. (2010). Informe de actividades glaciológicas: Volcán Nevado Santa Isabel - Sierra Nevada del Cocuy. 2008-2009 informe interno del Ideam sin publicar. Bogotá: Ideam. p. 109.
- Ideam-Corrales, J., Martínez, N. & Sánchez, V. (2008). Evaluación nacional de la dinámica y susceptibilidad de los procesos de remoción en masa de origen hidrometeorológico. Ideam (Ed.) Bogotá: Ideam. p. 300.
- Ideam-Dorado, J. (2008). Circunstancias nacionales, componente de eventos climáticos extremos. Informe final interno del Ideam sin publicar. Bogotá: Ideam. p. 98.
- Ideam – Martínez, N., Jaramillo, O y Chaparro, J. (2007). Geomorfología y amenazas naturales asociadas al ascenso del nivel del mar en las islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Bogotá: Ideam 60 páginas y mapas.
- Ideam-Pava, J. (2009). Informe interno para el Ideam sin publicar.
- Ideam-Lamprea-O, P. S. (2010). Metodología para generar estudios que tengan como referencia los resultados de las emisiones de GEI para analizar la vulnerabilidad y los impactos en los sectores productivos con enfoque ambiental. Documento interno sin publicar dentro del proceso de análisis. Ideam. Bogotá: Ideam. p. 30.
- Ideam-Moreno, G. (2009). Vulnerabilidad y estrategias de adaptación para la agricultura en Colombia. Documento interno sin publicar en formato digital, como aportes a la SCN. Subdirección de Estudios Ambientales del Ideam. Bogotá: Ideam. p. 21.
- Ideam-Ruiz, F. (2009). Evaluación de las tendencias actuales y los escenarios futuros de cambio climático. Documento interno del Ideam, sin publicar. Bogotá: Ideam. p. 7.
- Ideam-Ruiz, F. (2010). Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución. Panorama 2011 – 2100. Nota técnica 005/2010 del Ideam. Bogotá: Ideam. p. 60.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería [Ingeominas] – Corporación Autónoma Regional de Risaralda [Carder]. (1994). Mapa preliminar de amenaza volcánica potencial, complejo de domos Santa Isabel, cordillera Central de Colombia. Revista Ingeominas, 3.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería [Ingeominas] (1983). Mapa geológico de la plancha 137, Güicán. Escala 1: 100.000.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería [Ingeominas] (1998). Mapa geológico de la plancha 225, Nevado del Ruiz. Escala 1: 100.000.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería [Ingeominas]. (1985). Mapa geológico de la plancha 153, Cocuy. Escala 1: 100.000.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]; Conservación Internacional [CI] & Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. (2008). Informe final contrato Conservación internacional-Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Fac. de Ciencias Humanas, Depto. de geografía. Objeto: Elaboración de escenarios de cambio climático para la segunda mitad del siglo XXI en diferentes regiones del territorio colombiano y de un informe de evaluación del cambio climático en Colombia que incluya entre otros, las tendencias actuales y futuras y sus posibles impactos del cambio climático en los sectores socioeconómicos y regiones del país. Documento digital de octubre de 2008. Bogotá: Autores. p. 16.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] & Universidad Nacional de Colombia. (1997). Geosistemas de la Alta Montaña. Inédito. Bogotá: Autores.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2010). Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. Antonio Flórez [Ed.] Bogotá: Ideam. p. 300.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (1997). Informe técnico de la comisión efectuado a la Sierra Nevada de El Cocuy, sin publicar. Bogotá: Autor.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2001). Base de datos de brillo solar, humedad relativa, precipitación, temperaturas máximas y mínimas y número de días con precipitación. Bogotá: Autor.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam] (2006). Concepto técnico sobre la deglaciación de la Sierra Nevada de El Cocuy, sin publicar. Bogotá: Autor. 2006. p. 28.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt [IAvH], Instituto amazónico de investigaciones científicas [Sinchi], Instituto de investigaciones marinas y costeras José Benito Vives de Andrés [Invemar], Instituto de investigaciones ambientales del Pacífico [IIAP], Unidad administrativa especial del Sistema de Parques Nacionales [UAESPNN], Instituto geográfico Agustín Codazzi [Igac], Asociación de Corporaciones autónomas regionales, de desarrollo sostenible y autoridades ambientales de grandes centros urbanos [Ascoars]. (2004). Informe Anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables de Colombia. [Buitrago, C. & Costa, C. Ed.]. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá: Autores. p. 256.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2005). Informe técnico de la comisión efectuado a la Sierra Nevada del Cocuy. Documento sin publicar. Bogotá. Ideam. p. 22.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (2004). Informe técnico de la evolución del volcán Nevado Santa Isabel. Documento sin publicar. Bogotá: Ideam. p. 15.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT]. (2001). Primera comunicación nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ideam, MAVDT y PNUD. Bogotá: Autores. p. 307.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, José Benito Vives De Andrés. [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 insular y Pacífico) y medidas para su adaptación, En: Programa para investigación marina y costera - GEZ, Vides, M. P. [Ed]. Santa Marta, Colombia: Invemar. VII Tomos, Resumen Ejecutivo y CD del Atlas digital.
- Instituto geográfico Agustín Codazzi, Colombia [IGAC]. (1993). Pérdidas en las masas de hielo en el nevado del Ruiz, causadas por procesos climáticos y eruptivos durante los últimos 50 años.
- Instituto geográfico Agustín Codazzi, Colombia [IGAC]. (1994). Proyecto caracterización de los glaciares colombianos, informes finales. Bogotá: Autor.
- Instituto geográfico Agustín Codazzi, Colombia [IGAC]. (2003). Atlas de Colombia. Instituto Geográfico Codazzi, [Ed.] Bogotá: IGAC.
- Instituto nacional de recursos naturales, Bolivia [Inrena]. (2005). Archivo fotográfico. Presentación para el IV Taller del grupo de nieves y hielos andinos. PHI-LAC-Unesco. La Paz (Bolivia).
- Invemar. (2005). Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia: Año 2005. Serie de publicaciones periódicas/Invemar; No. 8 Santa Marta. P. 360.
- Invemar. (2007). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2007. Serie de Publicaciones Periódicas No. 8. Santa Marta: Invemar. p. 380.
- IPCC. (1991). The Seven Steps to the Assessment of the Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise. A Common methodology. Advisory Group on Assessing Vulnerability to Sea Level Rise and Coastal Zone Management.
- IPCC. (2001). Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Chapter 7. Human Settlements, Energy, and Industry.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007. Resumen para responsables de políticas. Base de ciencia física. Contribución del Grupo I de trabajo al cuarto informe de evaluación del IPCC. [Solomón, S.; Qin, D.; Manning, M.;

- Enhen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.; Tignor, M. & Miller, H. Ed.] Cambridge, New York, Reino Unido - USA: IPCC. p. 152.
- IPCC. (2007a). Resumen para responsables de políticas. Cambio climático 2007: Impactos y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Parry, M. L., Canzani, O.F., Palutikof, J.P., Linden, van der P. J. & Hanson, C.E. [Eds.]. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press. p. 114.
- IPCC. (2007b). Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina.
- IPCC. (2008c). Bates, B. C.; Kundzewicz, Z. W.; Wu, S. y Palutikof, J. P. [Eds.]. El cambio climático y el agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Unidad Técnica de Apoyo al Grupo de Trabajo II, Secretaría del IPCC, Ginebra, Suiza: IPCC. 224 p. Recuperado en abril de 2010, de: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>
- Isoard, Grothmann & Zebisch (2008). In: EEA Report No. 4/2008. Impacts of Europe's changing climate (2008 indicator) based assesment. Citado por: Climate change vulnerability and adaptation indicators. p. 31. Recuperado en noviembre de 2009, de [http://air-climate.eionet.europa.eu/docs/ETCACC\\_TP\\_2008\\_9\\_CCvuln\\_adapt\\_indicators.pdf](http://air-climate.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2008_9_CCvuln_adapt_indicators.pdf)
- Kraus, E. & Hammen van der, T. (1960). Las expediciones de glaciología del A.G.I. a las sierras nevadas de Santa Marta y del Cocuy. Bogotá: IGAC. 1960
- Laubier, L. (2001). Climatic changes and trends in marine invertebrates: a need for relevant observing networks and experimental ecophysiology. *Atti Associazione Italiana Oceanologia e Limnologia* 14, p. 15– 24.
- Lim, B., Spanger, E., Burton, I., Malone, I., & Hug, S. (2005). Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo, estrategias, políticas y medidas. Edición en español. Nueva York: Pnud. p. 274.
- Linacre, E. & Geerts, B. (1999). Shrinking glaciers worldwide. University of Wyoming. <http://www-das.uwyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap10/nzglacier.html>. 1999.
- Linder, W. (1991). Pérdida en las masas de hielo en el volcán nevado Santa Isabel. En: *Revista Cartográfica IPGH*. No. 59. p 105-134. México.
- Llinás, A, y Meneses. I. (2004), El retroceso en el nevado Santa Isabel y su incidencia hídrica para Pereira. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Madden R. & Julian. (1994). Observations of the 40-50-day tropical oscillation a review. *Weather Rev.* 122 (5). p. 814-837.
- Malaria Journal (2006), 5:66. Modelling entomological-climatic interactions of Plasmodium falciparum malaria transmission in two Colombian endemic-regions: contributions to a National Malaria Early Warning System. Ruíz, D., Poveda, G., Vélez, I., Quiñónez, M., Rúa, G., Velásquez, L., & Zuluaga, J.
- Marín G. J. (2008). Cuantificación de la población ubicada en las zonas de alta montaña (Nevado Cocuy) definidas para el proyecto, identificación de uso del suelo, análisis del recurso hídrico en términos de uso, abastecimiento, calidad y disponibilidad, y análisis de la vulnerabilidad de la población frente a la disponibilidad del recurso agua. Informe final Ideam – PNUD – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: UN-Ideam-PNUD. p. 95.
- MAVDT-Millán, J. (2005). Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. [MAVDT y DNP, Ed]. Bogotá: MAVDT. p. 105.
- Mclean, R. F., Tsyban, A.; Burket, V; Codignotto, J. O.; Forbes, D. L.; Mimura, N.; Beamish R. J. and Ittekkot, V. (2001). Coastal Zones and Marine Ecosystems. Chapter 6, in: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. 2001. Cambridge University Press: Cambridge UK.
- Melief, A. (1985). Late quaternary paleoecology of the Parque Nacional Natural los Nevados, and Sumapaz. Thesis, Univ. Amsterdam. p. 162.
- Mesa, O. (2007). ¿A dónde va a caer este globo? Acerca del futuro de la Tierra. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín, Colombia: Universidad Nacional, Universidad Pontificia Bolivariana & Universidad de Antioquia. p. 328.
- Millán, J. (2005). Guía ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. [MAVDT y DNP, Ed]. Bogotá: MAVDT. p. 105.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Fedepapa. (2004). Guía ambiental para el cultivo de la papa.

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], Colombia. (2005). Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial. Guía metodológica 1: Incorporación de la prevención de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial. Bogotá: MAVDT. p. 102. Recuperado en abril de 2010 de: <http://www.sigpad.gov.co/archivos/documentos/GUIAS%20METODOLÓGICAS/prevencion%20y%20reduccion%20de%20riesgos%2015-23.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. [MMA]. (2001). Política nacional ambiental para el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares de Colombia. Panamericana Formas e Impresos S.A. Bogotá: MMA. p. 95.
- Mosley-Thompson, E. (1997). Latest evidence of global warming presented to American Assoc. of Geographers. Statement from Byrd Polar Research Center, Ohio State University.
- Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) Cali, Colombia: Autor.
- Occhipinti, A. (2007). Global change and marine communities: Alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin*: 55 p. 342–352.
- OMM. (2009) Tercera conferencia mundial sobre el clima. Información sobre el clima. Un instrumento para reducir los riesgos de desastres. Documento recuperado en mayo de 2010 de: [http://www.wmo.ch/wcc3/documents/WCC3\\_factsheet1\\_disaster\\_ES.pdf](http://www.wmo.ch/wcc3/documents/WCC3_factsheet1_disaster_ES.pdf)
- Ochoa, A. & Poveda, G. (2009). Distribución espacial de señales de cambio climático en Colombia. Documento digital del Poster 508: XIII Congreso Latinoamericano e Ibérico de meteorología (Climet XIII) y X Congreso Argentino de meteorología (Congremet X). Área: Variabilidad climática y cambio climático. p. 5-9 octubre de 2009, Buenos Aires. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín: Autores.
- Padmanbha, H. - Instituto Nacional de Salud de Colombia (2008). Informe anual componente dengue proyecto INAP.
- Pielke, R. & Landsea, W. Normalized Atlantic hurricane damage 1925-1995. [W. Forecasting. Ed.] 13. p. 621-631. 1998.
- Poveda, G. (2009). Calentamiento climático global: Causas, efectos y retos para Colombia y el mundo. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia y Colciencias. Medellín: Autor. p. 11.
- Poveda, G. (2009a). Cambio ambiental global en Colombia: Evidencias y retos. Presentación y documentos del taller INAP: 30 de julio de 2009. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia y Colciencias.
- Prieto, A. (2008). Cuantificación de la población ubicada en la cuenca alta del Río Claro (volcán nevado Santa Isabel), identificación de uso del suelo, análisis del recurso hídrico en términos de uso, abastecimiento, calidad y disponibilidad, y análisis de la vulnerabilidad de la población frente a la disponibilidad del recurso agua. Informe final Ideam–PNUD–Universidad Nacional. Bogotá. p. 130.
- Proyecto río Guatiquía. (1999). Bases para la ordenación y manejo ambiental de la microcuenca quebrada Honda. Proyecto de cooperación colombo-alemán. Villavicencio: GTZ-Municipio de Villavicencio. p. 128.
- Pulgarín, B.; Linder, W. & Jordan, E. (1996). Nevado del Huila: Cambio glaciar entre 1961 y 1995. VII Congreso Colombiano de Geología. Bogotá.
- Raasveldt, H. C. (1957). Las glaciaciones de la sierra Nevada de Santa Marta. *Rev. Academia Colombiana Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. 9: p. 469 – 482.
- Red Latinoamericana de estudios sociales en prevención de desastres [La Red]. (s.f.). DesInventar es un producto de Software diseñado y desarrollado por investigadores de la Red Latinoamericana de Estudios Sociales en Prevención de Desastres. La coordinación general del proyecto está a cargo del Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO), en la Universidad del Valle del Cauca, Colombia. Recuperado en diciembre de 2009, de <http://la-red.org/products/promap/DesInven.htm>
- República de Nepal. (2004). Initial National Communication to the Conference of the Parties of the United Nations Framework Convention on Climate Change Republic Nepal. July, 2004.
- República de Pakistán. (2003). Pakistan's Initial National Communication on Climate Change. Government of Islamic Republic of Pakistan Ministry of Environment, November 2003, Islamabad-Pakistan.



- Romero, M.; Cabrera, E. & Ortiz, N. (2008). Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia: 2006-2007. [IAvH. Ed.] Bogotá. Colombia: IAvH.
- Sánchez, M. (2005). Introducción a la confiabilidad y evaluación de riesgos. Teoría y aplicaciones en la ingeniería. Universidad de los Andes. Depto. Ing. Civil. [Ed.] Universidad de Los Andes. Bogotá: Uniandes. p. 467.
- Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Ingeniería de suelos Ltda. [Ed.] Bucaramanga: Instituto de investigaciones sobre suelos y deslizamientos. p. 548.
- Transportation Research Board. (1996). Landslides. Investigation and mitigation. Special Report 247. Turner, K. & Schuster, R. [Ed.] Washington: National Academic Sciences. p. 673.
- UNFCCC. (2007). Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. UNFCCC Secretariat. Bonn, Germany, p. 68. Recuperado en noviembre de 2009 de: <<http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>>
- Universidad Nacional de Colombia-Pabón, J. D., & CI-Colombia. (s.f.). Informe de evaluación del cambio climático en Colombia. Documento digital elaborado en el marco del contrato firmado entre Conservación Internacional Colombia y la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Fac. Ciencias Humanas, Depto. de Geografía, para el proyecto INAP-Ideam. Bogotá: Ideam. p. 62.
- Vides M. P. [Ed.]. (2008). Sea level rise coastal adaptation. Technical Report NCAP Colombia Project. ETC Project Number 032135. Marine and Coastal Research Institute. Santa Marta, Colombia: Invemar. p. 290.
- Villota, H. (1991). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación de las tierras. Bogotá: Igac. p. 212.
- Zotz, G. & Andrade, J. (2002). La ecología y la fisiología de las epífitas y las hemiepífitas. En: Ecología y conservación de bosques neotropicales. Cap. 12. Guariguata, M. & Kattan, G. [Eds.] Libro universitario regional - Asociación de editoriales universitarias de América Latina y el Caribe -. Cartago, Costa Rica: EULAC-GTZ. p. 692.

# CAPÍTULO CINCO

## ADAPTACIÓN

---

**AUTORES**

**MAURICIO CABRERA LEAL**

**PATRICIA CUERVO C.**

**MARTHA DUARTE O.**

**JUANITA GONZÁLEZ L.**

**PEDRO SIMÓN LAMPREA QUIROGA**

**RICARDO J. LOZANO P.**



#### Colaboradores

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT),  
Andrea García, Andrea Albán, Lorena Santamaría, Zoraida Fajardo
- Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales (Uaesppn),  
Carolina Figueroa, Gisela Paredes Leguizamón
  - Conservación Internacional (CI) Ángela Andrade
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam),  
Claudia Álvarez, Carlos Gómez, Eduardo Ojeda, Javier Pava,  
Lina Lucía Sánchez, Klaus Schutze
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (Pnud), Piedad Martin M.
  - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR),  
Nestor Hernández, Juan A. Clavijo
  - Programa Conjunto (PC), Claudia Capera, Andrés González
    - Departamento Nacional de Planeación (DNP),  
Giampiero Renzoni, Ana María Loboguerrero.

#### Coordinación y supervisión

Mauricio Cabrera L.  
Martha Duarte O.  
María Margarita Gutiérrez A.  
Ricardo J. Lozano P.



## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	325
<b>5.1 MARCO GENERAL PARA EL DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN</b> ....	326
<b>5.2 LINEAMIENTOS PARA LA ADAPTACIÓN</b> .....	327
5.2.1 Fortalecer la gestión de la investigación y la transferencia del conocimiento .....	327
5.2.2 Fortalecer la gestión del riesgo .....	329
5.2.3 Mejorar el uso del territorio como estrategia para disminuir la vulnerabilidad .....	331
5.2.4 Reducción de los impactos ambientales, económicos y sociales .....	333
5.2.5 Mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables .....	335
5.2.6 Diseñar e implementar un arreglo institucional adecuado para la adaptación. ....	336
5.2.7 Valorar y proteger la base productiva a partir de los bienes y servicios de la biodiversidad .....	339
5.2.8 Fortalecer la gestión de cooperación y recursos para la adaptación .....	339
<b>5.3 ACTORES PRINCIPALES Y GESTIÓN PARA LA ADAPTACIÓN</b> .....	340
5.3.1 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) .....	340
5.3.2 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) .....	340
5.3.3 Departamento Nacional de Planeación (DNP) .....	340
5.3.4 Colciencias .....	341
5.3.5 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) .....	341
5.3.6 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras «José Benito Vives de Andrés» (Invemar) y CORALINA .	341
5.3.7 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) .....	341
5.3.8 Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) .....	342
5.3.9 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI) .....	342
5.3.10 Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) .....	342
5.3.11 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) .....	342
5.3.12 Universidad Nacional de Colombia .....	343
5.3.13 Cruz Roja Colombiana .....	343
5.3.14 Conservación Internacional (CI) .....	344
5.3.15 WWF .....	344
5.3.16 Instituto Nacional de Salud (INS) .....	344
5.3.17 Otras instituciones .....	344
<b>5.4 LOGROS DE PROYECTOS PILOTO DE ADAPTACIÓN EN EL PAÍS</b> .....	344
5.4.1 Vulnerabilidad de la zona costera por cambio en el nivel del mar (Proyecto Holandés) .....	344
5.4.2 Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Inap) .....	348
5.4.3 Programa Conjunto Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano .....	355
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	363



	Página
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	
Tabla 5.1 Ruta de transición para la adaptación: Agua y Comida Segura en un Territorio Saludable .....	361
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	
Figura 5.1 Instituciones y componentes del proyecto Inap .....	349
Figura 5.2 Líneas estratégicas de adaptación .....	351
Figura 5.3 Modelos de planificación del uso de la tierra .....	352
Figura 5.4 Propuestas para la formulación y/o desarrollo de políticas .....	357
Figura 5.5 Ámbitos que enmarcan las acciones de adaptación .....	360
<b>CONTENIDO DE CUADROS</b>	
Cuadro 5.1 Concepto de adaptación .....	325
Cuadro 5.2 Aspectos para priorizar medidas de adaptación. ....	360
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 5.1 Portada Capítulo 5. PNN El Cocuy. 2009. Leonardo Real. ....	321
Foto 5.2 (Izq.) Quebrada Calostros, La Calera. 2010 .....	350
Foto 5.3 (Der.) Reunión con la comunidad de La Calera. 2010 .....	350
Foto 5.4 Sistemas productivos adaptativos. 2010 .....	351

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático y sus efectos se presentan como un desafío para el país, en donde se suman además, los mayores esfuerzos para la reducción de la pobreza y la desigualdad socio-económica de sus habitantes, la reducción de riesgos y desastres, el aumento de la resiliencia de los ecosistemas y, por supuesto, la conservación de sus bienes y servicios.

Se entiende por “adaptación al cambio climático” el ajuste de los sistemas naturales o humanos, en respuesta a los estímulos climáticos, que minimizan el posible daño ocasionado por estos cambios o que potencian sus efectos positivos (IPCC, 2007), como se observa en el cuadro 5.1. La adaptación implica un proceso de ajuste sostenible y permanente en respuesta a las nuevas y diferentes circunstancias ambientales que pueden presentarse.

Frente al cambio climático, las medidas de adaptación están pensadas para responder a las necesidades, oportunidades y prioridades identificadas en la evaluación de la vulnerabilidad de los sectores productivos, los recursos naturales y la población.

Debido a los escasos recursos financieros existentes para cubrir las necesidades de adaptación, las negociaciones internacionales realizadas a la fecha en este campo, se han enfocado principalmente en la priorización de los desembolsos. Por ahora, se sigue discutiendo el grado de vulnerabilidad y riesgo de los países en desarrollo, sus actuales circunstancias y la manera como deberá ser abordada dicha vulnerabilidad.

Cuadro 5.1 Concepto de adaptación

La adaptación es el ajuste que realizan los sistemas naturales o humanos, en respuesta a los estímulos o efectos climáticos (reales o esperados), que atenúa los daños o que explota o potencia las oportunidades beneficiosas.

En términos generales, es la capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos), para disminuir los daños potenciales, tomar ventaja de las oportunidades o combatir con las consecuencias.

El IPCC distingue tres tipos de adaptación:

- a) Adaptación anticipadora: Se produce antes de que puedan observarse los impactos del cambio climático. También se denomina adaptación pro-activa.
- b) Adaptación autónoma: No constituye una respuesta consciente a los estímulos climáticos, sino que es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales y cambios en el mercado o el bienestar en los sistemas humanos. También se denomina adaptación espontánea.
- c) Adaptación planificada: Resulta de una decisión política deliberada, basada en la comprensión de que las condiciones han cambiado o están por cambiar y de que se requieren medidas para volver a un estado deseado, mantenerlo o lograrlo.

Fuente: IPCC, 2007.

Según UNDP<sup>1</sup> (2008), la adaptación al cambio climático es un tema importante y complejo que presenta desafíos, principalmente para los países en desarrollo. Los impactos del cambio climático ya están afectando dichos países, en particular los pobres y más vulnerables, porque cuentan con menos recursos sociales, tecnológicos y financieros para la adaptación. Además, el cambio climático afecta el desarrollo sostenible de los países, así como su capacidad para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para el año 2015.

1 United Nations Development Programme: Pnud en español.

La Secretaría de la CMNUCC ha estimado que para el año 2030 los países en desarrollo necesitarán entre 28 y 67 mil millones de dólares para permitir la adaptación al cambio climático. Si bien ésta es una cifra alta en términos totales, corresponde de 0,2 a 0,8% de los flujos de inversión globales o sólo 0,06-0,21% del PBI mundial proyectado para 2030. De acuerdo con el Banco Mundial, los costos incrementales de dicha adaptación tienden a ser de alrededor de 10 a 40 mil millones de dólares por año. A pesar de las dificultades e incertidumbres para calcular una cifra exacta, un hecho es claro: los costos para adaptarse al cambio climático serán elevados y superarán las cifras disponibles actualmente a través de los fondos de la CMNUCC existentes y de otras fuentes (UNDP, 2008).

En el marco de tales referentes globales, este capítulo presenta recomendaciones de acciones y lineamientos generales para la adaptación en el país, desde los aspectos ecosistémicos, sectoriales y territoriales. Las acciones planteadas requieren del compromiso multi e intersectorial, así como ajustes en los instrumentos de planeación del desarrollo en los niveles local, regional y nacional, y en la planeación sectorial y territorial a la luz de los retos que se derivan del impacto climático para el país.

Asimismo, con el fin de complementar la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, este capítulo presenta los aspectos más importantes para mejorar la capacidad de adaptación del país, con base en la evaluación de las condiciones iniciales y del estado de avance de los proyectos de adaptación que se están desarrollando en Colombia.

En tal sentido, se presentan los avances obtenidos a la fecha en la implementación de los proyectos de adaptación: “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, insular y Pacífico) y medidas para su adaptación” (Proyecto Holandés); el Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Inap); y el Programa Conjunto Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano (Programa Conjunto).

En dichos proyectos se integran aspectos ecosistémicos, socioeconómicos y de ordenamiento territorial en algunas regiones del país; se fortalece la generación de información climática como una de las medidas de adaptación prioritarias para la toma de decisiones; se indican avances en la reducción de la vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña, marino costeros e insulares y en temas de salud sobre vigilancia y control del dengue y la malaria.

## 5.1 MARCO GENERAL PARA EL DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

La determinación de la vulnerabilidad se basó en escenarios climáticos que corresponden a situaciones posibles cuyos resultados dependerán, en buena medida, de los acuerdos internacionales que se logren en las metas de reducción de Gases Efecto Invernadero (GEI). Al margen de ello, estos escenarios y el modelo utilizado para la determinación de las zonas más vulnerables permiten orientar las estrategias para la incorporación de medidas que faciliten la adaptación al cambio climático.

La propuesta metodológica para la determinación de la amenaza permite identificar ejes e interconexiones de las variables más relevantes así como la dinámica con la cual cada una incide en las otras.

Bajo tales consideraciones se identifica la alta incidencia que tienen los fenómenos climáticos en el país y su análisis articulado con los sectores productivos y los ecosistemas para abordar temáticas de planeación institucional, investigación de procesos productivos y ecosistemas, e interdependencias con los aspectos y percepciones socioeconómicas y culturales para enfrentar el cambio climático.

El análisis de vulnerabilidad procuró evaluar la interdependencia de los sectores productivos con los ecosistemas y con las variables climáticas dinámicas bajo el efecto del cambio climático. Se plantea así una visión más holística que mejora las tradicionalmente efectuadas lo que a su vez se traduce en identificación de oportunidades de mejoramiento y adaptación planificada de sectores tan neurálgicos y sensibles ante el cambio climático como el de abastecimiento de aguas para consumo humano, la generación eléctrica, la agricultura y la distribución de aguas para riego.

El análisis multitemporal de los escenarios permite identificar que la superficie de los impactos potenciales aumenta a finales de siglo, potenciando los efectos adversos para los ecosistemas y/o coberturas más frágiles a los cambios de clima como son el bosque seco, el orobioma alto andino<sup>2</sup>, los cultivos transitorios, las zonas costeras e insulares y los cuerpos de agua, los cuales se verían comprometidos con alto y muy alto impacto. Según las variaciones de la clasificación de Lang, los efectos de climas más secos se estarían dando precisamente en esas regiones, además del avance del clima semihúmedo sobre el sur de la Orinoquia hacia la Amazonia que es un clima húmedo.

Las conclusiones principales del capítulo de vulnerabilidad permiten identificar las principales necesidades en materia de adaptación al cambio climático; para ello se deben adoptar, afinar o mejorar diferentes instrumentos de comando y control, ordenación de recursos, etc., que le permitan a las instituciones mejorar la gestión de manera coordinada y reducir los riesgos que conllevan los fallos para cada involucrado. Con los impactos referidos se prevé que a futuro se presentará mayor tensión entre los usuarios de los recursos naturales, especialmente los relacionados con rendimiento, regulación, distribución de frecuencias del agua; estos aspectos inciden directamente y presentan relaciones concurrentes con la fenología, la polinización, operaciones de labranza, comercialización, etc.

Otro valor agregado de los resultados de la determinación de la vulnerabilidad, para los inversionistas públicos y privados de los sectores que dependen del régimen hidrológico, es el posible conocimiento previo de reglas de operación que le pueden afectar su negocio a mediano y largo plazo. Es por esto que la principal necesidad para reducir el impacto del cambio climático es la generación de información idónea y actualizada sobre la amenaza que representan las nuevas circunstancias del clima a nivel nacional, regional y local, tanto en el presente como a futuro.

Un aspecto a considerar es la necesidad de implementar acciones relacionadas con el manejo eficiente del recurso hídrico, para garantizar que los diferentes usuarios en una cuenca cuenten con el acceso al recurso con reglas claras y objetivas de operación, evitando o disminuyendo los posibles conflictos de uso por el recurso.

Respecto a la población se tiene que los resultados arrojan una idea de la condición que se podría presentar a futuro, si se incluye como factor preponderante la cantidad de población expuesta. En principio, al introducir el índice Sisben III, se tendría una primera aproximación de la población prioritaria objeto de la asistencia por el Estado. No obstante lo anterior, aun se debe mejorar la identificación e integración de las comunidades campesinas dentro de la evaluación, considerando aspectos como el análisis de comunidades localizadas en áreas con menores posibilidades de generar excedentes productivos.

En el capítulo anterior, se presenta la localización espacial con relación a su posible riesgo y vulnerabilidad para cada tipo de cultivo, ecosistema, sectores productivos, regiones del sistema de áreas protegidas, por lo que las acciones de adaptación descritas en este capítulo deben ajustarse y aplicarse concordante con esta localización. Igualmente esto permite a los tomadores de decisión en los niveles nacional, regional y local, ajustar sus planes de trabajo.

No obstante, más allá de señalar su ubicación, cabe la reflexión sobre la necesidad que las instituciones nacionales, regionales y locales cuenten con los recursos y personal suficiente para desarrollar las capacidades necesarias para hacer frente a los desafíos relacionados con sistemas de producción sostenibles, acordes para cada medio natural y ajustados a las condiciones naturales, socioeconómicas y culturales. Los arreglos institucionales deben reenfocarse para atender las necesidades de la población a la luz de los nuevos requerimientos que demanda los cambios en el clima.

## 5.2 LINEAMIENTOS PARA LA ADAPTACIÓN

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la vulnerabilidad, a continuación se plantean unos lineamientos que Colombia debe tener en cuenta para adaptarse al cambio climático. Estos son un ejercicio preliminar y un insumo clave para la formulación del Plan Nacional de Adaptación.

- Fortalecer la gestión de la investigación y la transferencia del conocimiento.
- Fortalecer la gestión del riesgo.
- Mejorar el uso del territorio como estrategia para disminuir la vulnerabilidad.
- Reducción de los impactos ambientales, económicos y sociales.
- Mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables.
- Diseñar e implementar un arreglo institucional adecuado para la adaptación.
- Valorar y proteger la base productiva a partir de los bienes y servicios de la biodiversidad
- Fortalecer la gestión de cooperación y recursos para la adaptación.

El foco de las medidas de adaptación se centra en las poblaciones más vulnerables, en los ambientes y ecosistemas más degradados y con mayor tendencia a continuar estos procesos, en la infraestructura y en los sectores productivos del país, en la gestión y manejo del recurso hídrico y en la articulación de los instrumentos de planeación.

### 5.2.1 Fortalecer la gestión de la investigación y la transferencia del conocimiento

Es prioritario tener una base de estudios que respondan a las necesidades de los tomadores de decisiones de los sectores y ecosistemas más vulnerables. Por tanto, se requiere de soportes confiables que permitan



interrelacionar las variables climáticas con base en la resiliencia de los ecosistemas y sectores productivos del país, entre los cuales los más sensibles y vulnerables son: a) agropecuario; b) salud; c) ecosistemas costeros, marinos e insulares; d) orobiomas de alta montaña; e) sistemas hídricos; f) infraestructura; g) sistema hidroenergético y, h) ecosistemas secos.

Por lo anterior, para facilitar la incorporación de las variables climáticas en la planificación nacional a corto, mediano y largo plazo, y en los planes nacionales de desarrollo se debe fortalecer la generación de la información climática, con su análisis y divulgación de manera abierta y explícita. Es importante, para que las entidades ambientales competentes, los entes territoriales, los sectores productivos, los centros de investigación, las organizaciones de la sociedad civil y los ministerios orienten sus objetivos para avanzar en la adaptación. Para ello es necesario incorporar recursos técnicos y financieros necesarios para asegurar los objetivos del plan para la adaptación al cambio climático.

#### 5.2.1.1 Mejoramiento del flujo de información

En materia de integración y gestión de la información ambiental el Sistema Nacional Ambiental (SINA) ha tenido un importante desarrollo en los últimos años. Se ha avanzado en la consolidación e implementación de políticas para su manejo y de forma complementaria se ha mejorado la instrumentación de los Subsistemas que conforman el Sistema de Información Ambiental para Colombia -SIAC-, como conjunto integrado de actores, políticas, procesos, y tecnologías involucrados en la gestión de información ambiental del país, para facilitar la generación de conocimiento, la toma de decisiones, la educación y la participación social para el desarrollo sostenible. Este sistema está compuesto por dos grandes bloques: el Sistema de Información Ambiental -SIA- y el Sistema de Información de Planificación y Gestión Ambiental -SIPGA-.

El país ha realizado esfuerzos importantes en el diseño conceptual y desarrollo de herramientas de captura para cada uno de los subsistemas que alimentan el SIA y a su vez el SIAC, en los componentes de ecosistemas y bosques; agua; clima y aire; biodiversidad; uso de recursos y, suelo y subsuelo. Desde el enfoque de oferta ambiental el trabajo se ha dirigido a través de subsistemas tales como el de información de Biodiversidad -SIB-, el de Recurso Hídrico -SIRH-, el de Calidad del Aire -SISAIRE-, el de información Forestal -SNIF-, el Ambiental Marino -SIAM- y otros a nivel territorial. Asimismo existen, subsistemas desde el enfoque de demanda ambiental como lo es el de uso de recursos naturales renovables -SIUR-, entre otros.

En la medida en que el país ha logrado implementar cada uno de los subsistemas de información, se ha incrementado la generación de conocimiento relacionado con el estado y uso de los recursos naturales y con los niveles de contaminación y degradación de los mismos, y se ha mejorado la comprensión de las relaciones sociedad - naturaleza.

Con relación al cambio climático, es necesario fortalecer el SIAC y articularlo con los sistemas de información de otras entidades de tal manera que se posibiliten los análisis espaciales y de bases de datos, consolidando información estadística para permitir evaluaciones y modelamientos sobre las posibles afectaciones por cambio climático. En el capítulo anterior, se establece un marco de referencia sobre el accionar en materia de uso y manejo de información estadística y espacial, sin embargo es necesario profundizar en estas herramientas y articular las instituciones para hacer más ágiles y prácticos estos modelos.

#### 5.2.1.2 Investigación en sectores productivos, ecosistemas, biodiversidad y población

Es necesario que las entidades agrícolas y sus institutos de investigación, analicen los niveles de riesgos para los diferentes sistemas productivos, áreas y periodos de recurrencia de los fenómenos que más impactan la producción de la población vulnerable. En similar sentido, se debe integrar al sector de seguros con el fin de crear opciones de cubrimiento para las poblaciones que difícilmente tendrían excedentes de producción para los riesgos que plantea el cambio climático.

En el ámbito de la integración de medidas de adaptación y mitigación, es importante realizar evaluaciones de la vulnerabilidad del recurso hídrico a escala regional y local, en términos de disponibilidad, demanda y déficit hídrico bajo escenarios de cambio climático, priorizando sectores que dependen de la oferta; tal es el caso de los sectores agrícola, generación eléctrica, servicios públicos (acueductos veredales y municipales). Con este fin, se podrán establecer medidas de adaptación integradas al manejo, conservación y restauración de coberturas forestales y de suelos, lo cual impacta positivamente en el mantenimiento y ampliación de stocks de carbono.

#### 5.2.1.3 Investigación en Información climática

Es necesario profundizar en la investigación, la transferencia de tecnologías y conocimiento en temas específicos de información climática, especialmente en los relacionados con:

- Conocimiento de fenómenos climáticos extremos que permitan la determinación y uso de estos fenómenos en los modelos de vulnerabilidad.
- Estudios de la sensibilidad biofísica en variables ambientales que determinan la vulnerabilidad y la resiliencia ante los fenómenos climáticos, especialmente en los sectores agrícolas de pequeña escala, asociados a cultivos transitorios y a economías campesinas.
- Investigación en sensibilidad de los ecosistemas y el efecto del cambio climático en la biodiversidad.
- Desarrollo de modelos que permitan ajustar las variables consideradas en cuanto a la “condición técnica para adaptarse” a escalas departamentales y municipales, además de las identificadas por cada sector o institución.
- Determinación del impacto económico de la adaptación al cambio climático en sectores productivos.
- Con respecto al aumento del nivel del mar es necesario profundizar en la investigación sobre este fenómeno aprovechando los resultados del Proyecto Holandés.

#### 5.2.1.4 Investigación en indicadores socioeconómicos

Se necesitan mecanismos innovadores para compartir riesgos y hacer frente a los nuevos desafíos que plantean los efectos adversos del cambio climático, como son la pérdida de los bienes y servicios ecosistémicos, la degradación de la tierra, incluyendo el fortalecimiento de las estrategias de conservación de la biodiversidad. Estos costos incrementales deben ser determinados a través de investigaciones sectoriales de manera tal que se cuente con el sustento y valoración técnica y económica de los bienes y servicios ambientales, que permita aportar elementos para las negociaciones internacionales. Los análisis deben tener en cuenta que los países más generadores del cambio climático por sus aportes en las emisiones de GEI, deben asumir las responsabilidades que les competen frente a países como Colombia, el cual sufre impactos importantes por este cambio.

Por su parte, en el estudio de Pobreza y Cambio Climático (González et al., 2009), elaborado en el marco del proyecto del Programa Conjunto, se plantea que es necesario que las nuevas encuestas incluyan preguntas relacionadas directamente con los posibles efectos del cambio climático y es conveniente que la información esté georeferenciada. Es necesario, además, que se conjugue la información de los hogares con la del entorno. Las mediciones disponibles deben tener como eje la focalización individual. Además, debe buscarse que las encuestas combinen la información individual con los datos sobre el contexto.

Es necesario diseñar indicadores que reflejen la gestión de las instituciones, donde se aborden y evalúen los efectos negativos derivados de los flujos de emisiones externas al país. Las variables a emplear deben permitir identificar apropiadamente las medidas para la restauración de los ecosistemas afectados y el monitoreo adecuado de éstas, en el marco de los factores socioeconómicos y ambientales que inciden positiva o negativamente con variables relacionadas con el cambio climático.

También constituye una necesidad relacionar el cambio climático con las tendencias demográficas del país, en términos de la creciente urbanización y el abandono del campo. Se deben tener en cuenta las dinámicas propias del conflicto, relacionadas con desplazamiento forzado, concentración de la propiedad de la tierra, presencia de actores al margen de la ley en ecosistemas estratégicos, cultivos ilícitos, etc. Éstos y otros temas clave, como el cambio en el uso de la tierra, especialmente la potrerización, deforestación y pérdida de biodiversidad, son factores no climáticos que influyen sustancialmente en potenciación de los impactos.

Vale mencionar el reto que tienen hoy día las grandes empresas y el Estado en la investigación con el concurso de diferentes especialidades y capacidades. Se debe superar la aplicación de teorías y métodos tradicionales de análisis o valoración económica, para buscar un crecimiento económico óptimo que contribuya de manera más integral y adecuada al desarrollo, a la vez que permita apoyar la construcción de políticas que le den mayor valor a la biodiversidad.

### 5.2.2 Fortalecer la gestión del riesgo

Son importantes los avances en las investigaciones, la disponibilidad de recursos y el aumento de capacidades en el manejo integral del riesgo, no obstante, éstos deben reenfocarse para lograr los mejores resultados costo-efectivos, además de servir de soporte para salvaguardar las comunidades, el capital natural y la infraestructura.

Es importante mencionar que al análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático se le incluye de manera no lineal ni aditiva, una serie de factores y condicionantes que modifican el sistema inicialmente planteado. El proceso de integración de los análisis de riesgos bajo diferentes enfoques y perspectivas es un ejemplo de ello. Un índice o indicador débil o extensamente agregado, puede arrojar escenarios o situaciones que desvían o enmascaran

la verdadera criticidad de la amenaza y el riesgo. Por ello resulta necesario tener una metodología uniforme para el análisis integral y multisectorial. Lo anterior a pesar del avance y aportes metodológicos presentados en esta Comunicación.

Se debe mejorar la precisión de los instrumentos, métodos y sistemas de estimación del riesgo que posibiliten obtener resultados comparables. Lo anterior debe permitir una mayor exactitud y agilidad en la obtención de resultados tendientes a la disminución del riesgo. Es decir, los resultados deben tener como objetivo principal la adecuada orientación a la gestión de los tomadores de decisión para permitir una priorización entre las múltiples necesidades de aplicación de recursos.

Adicionalmente, es procedente tener en cuenta la orientación de la gestión ambiental dentro del ámbito instrumental soportado con el manejo de la incertidumbre en la toma de decisiones. Al respecto, resulta cada vez importante y urgente, tener la información procesada e interrelacionada de los componentes biofísicos y socioeconómicos para manejo del riesgo a niveles que garanticen un desarrollo a largo plazo.

El objetivo final de los indicadores con el respaldo del trabajo científico y técnico, es precisamente alertar de manera temprana sobre la evolución de la salud de nuestros ecosistemas, por ello se requiere de la participación de diferentes disciplinas y capacidades que propongan la integración de conocimientos, inclusive legales, para abogar por la protección y rehabilitación como mínimo de la biodiversidad afectada por agentes externos.

Los planteamientos anteriores están orientados en producir, difundir y usar el conocimiento para contribuir a la transformación productiva y social del país con el fin de garantizar un mayor nivel de competitividad y resiliencia de ecosistemas y comunidades vulnerables.

#### 5.2.2.1 Investigación aplicada a mediano y largo plazo en el manejo integral del riesgo

Teniendo en cuenta que la oportuna intervención para la reducción del riesgo requiere de conocimiento y manejo de la información, se hace necesario consolidar un sistema de información regional que facilite el acceso, intercambio y búsqueda de información a todos los actores sociales involucrados en la gestión del riesgo. En la práctica, lo anterior implica el fortalecimiento de los Sistemas de Información de Prevención y Atención de Desastres, articulados al Sistema de Información Andino.

Es necesario efectuar estudios locales que permitan comprender los procesos sociales de generación del riesgo y su relación con el modelo de ocupación del territorio y de desarrollo productivo en el país.

Para el manejo a escala local de la gestión del riesgo es necesario desarrollar metodologías y aplicativos (software u otros) que integren esta gestión en la planificación territorial.

En proyectos piloto de zonificación ambiental en cuencas, se debe incorporar la determinación de la amenaza y de la vulnerabilidad de inundación por crecientes y por deslizamientos, con el fin de estimar posibles necesidades en infraestructura y atención a poblaciones que deben ser alertadas con respecto a estos fenómenos.

Para efectuar los análisis de riesgo a escala regional y local se requiere profundizar en estudios sobre las amenazas hidrológicas en aspectos como probabilidad de ocurrencia de los fenómenos climáticos extremos que permitan junto con la vulnerabilidad, establecer y comparar las pérdidas de bienes y servicios. Igualmente es necesario conocer la sensibilidad biofísica en variables ambientales que determinan la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación ante los fenómenos climáticos.

#### 5.2.2.2 Fortalecimiento de los mecanismos de transferencia del riesgo

El sector agrícola, de acuerdo con los estudios, será aquel donde el cambio de las condiciones del clima representa mayor impacto. Por ello es necesario fortalecer y mejorar los mecanismos de transferencia del riesgo de los agricultores y, en especial, de los pequeños productores en las comunidades más pobres, pues en éstos es donde se prevé que se presenten las mayores afectaciones.

Si bien actualmente el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) cuenta con iniciativas de este tipo, es conveniente extender su uso, además de evaluar los mecanismos actuales para identificar posibilidades de mejora para que éste sea viable para las comunidades más necesitadas.

No se debe perder de vista que la creación de una cultura de manejo del riesgo implica también la necesidad de revisar la planeación de los sectores productivos y su forma de ocupación del territorio, determinando las variables que inciden en el riesgo para que éstos incorporen prácticas productivas más adecuadas. En ello el sector productivo a través de sus asociaciones y organizaciones deben jugar un papel preponderante.

La existencia de herramientas de transferencia del riesgo así como la disponibilidad de modelos de análisis del clima adecuados, permitirá que el Estado direcciona de manera acertada los recursos hacia los más necesitados y afectados, optimizando el uso de recursos públicos.

Los principales actores para esta medida corresponden al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ideam y las entidades del sector agropecuario.

### 5.2.3 Mejorar el uso del territorio como estrategia para disminuir la vulnerabilidad

Se considera necesario lograr un mayor equilibrio entre los procesos de urbanización y la mejora en las condiciones de vida en los ámbitos rurales para disminuir la concentración de habitantes en las grandes ciudades. Lo anterior puede fortalecerse garantizando condiciones de paz duradera, dando acceso a las poblaciones rurales a servicios sociales, reforzando la generación del empleo rural orientado a las generaciones y al género, fortaleciendo los ámbitos locales en sus capacidades de gobernabilidad y gestión, y garantizando los niveles de uso y acceso a los recursos naturales por parte de las poblaciones locales.

La gestión de los recursos naturales requiere de un mayor énfasis en el desarrollo social, en donde se refuerce el concepto de “hábitat y territorio seguro” en los procesos de urbanización. Para esto se deben reducir los niveles de exposición humana a los eventos extremos, evitar grandes daños económicos, avanzar con políticas efectivas de lucha contra la pobreza y para el logro de los ODM. Ello mediante el impulso de un enfoque de adaptación al cambio climático para combatir la pobreza, y de superación de la pobreza para adaptarse al cambio climático, al tiempo que se mejoran los modelos de urbanización y ocupación del territorio.

Una de las vías por medio de la cual se concreta la gestión de recursos naturales es la ordenación del territorio, que de acuerdo con la política económica, pretende proporcionar una organización de los asentamientos y actividades humanas que responda a los objetivos de sostenibilidad ambiental y calidad de vida. El ordenamiento ambiental del territorio se constituye en un medio para el desarrollo territorial que permite el logro de objetivos de conservación y protección ambiental a la vez que se satisface las demandas de los diferentes sectores sociales y uno de los principales instrumentos establecidos en la legislación colombiana lo constituyen los POMCAS<sup>3</sup> y los POT<sup>4</sup>.

En similar sentido, y con el fin de avanzar en los procesos de ordenamiento del recurso hídrico, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, adoptó la cuenca como unidad de gestión fundamental para la planificación y gestión integral y descentralizada del patrimonio hídrico del país, incluyendo en ésta tanto las aguas superficiales, como las subterráneas y las marino costeras.

El enfoque establecido en la Política Hídrica Nacional, abre un nuevo espacio para la articulación de los procesos de ordenación que se adelantan en el país, tanto desde lo político - administrativo como lo ambiental, siendo la zonificación ambiental el principal instrumento que, apoyado en la modificación normativa, disminuirá la posibilidad de generación de conflictos por contraposición entre diferentes ejercicios de ordenación.

En este contexto, es que se hace necesario que los distintos planes de ordenamiento y uso del territorio incluyan el tema de cambio climático y sus efectos. Algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta en el momento de armonizar los procesos de ordenación del territorio y de las cuencas hidrográficas se basan en impulsar:

- La incorporación de la adaptación al cambio climático en los instrumentos de ordenamiento territorial a distintas escalas.
- La cooperación inter-institucional e intersectorial para enfrentar presiones de usos de la tierra que vayan en detrimento de la adaptación al cambio climático, como por ejemplo, las que pueden surgir por intereses agrícolas en épocas de sequía.
- El desarrollo de mecanismos e incentivos para prevenir cambios en usos de la tierra que vayan en detrimento de medidas de adaptación y establecer usos de la tierra que se ajusten a las necesidades de adaptación al cambio climático.
- La zonificación de las áreas de recarga de acuíferos.
- El uso adecuado de humedales, manglares y ecosistemas estratégicos como herramienta de planificación para combatir los impactos del cambio climático como el aumento del nivel del mar y las crecientes de los ríos.
- El control y eliminación de tendencias que incrementan la vulnerabilidad, por ejemplo introduciendo retiros obligatorios o tasas altas para el desarrollo en áreas vulnerables (ej. llanuras de inundación, zonas costeras).

3 Planes de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas.

4 Planes de ordenamiento territorial, planes básicos de ordenamiento territorial o esquemas de ordenamiento territorial, según apliquen.



- Estrategias de control de uso de tierras en zonas con alto riesgo de inundación hídrica y afectación a la población.
- Manejo armónico y articulado entre el uso del suelo y subsuelo para evitar conflictos por malas adaptaciones con proyectos de alto impacto sobre los recursos hídricos.

### 5.2.3.1 Inclusión de la gestión del riesgo y del cambio climático en los instrumentos de planeación del territorio

La nueva planeación territorial incluye el concepto de integración territorial, referido a la necesidad de hacer visible la interdependencia existente entre las funcionalidades de los territorios urbanos y rurales. Conceptos como nueva ruralidad, nueva geografía económica, transición urbano - rural, entre otros, argumentan cómo en la actualidad los procesos de ordenación territorial deben tener en cuenta la multifuncionalidad del territorio y el enfoque regional. Uno de los factores determinantes del ordenamiento ambiental lo constituye la gestión del riesgo, el cual debe ser considerado de manera transversal en los diferentes instrumentos de planificación del territorio.

En este sentido, las autoridades ambientales deben intervenir directamente en la planificación territorial, de manera que sea posible priorizar las áreas de mayor vulnerabilidad ambiental o riesgo ya sea por asentamientos periféricos incontrolados, o por diversas condiciones que impliquen deterioro ambiental. Para esto de deben realizar los ajustes normativos y conceptuales que sean necesarios para que el ordenamiento logre la integración entre lo rural y urbano.

En cuanto al recurso hídrico, la Política Hídrica Nacional incorpora el tema de riesgos asociados al recurso hídrico, resaltando su relación con “el manejo y gestión del déficit y del exceso de agua, asociado a la gestión de las cuencas hidrográficas deterioradas, a la pertinencia de los proyectos hidráulicos con el conocimiento de la variabilidad climática e hidrológica del país, al crecimiento no planificado de la demanda sobre una oferta neta limitada, a conflictos por el uso del agua y, a las deficientes e inadecuadas acciones para la gestión del riesgo por eventos socio-naturales que aumentan la vulnerabilidad del recurso” (MAVDT, 2010).

Los principales riesgos asociados al recurso hídrico que deberán incluirse en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) están relacionados con: riesgo por desabastecimiento de agua para consumo humano, actividades productivas y conservación de ecosistemas; riesgo por sequía y desertificación para las actividades agropecuarias; riesgo por contaminación hídrica para la población y los ecosistemas.

Acorde con los lineamientos normativos en materia de ordenamiento territorial y teniendo en cuenta la necesidad de incluir el cambio climático en la gestión municipal, se deben identificar las áreas de riesgo y determinar los objetivos, estrategias, programas y proyectos para la implementación de los planes de manejo respectivos.

### 5.2.3.2 Profundización en los instrumentos de ordenamiento del territorio como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA)

El POMCA como instrumento de planeación y ordenación de las cuencas, adquiere la relevancia requerida para que sea el soporte con fundamento en el cual se administren los recursos naturales renovables presentes en el territorio como una estrategia de adaptación al cambio climático.

En este sentido la segunda versión de la Guía para la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (Ideam, sin publicar), establece una serie de principios de plena aplicabilidad para la adaptación al cambio climático como son: el desarrollo de procesos de ordenación de cuencas con participación comunitaria en todas sus fases; la planificación del uso y manejo sostenible de los recursos naturales de la cuenca; la integración de aportes de múltiples disciplinas científicas, naturales y sociales; exhortar el desarrollo de planes formulados de acuerdo con las realidades de cada situación local; y motivar el seguimiento y evaluación de los procesos de ordenación realizados.

Esta guía establece las fases de: a) Aprestamiento, b) Diagnóstico, c) Prospectiva, d) Formulación, e) Ejecución y, f) Seguimiento y evaluación. Se identifican algunas estrategias de la guía que tienen concordancia con las medidas de adaptación al cambio climático de las cuales se destacan las siguientes:

- **Aprestamiento:** a) revisar y ampliar las redes hidrométricas, y de estaciones de monitoreo y observación hidrológica, climática y pluvial para incorporar mediciones de cambio climático; b) capacitar profesionales en temas de cambio climático en instituciones y sectores relevantes; capacitación de campesinos y comunidades; c) promover el esfuerzo creativo de estudiantes y grupos de pobladores de áreas urbanas y rurales para el desarrollo de propuestas de adaptación y; d) adquirir equipamiento y contar con instalaciones adecuadas para llevar a cabo tareas relacionadas con la investigación, recolección y análisis de información sobre cambio climático y su adaptación.
- **Diagnóstico:** a) mejorar el conocimiento el impacto del cambio climático sobre la oferta del recurso hídrico tanto en aguas superficiales como subterráneas; b) tener en cuenta dentro de los mapas base de usos de la tierra de la

cuenca aspectos relevantes para la adaptación al cambio climático como drenaje, cobertura vegetal, sedimentación, manglares, asentamientos humanos y actividades productivas que generen mayor impacto en los cuerpos de agua; c) desarrollar programas de monitoreo que incluyan indicadores de condiciones meteorológicas, de calidad de agua, y biológicas para obtener evidencias de vínculos causales entre variabilidad climática y estatus ecológico local; d) intensificar el monitoreo de las especies y ecosistemas más vulnerables y utilizar especies como indicadores para observar impactos y efectos de estrategias de adaptación.

- **Prospectiva:** a) contar con escenarios climáticos con mayor resolución espacial priorizando aquellas cuencas en ordenación; b) realizar estudios socioeconómicos que permitan orientar la planificación presupuestal en el marco de los POMCA, con el fin de incluir los costos relacionados con las medidas de adaptación.
- **Formulación:** a) incluir la adaptación al cambio climático en la concientización, capacitación y educación e incluir el conocimiento tradicional enfocado a la predicción climática y al manejo del recurso hídrico; b) desarrollar estrategias adaptativas de oferta del recurso hídrico teniendo en cuenta tecnologías relacionadas con alternativas de oferta hídrica tales como recarga de acuíferos, reciclaje, almacenamiento, implementación de métodos de distribución bajo criterios de sostenibilidad y eficiencia, desalinización y purificación; c) desarrollar estrategias de conservación de ecosistemas en las cuencas en ordenación d) establecer estrategias para el control de crecientes.

Igualmente se deben diseñar estrategias orientadas al sector de agua potable que tengan en cuenta la promoción y desarrollo de sistemas para el manejo de aguas residuales; la inclusión de estrategias para que los sistemas de alcantarillado y las plantas de tratamiento de agua puedan responder ante flujos más altos y variados; el mejoramiento de las redes de distribución de agua potable para evitar pérdidas junto con infraestructura de almacenamiento y tratamiento, estructuras que soporten variedad de flujos y calidades. En similar condición los sistemas de diques para manejar el aumento del nivel del mar y la intrusión de agua salina deben incluir el tema de cambio climático en los planes de operación y mantenimiento de los sistemas de distribución y drenaje urbano y rural, además de promover estrategias para aumentar capacidad de almacenamiento a través de pozos, reservorios o represas y el reciclaje de agua.

En similar forma, se deben diseñar estrategias específicas orientadas al sector agropecuario, destacándose la promoción de investigación y desarrollo de cultivos y metodologías que se adapten a cambios climáticos; el riego más eficiente; el desarrollo y aplicación de abonos orgánicos y sistemas naturales de control integral de plagas e insectos; reducción en demanda de agua incorporando el concepto de “huella hídrica”; el desarrollo y adopción de tecnologías y métodos agrícolas para el reciclaje y “cultivo” de agua; prácticas para conservación de la humedad de los suelos; mejoramiento del manejo del agua para evitar anegamiento y erosión; introducción de cambios en usos de la tierra; promoción de técnicas de agroforestería como la construcción de barreras vivas para la protección de los cultivos frente a las heladas; en el sector ganadero se deben incorporar técnicas silvopastoriles y de producción de forraje y promover ajustes en los ruces de animales que logren mayores ganancias de peso diario; y; en el sector forestal se debe promover la selección de especies con mayor producción de biomasa, establecer períodos de rotación ajustados de acuerdo a la calidad y tamaños de la madera y ajustar los sistemas para manejo de incendios.

- **Ejecución:** En esta fase se concretan en la práctica las medidas de adaptación señaladas en las diferentes fases, las cuales se deben ejecutar de acuerdo con el plan de acción establecido en el POMCA.
- **Seguimiento y Evaluación:** El sistema de seguimiento y evaluación diseñado para el POMCA deberá contener indicadores específicos para monitorear las medidas de adaptación al cambio climático propuestas.

#### 5.2.4 Reducción de los impactos ambientales, económicos y sociales

Puesto que la actividad agropecuaria será una de las principales afectadas, es necesario adelantar acciones tendientes a mejorar la resiliencia de los sistemas productivos, mediante arreglos espaciales y funcionales de los cultivos y otras prácticas como conservación de suelos, agua y especies, que ayuden a aumentar la capacidad de adaptación de sistemas de producción. Igualmente, se debe procurar disminuir la sensibilidad de los mismos evaluando la mejor utilización de las tierras de acuerdo con el sistema de producción y sus requerimientos particulares de agua y temperatura e inclusive evaluar la reducción de la exposición.

Se deben fortalecer las acciones establecidas en el Plan de Acción de Lucha contra la Desertificación teniendo en cuenta que las actuales zonas en proceso de desertificación corresponden a aquellas en donde se prevé que se presenten los mayores impactos en cuanto a la disminución de la precipitación y aumento de la temperatura. Estas acciones comprenden investigación sobre la vulnerabilidad de los bienes y servicios de los ecosistemas secos dirigidas a mejorar su resiliencia, mejorar las prácticas de manejo acordes a las condiciones, así como restricciones de uso cuando haya lugar, junto con acciones de conservación y restauración de biodiversidad.

Se debe articular este programa con los proyectos de desarrollo contemplados en los Planes de Desarrollo Departamental, Planes municipales de desarrollo y planes o esquemas de ordenamiento territorial, así como en los

planes de acción de las corporaciones autónomas regionales en donde se presenta esta problemática. Las regiones en donde se prevé mayor impacto corresponde a la costa Caribe colombiana, especialmente los departamentos de Cesar, Guajira, Sucre, Atlántico y Bolívar, así como otras en proceso de desertificación como el Patía en el departamento de Nariño y Cauca y el alto Magdalena en el departamento del Huila y los moderados procesos de desertificación que se presentan en la Orinoquia.

Dado que se estima que la principal afectación en el sector agrícola se presenta en los sistemas de producción basados en cultivos transitorios, generalmente asociados con pequeños productores campesinos, los cuales incluirían diferentes productos relacionados con la seguridad alimentaria, es necesario fortalecer las acciones tendientes a aumentar la capacidad de adaptación de estas comunidades. Esto debe redundar en mayor investigación en sus sistemas productivos, incluyendo además el diseño, consolidación y apoyo en sistemas de seguros que consideren estas comunidades para disminuyan su vulnerabilidad a los efectos climáticos. Lo anterior a pesar del avance en manejo de la información climática y la mayor facilidad de manejar la exposición a corto plazo.

Igualmente, es necesario hacer un análisis entre las diferentes políticas de desarrollo sectoriales para evitar que se presenten conflictos entre los sectores alrededor de bienes ambientales como el agua. Es así como los planes de desarrollo minero deben articularse con los planes de expansión agrícola, forestal, turístico y pecuarios, evitando, en cualquier evento, que prevalezcan acciones denominadas como "mala adaptación", es decir, acciones que al contrario de mejorar la capacidad de adaptación del país ante el cambio climático podrían tender a empeorar esta situación.

Considerando que la matriz energética del país es de carácter hidráulico (más de 64%) y, por lo tanto, altamente dependiente de disponibilidad del recurso hídrico, se requiere investigar la vulnerabilidad y disponibilidad de dicho recurso bajo escenarios de cambio climático. Esta investigación deberá incluir un análisis sobre la función de regulación que efectúan los ecosistemas forestales en el ciclo hidrológico para las diferentes cuencas abastecedoras de reservorios, permitiendo así validar e incorporar medidas de conservación y restauración en coberturas forestales como respuesta ante el cambio climático para asegurar la oferta energética.

Es prioritario valorar el cambio climático con sus efectos sobre los recursos energéticos, los mercados de la energía y la competitividad en una economía global. Asimismo, teniendo en cuenta que la matriz eléctrica colombiana es soportada por el agua, ante las afectaciones negativas como los fenómenos de La Niña y El Niño, se agudiza la necesidad de reducir los riesgos por desabastecimiento de energía por escasez hídrica, los cuales pueden ser agravados por conflictos de uso con otros sectores y ecosistemas vulnerables.

Así, para el diseño de proyectos es conveniente considerar las recomendaciones planteadas por el Pnud para integrar la adaptación al cambio climático con la programación de desarrollo. Estas consideran la necesidad de: a) Identificar los riesgos del cambio climático para los programas y proyectos a través de la determinación de la viabilidad o sostenibilidad del proyecto la cual, a largo plazo, puede verse amenazada por el cambio climático; b) Identificar el riesgo de que un programa o proyecto se traduzca en una "mala adaptación", considerando si éste es propenso a incrementar la vulnerabilidad ambiental o social al cambio climático; c) Identificar las oportunidades de adaptación evaluando sinergias, combinando en lo posible, la mitigación y la adaptación y, evaluar los posibles beneficios de desarrollo adicionales y; d) Identificar y evaluar las medidas potenciales de adaptación a través de la identificación de las intervenciones que tengan el potencial de garantizar la adaptación (Pnud, 2009).

Por otra parte, es conveniente aplicar medidas de adaptación ya implementadas en los proyectos piloto (Proyecto Holandés, Proyecto Inap y Programa Conjunto), que han arrojado resultados positivos y replicables a otras regiones del país, con los ajustes pertinentes de escala, condiciones climáticas y socioeconómicas correspondientes.

Al respecto, el proyecto Holandés permitió dar lineamientos y desarrolló acciones sobre la evaluación de la vulnerabilidad, además de plantear las medidas de adaptación en cuanto a la posible inundación de áreas urbanas en Tumaco y Cartagena, las cuales pueden ser replicadas en otras áreas pobladas del litoral marino colombiano. Igualmente se desarrollaron acciones en cuanto a investigación de las afectaciones en ecosistemas estratégicos, como las áreas coralinas y los manglares, y su interrelación con la pesca que se considera necesario replicar.

Por su parte, el Proyecto Inap ha implementado medidas de adaptación para la alta montaña colombiana a partir de un enfoque Ecosistémico y de Adaptación Basada en Ecosistemas (Andrade et al., 2009), planteado estrategias de adaptación para el manejo, conservación y restauración de los ecosistemas de alta montaña, tanto naturales como antrópicos, para contribuir con el mantenimiento de los servicios ecosistémicos (Prieto et. al., 2007). Igualmente, planteó la regulación hídrica de cuencas piloto mediante la armonización de actividades de conservación con producción sostenible, con el fin de disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones humanas asociadas y el aumento de la resiliencia de los ecosistemas de alta montaña con el enfoque de Restauración Ecológica Participativa del Paisaje, concordante con lo planteado en la Convención sobre Diversidad Biológica (Medina, 2009).

El proyecto Inap también adelantó acciones de adaptación como la implementación del Sistema de Manejo Integral del Agua -SMIA- para cosecha de aguas lluvias y para manejo de agua residuales en poblaciones vulnerables por desabastecimiento de aguas en la isla de San Andrés.

El Programa Conjunto viene diseñando medidas de adaptación locales respecto al cambio climático en la región de Popayán y Puracé en el Macizo colombiano, con comunidades indígenas y campesinas; se han aplicado metodologías de identificación de la vulnerabilidad de comunidades ante el cambio climático en un proceso participativo y consensuado de posible aplicación en otras comunidades.

Desde el punto de vista territorial, los proyectos piloto de adaptación Inap y Programa Conjunto han planteado la necesidad de que los modelos de planificación del uso de la tierra incorporen los impactos del cambio climático. Así se ha logrado que los municipios de La Calera, Choachí (Cundinamarca) y Puracé (Cauca), incluyan las medidas de adaptación en sus planes de ordenamiento territorial, visibilizando el tema de cambio climático.

Por ser el tema de cambio climático de interés regional, actualmente se inicia el proyecto Cambio Climático con Enfoque Territorial en Región Capital Bogotá-Cundinamarca, que busca apoyar el fortalecimiento de las capacidades de las autoridades nacionales, regionales y locales para integrar el cambio climático en la programación y planeación territorial, mediante una estrategia de diálogo y concertación entre los gobiernos nacional, regional y local. Con dicho proyecto se pretende mejorar la coherencia de políticas y sinergias entre programas, además de abrir posibilidades para acceder a nuevas fuentes de financiamiento en el campo ambiental para implementar estas iniciativas.

Igualmente, se está formulando un proyecto con el propósito de fortalecer las capacidades institucionales para la implementación de prácticas locales de gestión integral del riesgo como medida de adaptación al cambio climático en la zona insular y costera del Caribe colombiano.

En particular, el sector agropecuario ha formulado proyectos de investigación en medidas de adaptación, alrededor de problemáticas fitosanitarias de sus actividades productivas y su relación con el cambio climático.

## 5.2.5 Mejorar la capacidad de adaptación de las comunidades más vulnerables

### 5.2.5.1 Diseño de políticas de reducción de la pobreza considerando el cambio climático

Las alternativas de desarrollo económico deben integrarse con las estrategias para la reducción de la pobreza. Si bien los modelos de crecimiento hacen énfasis en aquellos sectores económicos más representativos de la economía nacional, las políticas de pobreza se sustentan en el desempeño de sectores productivos relativamente marginales, los cuales no hacen parte central de las alternativas de crecimiento más significativas para el país.

Es entonces necesario integrar las políticas de pobreza al desempeño de los mayores sectores productivos del país, y que a su vez serán afectados en su capacidad productiva por el cambio climático. La generación de empleo y la integración de sectores marginados de la población a las estrategias de cambio climático son sin duda una oportunidad de desarrollo para el país.

### 5.2.5.2 Disminución de la afectación socioeconómica por el impacto climático

Como se observó en el modelo utilizado para el análisis de vulnerabilidad, la base socioeconómica de las comunidades es un factor determinante para reconocer su capacidad de adaptación, lo cual se extrapola a las entidades públicas y a su real capacidad de cumplir con las funciones asignadas al contar con los recursos necesarios.

Por otra parte, los postulados planteados en el Plan de Acción de Bali indican que el mejoramiento de la capacidad adaptativa está íntimamente ligado con la mejoría de las condiciones sociales y económicas de la población. De acuerdo con esto, se plantean una serie de acciones tendientes a fortalecer la capacidad socioeconómica del país o a incluir algunos aspectos relacionados con la gestión del riesgo para disminuir su posible impacto económico o a plantear la necesidad de desarrollar estudios de evaluación del impacto socioeconómico en los sectores productivos por el cambio climático para ajustar lo que sea pertinente.

Los estudios de orden nacional buscan fortalecer las posiciones de negociación de los países con base en análisis detallados sectorialmente en la medida de lo posible, o a través de enfoques macro de la economía nacional que permita inferir impactos económicos a nivel de sectores. Para ello es importante fortalecer la investigación socioeconómica de orden nacional, con base en análisis sectoriales detallados, en los que sea factible analizar portafolios tecnológicos que permitan seleccionar las acciones de adaptación más apropiadas en función de los impactos ambientales ya inevitables y sus costos económicos. Asimismo, es fundamental evaluar la distribución de dichos impactos en la población, ya que las poblaciones más vulnerables son generalmente aquellas de bajos recursos. El desarrollo de este tipo de evaluaciones sin consideraciones de equidad no brindaría los elementos necesarios para el correcto diseño de políticas y estrategias asociadas al cambio climático.



### 5.2.5.3 Fortalecimiento de la organización social

En el marco de los resultados de los proyectos piloto de adaptación al cambio climático se ha identificado que la participación ciudadana es fundamental en el proceso de formulación de las medidas de adaptación y que ésta contribuye a la interiorización de las metas y resultados de las medidas. En este sentido, considerar el trabajo conjunto entre autoridades, comunidad y demás actores sociales y sectoriales en este proceso de formulación resulta benéfico para el logro de los objetivos de adaptación.

Las medidas de adaptación entonces corresponden al fortalecimiento y consolidación de espacios participativos como los consejos de cuenca, las asociaciones de cuenca y las mesas de trabajo y demás organizaciones derivadas de estos procesos, además del fortalecimiento de otros instrumentos de participación ya establecidos en la Constitución Política y desarrollados en la Ley.

Por otro lado, se da reconocimiento a las Asociaciones de Cuencas como una figura ejecutora de los programas y proyectos formulados en el POMCA. Las autoridades ambientales competentes pueden promover en las cuencas objeto de Plan de Ordenación y Manejo, la creación de Asociaciones de Cuenca, como personas jurídicas sin ánimo de lucro, que apoyen a la autoridad ambiental competente para la conservación de la respectiva cuenca hidrográfica.

### 5.2.6 Diseñar e implementar un arreglo institucional adecuado para la adaptación.

Esta línea estratégica plantea la necesidad de desarrollar acciones relacionadas con la planeación articulada entre los sectores productivos y ambientales. Se plantea la necesidad de orientar la atención al desarrollo de la capacidad adaptativa y la resiliencia en la organización del Estado para tener la capacidad de afrontar situaciones adversas y la incertidumbre resultante de procesos de cambio climático global.

Para su desarrollo se plantean los siguientes planes y programas:

#### 5.2.6.1 Desarrollo de acciones y acuerdos interinstitucionales para el diseño e instrumentación de un Plan Nacional de Adaptación

En el marco del desarrollo de acciones nacionales para articulación de la planeación ambiental y sectorial respecto al cambio climático, se considera necesario establecer acciones y acuerdos a través de la formulación del Plan Nacional de Adaptación.

La adaptación al cambio climático, requiere una estrategia a mediano o largo plazo de forma sostenible, según cada sector y ecosistema estratégico. El Plan Nacional de Adaptación sería el marco de referencia para la evaluación de impactos, la determinación de la vulnerabilidad y el diseño de medidas de adaptación al cambio, en el que se articula el accionar de las diferentes entidades con responsabilidad y competencia en el tema.

Las entidades líderes y con mayor participación en el tema son el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Departamento Nacional de Planeación. Para estructurar dicho plan estas entidades deben contar con el apoyo de los ministerios sectoriales y demás entidades planificadoras del orden nacional, del Ideam y demás institutos de investigación.

El Plan debe aportar elementos que permitan dar la orientación a las administraciones de organizaciones públicas y privadas interesadas. Para esto, se deben evaluar los impactos del cambio climático en su área de interés, mejorando el conocimiento sobre cambio climático para promover procesos de participación entre los involucrados, tendientes a lograr mejores medidas de adaptación.

#### 5.2.6.2 Diseño e instrumentación de mecanismos de integración nacional, regional y local

La integración de los niveles nacional, regional, local y sectorial debe ser una prioridad dentro del programa nacional de adaptación. Ello permitirá lograr mayores beneficios en diferentes sectores dentro de un espacio cada vez más reducido y competitivo.

Al respecto, es necesario aunar esfuerzos para llevar el tema a las regiones, generar capacidades y lograr un papel más preponderante y activo de las autoridades ambientales competentes, alcaldías, gobernaciones, productores y representantes de grupos étnicos. Asimismo, se deben fortalecer los vínculos entre los diagnósticos y las orientaciones nacionales, junto con la capacidad de gestión de los territorios.

En dicho sentido, se recomienda establecer como prioritarias aquellas regiones y áreas consideradas de mayor vulnerabilidad en el país, con base en la identificación realizada en el capítulo anterior; allí se localizan tanto estas condiciones como los factores que controlan las mismas. Por lo tanto, el diseño de las medidas de adaptación a nivel

regional deberá realizarse de acuerdo con los lineamientos establecidos en este capítulo de adaptación pero debidamente soportadas a través de la evaluación de la vulnerabilidad.

### 5.2.6.3 Potenciación de sinergias interinstitucionales

El espectro de efectos e impactos del cambio climático sobre los países en desarrollo hace necesaria la participación inter y transdisciplinaria de los diferentes involucrados. Es necesario revisar y mejorar la estructura existente del cuerpo técnico encargado en: diseñar, instrumentar, procesar, modelar, evaluar y priorizar la gestión para el manejo del riesgo. Con los resultados del grupo técnico se construirían los argumentos y posiciones, tanto por los responsables de las iniciativas, implementación y seguimiento de la política, como de los negociadores de la temática en los escenarios internacionales. Se debe buscar el fortalecimiento de los responsables del diseño de instrumentos para que los encargados de la negociación cuenten con resultados validados y confiables en los diferentes escenarios de debate.

En tal sentido, una oportunidad de alcanzar las mejores inversiones costo-efectivo de los recursos, debe ser a partir del Plan Nacional de Adaptación, soportado en la participación abierta y directa de las poblaciones o comunidades más vulnerables, de acuerdo con lo establecido en el capítulo anterior.

Si bien es necesario tener en cuenta los indicadores del crecimiento económico, no se debe desconocer la capacidad de los medios naturales para lograr mejorar o mantener la utilidad y sostenibilidad. Se debe tener presente la perspectiva de una economía ecológica, donde el capital natural y el elaborado sean vistos de manera complementaria y no alternativa; además de diferenciar el capital natural como factor limitante de los sectores productivos.

Con tales propósitos se buscaría que las medidas de adaptación aumenten la resiliencia de las comunidades y ecosistemas con sus medios de vida y la construcción de la seguridad territorial con activos más duraderos. Dicha estrategia además de necesaria, deberá ser el punto de partida para enfrentar el cambio climático en el país, lo cual contribuye a la lucha contra la pobreza y al logro de los ODM.

### 5.2.6.4 Planeación a largo plazo

El DNP estructuró una visión de largo plazo para el país a través del plan 2019 en el cual se condensaron las políticas sectoriales, ambientales, de infraestructura y de desarrollo social al año 2019. Esta iniciativa planteó una visión de análisis que requiere ser llevada a horizontes de más largo plazo dentro de la perspectiva del cambio climático.

Como se ha expuesto en los capítulos anteriores, el cambio climático plantea profundos desafíos que incidirán de manera decidida en el futuro del país, dejando tanto la base ambiental como los sectores productivos y la infraestructura afectados de manera diferenciada.

Así, se considera que la planeación de largo plazo para Colombia debe ser evaluada a la luz de este cambio de condiciones climáticas, lo cual permite acercarse a los márgenes que permita la oferta ambiental. Es decir, a partir de la evaluación de la vulnerabilidad se deben diseñar los ajustes que sean del caso para posibilitar el desarrollo de una apuesta a largo plazo, considerando los diferentes sectores productivos y su viabilidad, acorde con las condiciones climáticas.

### 5.2.6.5 Coordinación interinstitucional en el diseño y desarrollo de políticas, planes, programas y acciones de los sectores productivos y ambientales

Con base en los resultados de la vulnerabilidad establecida en el capítulo anterior, es procedente la socialización y discusión de resultados para ajustar los objetivos de los Planes de Desarrollo que puedan verse comprometidos y afectados por los efectos del cambio climático.

Para ello se recomienda utilizar los instrumentos ambientales desarrollados por el DNP y el MAVDT, como es la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE). Dicho instrumento sistémico permite incorporar consideraciones ambientales en las decisiones estratégicas del desarrollo, el cual está diseñado para ser aplicado a los planes y programas, como un ejercicio continuo e iterativo. La EAE es un instrumento que aporta al proceso de planificación elementos como la consideración adecuada de objetivos ambientales, la mejora de la información ambiental, la realización de análisis y diagnósticos que incorporen adecuadamente la dimensión ambiental, la promoción de alternativas ambientalmente sostenibles, la evaluación de la sostenibilidad ambiental de las alternativas consideradas, la participación y la transparencia en la toma de las decisiones estratégicas de desarrollo. Igualmente se requiere

fortalecer mecanismos existentes de trabajo interministerial como el de las agendas interministeriales que plantean temas de trabajo conjunto y articulado entre éstos.

En Colombia, a partir de los avances de orden normativo y de la reforma en la gestión ambiental pública de 1993, el objetivo de la sostenibilidad ha sido incorporado como postulado teórico en el diseño de políticas públicas. Es así, como las políticas ambientales juegan un papel determinante y articulador del desarrollo sostenible, ya que en su marco de acción convergen diferentes actores institucionales, sectoriales y sociales.

Específicamente, en cuanto a Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), un avance significativo lo constituye la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (Marzo de 2010) que tiene por objetivo general el “Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente”.

El anterior objetivo se desarrolla en seis objetivos específicos orientados a: Oferta, Demanda, Calidad, Riesgo, Fortalecimiento Institucional y Gobernabilidad. Dentro de las acciones estratégicas planteadas desde la Política Hídrica que apuntan al fortalecimiento en términos de coordinación interinstitucional para la planificación ambiental se resaltan:

- Promover la articulación de los planes de ordenamiento territorial a los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.
- Orientar estrategias de ocupación del territorio en los planes de ordenamiento territorial y en los planes de desarrollo territorial.
- Incorporar la gestión integral del recurso hídrico en los principales sectores productivos usuarios del agua, para lo cual se requiere estructurar e implementar el componente ambiental de los planes departamentales de agua y saneamiento (PDA) e incorporar las directrices de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en los planes estratégicos y de acción de los principales sectores usuarios del recurso hídrico priorizados en el Plan Hídrico Nacional.
- Mejorar la capacidad de gestión pública del recurso hídrico en las Autoridades Ambientales y otros tomadores de decisiones.
- Adicionalmente, se incluye la revisión normativa y articulación con otras políticas. Esta estrategia es relevante ya que permite la actualización y adaptación de las orientaciones de política de acuerdo con los cambios del sistema social y ambiental.

Paralelamente, el instrumento que permitirá el trabajo interinstitucional en el marco de la GIRH es el Plan Hídrico Nacional, el cual desarrollará cada una de las líneas de acción estratégicas de la Política Nacional a través de la definición de programas y proyectos específicos, y establecerá metas puntuales con el fin de determinar el grado de implementación del Plan y su impacto sobre el recurso hídrico.

Por otra parte, el MAVDT revisó la Política Nacional de Biodiversidad (PNB) y en el momento está actualizándola a la luz de los nuevos requerimientos socioeconómicos y a las nuevas exigencias derivadas, entre otras, del cambio climático y del uso del territorio. El principal enfoque abordado en esta revisión fue la necesidad de abandonar la idea de gestionar la biodiversidad exclusivamente como objeto biológico y patrimonio de las ciencias naturales. En la nueva gestión se tiene en cuenta tanto la producción de conocimiento como las decisiones de preservación, uso o restauración, se producen por los más diversos actores de la sociedad, quienes deben ser reconocidos e integrados explícitamente como legítimos interlocutores, así sus expectativas sean contradictorias.

El objeto que se ha venido construyendo en la revisión de la PNB, es la necesidad de promover una gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos a niveles nacional, regional y local, reconociendo los cambios sociales y ecológicos, a través de acciones conjuntas, coordinadas y concertadas entre el Estado, el sector productivo y la sociedad civil.

Para atender este objetivo se ha planteado la necesidad de considerar la biodiversidad ligada a la oferta y servicios ecosistémicos, para lo cual se considera que se debe asegurar la conservación de la misma, como base para la provisión y mantenimiento de servicios ecosistémicos primordiales para la calidad de vida y el bienestar de la sociedad colombiana.

Para efectos de mejorar la articulación entre Biodiversidad, Gobernanza y Desarrollo Territorial, se plantea la necesidad de fortalecer los esquemas de gobernanza para la gestión integral de la biodiversidad.

En relación a la Biodiversidad y el Desarrollo Sectorial, se considera necesario posicionar la biodiversidad como elemento fundamental del desarrollo económico nacional y eje estratégico para la competitividad de Colombia.

Un aspecto estructural corresponde a la necesidad de articulación entre Biodiversidad, Educación y Multi-Culturalidad, para lo cual se considera necesario reconocer e incorporar la biodiversidad en nuestra vida diaria y fortalecer la gestión integral de la biodiversidad a partir de la integración de los diferentes sistemas de conocimiento existentes en el país.

Igualmente, es necesario estructurar acciones relacionadas con la Biodiversidad y Gestión del Conocimiento e Información para lo cual se plantea promover y fortalecer la generación, recuperación, financiación y divulgación del conocimiento que permita orientar la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Respecto a la Biodiversidad y Gestión del Riesgo es necesario reducir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de adaptación de los sistemas sociales y culturales del país ante eventos relacionados con riesgos ambientales.

Por último, la PNB en revisión plantea la necesidad de desarrollar acciones relacionadas con Biodiversidad y Responsabilidad Global, teniendo en cuenta la conveniencia de promover y fortalecer la biodiversidad como elemento estratégico del país para sus negociaciones internacionales, así como para evidenciar nuestro compromiso frente a los retos ambientales globales.

Estos enfoques derivados de políticas ambientales recientemente expedidas por el MAVDT o en proceso de expedición, así como otras políticas ambientales ya expedidas, deben articularse con las políticas energéticas, mineras, agrícolas, de ocupación del territorio, de competitividad, industriales y de ampliación en infraestructura, para buscar sinergias que potencien el uso del territorio, disminuyan la vulnerabilidad ante el cambio climático y evite prácticas inadecuadas o malas adaptaciones.

### 5.2.7 Valorar y proteger la base productiva a partir de los bienes y servicios de la biodiversidad

Como se ha venido planteando además de la necesidad de mejorar la infraestructura y capacidad tecnológica en temas climáticos, y el diseño de infraestructura resistente al cambio climático, se reconoce también que los ecosistemas suministran servicios vitales tales como agua potable, protección, hábitat, alimentos, materiales frescos, materiales genéticos, una barrera frente a los desastres, una fuente de los recursos naturales y muchos otros servicios ecosistémicos sobre los cuales las personas dependen de su sustento.

En este sentido, se considera que la adaptación al cambio climático debe considerar los ecosistemas en el diseño de las medidas dado que éstos son soporte y generan bienes, insumos y servicios fundamentales para los sectores productivos. Adicionalmente esta visión permite identificar de manera más clara, holística y estructurada las necesidades de adaptación tanto para la base natural como para las actividades productivas y la población. En este enfoque, es conveniente que el Plan Nacional de Adaptación articule las diferentes visiones de la oferta natural, con el fin de orientar de manera más clara las acciones específicas a desarrollar.

Al respecto se plantea que las estrategias deben ir enfocadas a minimizar los impactos económicos de cada sector y a maximizar el bienestar de la población y los ecosistemas, lo cual permitirá crear acciones concretas que vayan de la mano con el desarrollo sostenible del país. De esta forma se buscaría que tanto los ecosistemas como las actividades productivas puedan contrarrestar los impactos negativos del cambio climático y potenciar aquellos que sean positivos.

Entre las actividades consideradas para el manejo de los ecosistemas tendientes a aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de las personas y del medio ambiente frente al cambio climático, se considera necesario fortalecer las iniciativas para un manejo sostenible del agua donde las cuencas de los ríos, acuíferos, humedales y ciénagas, y su vegetación asociada deben ser manejadas con el objeto de garantizar el suministro de los reservorios de agua, así como los servicios de regulación hídrica frente a las inundaciones.

Adicionalmente, resulta apropiado fortalecer las acciones tendientes a la reducción del riesgo de desastres donde la restauración de hábitats costeros como los manglares, pueden ser usados como una medida efectiva de prevención al impacto de las tormentas y marejadas, así como frente a la intrusión salina y la erosión costera.

Para asegurar el suministro de alimentos en las variaciones de las condiciones climáticas locales, se considera necesario establecer sistemas agrícolas diversos, aprovechando las investigaciones de los institutos y centros de investigación agrícolas, ganaderos y forestales como Corpoica, CIAT y el Cipav, entre otros. Igualmente, se debe asegurar la incorporación del conocimiento ancestral de cultivos específicos así como de variedades de especies para mantener la diversidad genética de los cultivos y animales, además de la conservación de los paisajes agrícolas diversos.

### 5.2.8 Fortalecer la gestión de cooperación y recursos para la adaptación

Las instituciones colombianas, especialmente las ambientales, están realizando importantes esfuerzos para financiar los proyectos relacionados con el cambio climático, sin olvidar el apoyo significativo de la cooperación internacional. No obstante, debido a la magnitud y complejidad del tema y a sus efectos potenciales, el país tendrá que disponer



de más recursos propios e internacionales para comprender el fenómeno y, sobre todo, para diseñar y poner en marcha las medidas de adaptación, especialmente en sectores no ambientales.

El país ha tenido un importante apoyo para el desarrollo de proyectos de adaptación por parte de los organismos internacionales que son socios actualmente en diversos proyectos de adaptación como Pnud, FAO, OPS, UNICEF, OCHA<sup>5</sup>, UNODC<sup>6</sup>, y PMA<sup>7</sup>, BID, BM, entre otros. El abordaje del cambio climático en la planeación nacional y en los estamentos internacionales aun es insuficiente y requiere mayor articulación para una adecuada planificación y ejecución de las entidades y los organismos asociados y, por ello, aquí se encuentra un amplio espacio de trabajo.

No obstante lo anterior, con el fin de evitar la dispersión de esfuerzos y lograr la mayor efectividad en la implementación de futuros proyectos de adaptación, se debe diseñar de manera prioritaria el Plan Nacional de Adaptación nacional para orientar los recursos externos y así mantener la unidad de criterio en el desarrollo y obtención de resultados aplicables de manera más coherente dentro de un marco de referencia para la acción.

### 5.3 ACTORES PRINCIPALES Y GESTIÓN PARA LA ADAPTACIÓN

En este numeral se presentan las entidades que han participado en proyectos piloto de adaptación al cambio climático, o que son determinantes por función y competencia en el desarrollo de las medidas de adaptación a ser implementadas. A estas entidades se suma un sinnúmero de entidades públicas, privadas, ONG's y ciudadanía en general que pueden participar en la estrategia de adaptación al cambio climático.

#### 5.3.1 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)

El MAVDT, como autoridad nacional para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) cuenta con el Grupo de Mitigación de Cambio Climático (GMCC), que se ocupa de la gestión de los proyectos de mitigación, brindando el soporte técnico y trámites de aprobación en los proyectos de MDL. Tiene como prioridad la representación nacional en las negociaciones internacionales en la temática, además de la contribución y la coordinación de las iniciativas y la definición de políticas.

En el año 2008, el GMCC publicó el "Colombia CDM (Clean Development Mechanism) Portafolio 2008". Para una mayor información sobre este proyecto véase el Capítulo correspondiente a Mitigación. Adicionalmente está preparando la formulación de lineamientos nacionales para incorporar la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático en el ordenamiento territorial, así como la ejecución de un proyecto, con el Programa Conjunto Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano, del SNU<sup>8</sup>, y el DNP para integrar estos elementos en un piloto municipal.

#### 5.3.2 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural financia 14 proyectos de investigación en adaptación y mitigación del cambio climático para el sector agropecuario, en asociación con varias entidades, especialmente con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), la Universidad Nacional y algunos gremios productivos. Los proyectos dependen de la Dirección de Desarrollo Tecnológico; no obstante, el cambio climático también es abordado desde el Grupo de Gestión Ambiental de la Dirección de Política Sectorial, especialmente con medidas de mitigación. El MADR tiene diseñados además algunos mecanismos de alivio para productores afectados por fenómenos climáticos, tales como el aseguramiento, la refinanciación de deudas, la compra de cartera y compensaciones, pero han demostrado ser insuficientes para el alto número de damnificados.

El MADR participa del Proyecto de Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (Predecan), que entre otros, busca facilitar a los países de la subregión la superación de las limitaciones y el avance hacia una efectiva incorporación de la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático en el sector agropecuario.

#### 5.3.3 Departamento Nacional de Planeación (DNP)

El DNP pertenece a la rama ejecutiva del poder público y depende de la Presidencia de la República. Es una entidad técnica que apoya al Gobierno en la toma de decisiones e impulsa una visión estratégica del país, mediante el

5 Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios, Naciones Unidas Colombia.

6 Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.

7 Programa Mundial de Alimentos.

8 Sistema de Naciones Unidas.

diseño, la orientación y evaluación de las políticas públicas, el manejo y la asignación de la inversión pública y la concreción de éstas en planes, programas y proyectos del Gobierno. Los departamentos administrativos tienen la misma categoría de los ministerios, pero no tienen iniciativa legislativa.

Este Departamento cuenta con un Grupo de política ambiental y desarrollo sostenible, adscrito a la Dirección de Desarrollo Urbano y Política Ambiental, que tiene la tarea de diseñar la política de cambio climático del país, mediante un documento Conpes. Adicionalmente, el DNP adelanta el componente correspondiente al país dentro del “Estudio regional de la economía del cambio climático para Suramérica” iniciativa auspiciada por la Cepal.

### 5.3.4 Colciencias

Colciencias es el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación que promueve las políticas públicas para fomentar la investigación en Colombia. Las actividades alrededor del cumplimiento de su misión, implican concertar políticas de fomento a la producción de conocimientos, construir capacidades y propiciar la circulación y usos de las mismas. Colciencias apoya a diferentes entidades en investigación de cambio climático.

### 5.3.5 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)

La principal función del Ideam es generar información sobre el estado actual de los recursos naturales renovables, sus amenazas y vulnerabilidades y coordinar el Sistema de Información Ambiental. Es responsable de la administración, el manejo y procesamiento de la red hidrometeorológica del país y es la autoridad en materia hidroclimática.

De acuerdo con la función designada en el Decreto 291 de 29 de enero de 2004, el Ideam es la entidad encargada de coordinar y preparar las Comunicaciones Nacionales de cambio climático ante la CMNUCC. Además, aporta criterios, estudios, directrices técnicas y prioridades de investigación a las negociaciones internacionales del país. La entidad se encarga de estudiar y publicar los escenarios oficiales de cambio climático y actualmente es la contraparte del gobierno colombiano en el “Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático -Inap-” (cómo coordinador técnico de éste), el “Programa Conjunto de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano” y el “Proyecto cambio climático con enfoque territorial en región capital Bogotá-Cundinamarca”<sup>9</sup>.

### 5.3.6 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (Invemar) y CORALINA

El Invemar hace parte de los institutos de investigación vinculados al MAVDT, y su función principal es generar investigación ambiental básica y aplicada de los recursos naturales renovables, el medio ambiente y los ecosistemas costeros y oceánicos, de los mares adyacentes al territorio nacional. Ha tenido un papel destacado en el análisis del cambio climático en Colombia, ejecutó el primer proyecto de adaptación en el país, en el que analizaba el impacto del ascenso del nivel del mar en las zonas costeras. Este instituto lleva a cabo dos iniciativas con el Programa holandés de asistencia a estudios sobre el cambio climático (NCAP), con el objetivo de generar capacidades de adaptación y análisis de vulnerabilidad por aumento del nivel del mar en ambas costas (caribeña y pacífica), y hace parte de la Red Internacional (Coastman): Red Global para el manejo integrado de zonas costeras.

Además, el Invemar junto con la corporación para el desarrollo sostenible del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA), son los responsables del componente C del proyecto Inap que busca la implementación de un programa de adaptación insular continental y oceánico en el Caribe colombiano (ver numeral 5.4.2).

### 5.3.7 Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)

El Instituto tiene como misión promover, coordinar y realizar investigación que contribuya al conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana. Recientemente actualizó junto con el MAVDT, la Política de Biodiversidad y cumple un rol fundamental en la investigación y apoyo para el desarrollo de acciones de adaptación basada en ecosistemas.

Actualmente, el IAvH está desarrollando algunos proyectos como es el caso de: la distribución de las aves ante escenarios de cambio climático, basado en los modelos de distribuciones potenciales actuales y proyectadas (en escenarios A2 y B2 de emisiones de GEI para el 2050 y 2080); las turberas Andinas en el contexto de cambios ambientales globales con el fin de conocer las tasas de acumulación de carbono de estas, las concentraciones de nutrientes que acumulan y su influencia en la hidrología local; y el estudio de las relaciones entre la dinámica del uso del suelo y la climatología regional, como una evidencia de cambio climático en la región de los Andes.

<sup>9</sup> Este proyecto ya está aprobado pero aún no ha iniciado su ejecución.

El Instituto cuenta con un Sistema de Información sobre Biodiversidad que corresponde a una iniciativa de carácter nacional, encaminada a satisfacer las necesidades de información del país en cuanto a la conservación y el uso sostenible de sus recursos biológicos; como se vio en el modelo de vulnerabilidad esta información es fundamental para determinar los posibles impactos sobre los recursos naturales renovables en el país.

### 5.3.8 Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP)

El IIAP realiza investigación científica básica y aplicada en el territorio-región del Pacífico colombiano desarrollando procesos participativos, para la generación, utilización, transmisión y socialización de conocimientos dirigidos a la conservación y al fortalecimiento de los sistemas naturales y culturales, y al mejoramiento del bienestar de la población de dicha región.

Dentro de su plan institucional de investigación, contempla un programa relacionado directamente con el tema del cambio climático, dirigido a la gestión de riesgos y amenazas por fenómenos naturales y antrópicos en el Chocó Biogeográfico. Este programa tiene como objetivo entender los fenómenos naturales, especialmente los asociados a factores climáticos y procesos de cambio climático, y el desarrollo de actividades orientadas a la producción de bienes y servicios que ocasionan riesgos sobre los asentamientos humanos y sobre los componentes de la biodiversidad.

### 5.3.9 Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI)

Este instituto ejerce funciones de autoridad científica a través del desarrollo y ejecución de proyectos de investigación que involucran aspectos de la biodiversidad, alternativas productivas para el mejoramiento de la calidad de vida, estudios sobre los procesos y dinámicas de ocupación, y genera información georeferenciada de la región amazónica como apoyo al MAVDT. En sus líneas de investigación cuenta con un programa de modelos de cambio climático en la Amazonia: vulnerabilidad, adaptabilidad y mitigación.

### 5.3.10 Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN)

Esta entidad tiene como misión la administración del Sistema de Parques Nacionales y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap), en el marco del ordenamiento ambiental del territorio, con el propósito de conservar in situ la diversidad biológica y ecosistémica representativa del país, así como, proveer y mantener bienes y servicios ambientales, proteger el patrimonio cultural y el hábitat natural donde se desarrollan las culturas tradicionales como parte del Patrimonio Nacional y aportar al Desarrollo Humano Sostenible.

Las áreas protegidas (AP) juegan un papel importante en la adaptación al cambio climático porque mantienen la integridad de los ecosistemas, amortiguan el clima local, reducen los riesgos y los impactos de los eventos climáticos extremos como tormentas, sequías y el aumento del nivel del mar; éstas contribuyen a reducir la vulnerabilidad e incrementan la resiliencia de ecosistemas naturales y conservan servicios ecosistémicos indispensables para la seguridad de un territorio y una población, como lo son el agua, alimentos (pesca y agricultura), servicios de polinización y mantenimiento de especies silvestres y en salud, ya que proveen protección del hábitat para medicinas tradicionales y reducen la expansión de vectores comunes en ecosistemas degradados.

Actualmente Parques Nacionales Naturales de Colombia está diseñando una estrategia de cambio climático para las áreas y para el Sistema de Parques Nacionales Naturales que permita fortalecer medidas específicas de adaptación y de mitigación al cambio climático dentro de las líneas de acción de los planes de manejo. Dicha estrategia podrá servir como insumo para abordar el tema en el contexto del Sistema Nacional de Áreas Protegidas -Sinap-.

### 5.3.11 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, es una entidad de participación mixta de carácter científico y técnico. Tiene como principales funciones el propender por la generación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico agropecuario a través de la investigación científica, la adaptación de tecnologías, la transferencia y la asesoría con el fin de mejorar la competitividad de la producción, la equidad en la distribución de los beneficios de la tecnología, la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales, la capacidad científica y tecnológica del país para elevar la calidad de vida de la población.

En relación con el área de adaptación ha venido desarrollando dos líneas estratégicas que corresponden al desarrollo e implementación de alternativas tecnológicas que permitan la adaptación exitosa de los sistemas de alimentación a

los efectos de eventos extremos, como inundaciones, sequías severas y heladas. La segunda línea corresponde al desarrollo de estrategias integrales de manejo de plagas y enfermedades asociadas con las alteraciones del clima en sistemas de producción bovina del altiplano Cundiboyacense.

En la primera línea Corpoica está ejecutando junto con el CIAT, un proyecto dirigido al desarrollo de genotipos de *Brachiaria* adaptados a suelos con drenaje deficiente para aumentar producción bovina y adaptar sistemas de pastoreo al cambio climático en América Latina. Además, están identificando los mecanismos fisiológicos de las plantas asociados con la tolerancia a sequía o exceso de humedad en el suelo y se están generando nuevos cultivares más tolerantes a estas condiciones.

En cuanto a la segunda línea estratégica, está dirigida a estudiar la dinámica de algunas plagas y enfermedades que afectan los sistemas pecuarios especialmente del altiplano Cundiboyacense y su relación con los cambios de clima. Los posibles aumentos de infestaciones con plagas con el cambio de clima pueden significar un aumento en las enfermedades transmitidas por ellos y mayor uso de químicos para controlarlas, con las consiguientes implicaciones económicas y ambientales.

Además de esto, Corpoica y el CIAT han generado prácticas de labranza apropiada y han identificado germoplasma de cultivos, forrajes y árboles con potencial para recuperar pasturas degradadas, descompactar los suelos y mejorar el secuestro de carbono y la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo, lo cual se espera contribuya a mantener la producción animal durante las épocas secas.

### 5.3.12 Universidad Nacional de Colombia (Unal)

La Universidad Nacional de Colombia es una de las instituciones académicas que más investigaciones ha realizado en los temas hidrometeorológicos relacionados con el cambio climático en el país. Participa junto con el Ideam del componente del Proyecto Inap, encargado de la generación de escenarios de cambio climático y además de los proyectos del MADR. Dentro de las investigaciones destacadas se encuentran las contempladas bajo el "Programa de investigación para la gestión integral del agua en Colombia", financiado por Colciencias y realizado por el Grupo Red de Cooperación en Investigación sobre el Agua (Grecia), conformado por los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, la Universidad de Antioquia y el Ideam.

Dicho programa de investigación se enfoca en la creación de nuevos conocimientos sobre la dinámica y la variabilidad de los diferentes componentes del balance hídrico en Colombia, en su cantidad y calidad, y en el desarrollo de herramientas computacionales para la gestión óptima del recurso agua en el país.

La investigación se concretó en trece proyectos de investigación, varios de ellos ligados entre sí, de los cuales se resume:

- A) Grupo de proyectos en conocimiento del medio natural con: 1) Mapa nacional interactivo de calidad de agua; 2) Eventos hidrológicos extremos; 3) Cambio y variabilidad climática y efectos sobre el recurso hídrico; 4) Procesos de interacción océano-atmósfera-tierra; 5) Productividad en ciénagas tropicales; 6) Gestión de la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas; 7) Contaminación por mercurio, caso ciénaga Ayapel.
- B) Grupo de proyectos en herramienta de gestión, con: 1) Bases para un modelo hidrológico nacional; 2) Instrumentos de gestión del recurso hídrico; 3) Manejo integral de microcuencas costeras.
- C) Grupo de proyectos de paquetes tecnológicos, con: 1) Uso racional del agua y manejo eficiente de aguas residuales; 2) Tecnologías sostenibles de potabilización y tratamiento de aguas residuales; y 3) Deterioro de la calidad del agua en acueductos (UNal *et al.*, 2009).

### 5.3.13 Cruz Roja Colombiana

La Cruz Roja Colombiana es un organismo reconocido en el país, adscrito al Sistema de Prevención y Atención de Desastres, al Sistema de Desplazados y al Sistema de Salud.

La institución cuenta con un programa de cambio climático vinculado al área de socorro y una coordinación específica para el tema. En la actualidad ejecuta dos proyectos: 1) Medidas de adaptación con comunidades campesinas e indígenas en la Guajira y, 2) Intercambio de experiencias con el Centro del Clima, de la Federación de la Cruz Roja en Holanda.

Esta institución dio impulso en 2007 a la conformación de la Mesa Nacional de Cambio Climático y tiene como una de sus estrategias principales de actuación la integración de medidas de adaptación al cambio climático, especialmente en relación con la gestión del riesgo. Adicionalmente, cuenta con un "Modelo de comunicación estratégica para adaptar y sensibilizar al público frente a las consecuencias del cambio climático en Colombia".



### 5.3.14 Conservación Internacional (CI)

Conservación Internacional es una organización sin ánimo de lucro, fundada en 1987, con programas en más de 40 países de los cuatro continentes donde se encuentran las áreas de mayor riqueza biológica del mundo. En Colombia, inició sus actividades el 19 de diciembre de 1991; con la cooperación de organizaciones nacionales e internacionales trabaja en el diseño y ejecución de programas que integran la conservación de los recursos naturales con el desarrollo socio-económico en el ámbito nacional, regional y local. Estos programas involucran a los sectores gubernamental, académico-científico y a la población civil en las diferentes instancias de participación (CI, 2009).

El 15 de junio de 2006, la Agencia Presidencial para la Acción Social, la Agencia Colombiana de Cooperación Internacional -ACCI-, Conservación Internacional - Colombia y el Banco Mundial, suscribieron un Acuerdo de Donación (TF 056350) por un monto de US\$ 5,4 millones, con recursos provenientes del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), para financiar la ejecución del Inap. El objetivo general del proyecto es: apoyar la definición e implementación de medidas piloto de adaptación y opciones de política para prever anticipadamente los impactos del cambio climático, en ecosistemas de alta montaña, áreas insulares del Caribe colombiano y la salud humana (dengue y malaria). En el 5.4.2 se describe el proyecto Inap, que ha contado con el apoyo de Conservación Internacional.

### 5.3.15 WWF

El World Wildlife Fund for Nature (WWF) Colombia, sigue los lineamientos de WWF Internacional y por tanto, tiene al cambio climático como prioridad de sus acciones. En el país el tema es particularmente importante y la entidad cuenta con un Oficial de Cambio Climático y Servicios Ambientales. El WWF actualmente ejecuta varias actividades y proyectos de adaptación y mitigación, de los cuales se destacan: a) la campaña mundial de sensibilización “La hora del planeta”; b) la revisión de iniciativas de adaptación a nivel nacional; c) Mediante el proyecto “Un paisaje Vivo: Conservación, Integración Regional y Desarrollo Local en la Cordillera Real Oriental Colombia, Ecuador y Perú”, se avanza con organizaciones privadas y zonas de influencia de Parque Nacionales Naturales de la Cordillera Real Oriental: Perú, Ecuador y Colombia en la formulación de un programa de adaptación como una construcción conjunta con las comunidades beneficiarias de los proyectos.

En el marco de este mismo proyecto y en el Parque Nacional Natural Alto Fragua Indiwasi (PNN AFIW), la Corporación Reconocer, ejecuta el proyecto Sistemas de producción sostenibles en la cuenca Alta del Río San Pedro, el cual es cofinanciado por WWF, MacArthur y la UE. Como resultado se busca obtener la percepción de la comunidad respecto a la adaptación: los temores, prejuicios, incertidumbres, avances y necesidades tecnológicas de los sistemas socioambientales y productivos para seguirse adaptando. Adicionalmente, se cuenta con un convenio entre el Ideam y WWF, relacionado con el desarrollo de actividades conjuntas para el desarrollo de análisis de vulnerabilidad y el diseño de estrategias de adaptación al cambio climático.

### 5.3.16 Instituto Nacional de Salud (INS)

El INS es una entidad de carácter científico-técnica que contribuye a proteger y mejorar las condiciones de salud de las personas. Teniendo en cuenta esto, participa en el proyecto Inap como responsable del componente D, el cual está relacionado con respuestas a las enfermedades tropicales transmitidas por vectores (malaria y dengue), inducidas por el cambio climático (ver numeral 5.4.2).

### 5.3.17 Otras instituciones

Se desataca adicionalmente el trabajo de otras entidades que vienen desarrollando acciones en materia ambiental con el cambio climático como: Comisión Colombiana del Océano, Comisión Colombiana del Espacio, DIMAR, Autoridades Ambientales, Cipav, Universidad del Valle, Universidad del Cauca, Universidad de Los Andes, Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Jorge Tadeo Lozano, UDCA, Universidad de Antioquia, TNC<sup>10</sup>, Fundación Natura, la EAAB-ESP, entre otras entidades.

## 5.4 LOGROS DE PROYECTOS PILOTO DE ADAPTACIÓN EN EL PAÍS

### 5.4.1 Vulnerabilidad de la zona costera por cambio en el nivel del mar (Proyecto Holandés)

El proyecto “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, insular y Pacífico) y medidas para su adaptación”, involucra la gobernabilidad en las costas Caribe y Pacífico de Colombia, además del uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con el fin de desarrollar la capacidad nacional ante un posible ascenso rápido del nivel del mar (ARNM).

El proyecto que finalizó en julio de 2003, permitió identificar cuáles son las áreas críticas, además de realizar un Plan de Acción teniendo en cuenta el resultado de vulnerabilidad “alta” de las zonas costeras colombianas frente a un posible Ascenso en el Nivel del Mar (ANM), junto con la definición de acciones prioritarias a desarrollar en las zonas costeras colombianas para los periodos 2002 a 2012, 2012 a 2030 y 2030 a 2100.

Esta investigación ha servido de soporte a la Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y Zonas Costeras e Insulares de Colombia (PNAOCI), para generar conciencia en el público general de las posibles amenazas causadas por el ANM y del establecimiento de cooperación internacional de países con amplia trayectoria en la evaluación de la vulnerabilidad en las zonas costeras.

El proyecto fue parte del Programa Holandés de Asistencia para Estudios sobre Cambio Climático, (Netherlands Climate Change Studies Assistance Programme -NCCSAP), una iniciativa del Ministerio Holandés de Relaciones Exteriores a través de la oficina de Dirección General para Cooperación Internacional (DGIS). El programa encomendó su responsabilidad al MAVDT quien delegó al INVEMAR para ejecutar el proyecto. En contraparte el NCCSAP contrató al Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Libre de Ámsterdam (Institute for Environmental Studies -IVM-), para supervisar los estudios, quienes a su vez contrataron los servicios del instituto Delf Hydraulics, consultor independiente con amplia experiencia en el tema. Colombia contó además con la Embajada Real de los Países Bajos en Bogotá como cofinanciador del proyecto.

El proyecto utilizó la metodología del IPCC, que consiste en siete pasos diferentes e interrelacionados, cuya meta final es la producción de un Plan de Acción orientado a suministrar acciones que aminoren los impactos del aumento en el nivel del mar y a la identificación de estrategias de respuesta ante el mencionado fenómeno.

A continuación se describen de forma resumida, los avances que se han generado en el Plan de Acción definido por el proyecto, en las diferentes temáticas planteadas: investigación; monitoreo; sistema de información; incorporación a la planificación territorial; incorporación a la planificación sectorial; gobernabilidad; capacidad técnica; difusión de información a la sociedad en general; aspectos culturales y sociales; educación formal en todos los niveles; fortalecimiento de la capacidad de gestión internacional; y proyección de Colombia hacia las regiones Caribe y Pacífico sudeste.

#### 5.4.1.1 Investigación

En el tema de investigación se han tenido avances importantes que ha venido desarrollando el Invemar desde el año 2000, en estudios y acciones que brindan insumos en relación a la vulnerabilidad y medidas de adaptación al ascenso en el nivel del mar por efectos del cambio climático. Al respecto se cuenta con:

- Avances en la construcción de capacidad para mejorar la adaptabilidad al aumento en el nivel del mar en dos puntos vulnerables (Tumaco-Costa Pacífico y Cartagena-Costa Caribe) en las zonas costeras colombianas (finalizado en 2008)
- Se ha venido trabajando desde el año 2006 en la conformación de una Red de Centros de Investigación para la cooperación interinstitucional y el intercambio de información en materia de ciencias marinas y de extensión en la temática de cambio climático<sup>11</sup>.
- El laboratorio de sistemas de información LabSIS del Invemar cuenta con insumos importantes como: geomorfología y rasgos geomorfológicos de la zona costera a escala 1:100.000; erosión costera a escala 1:100.000; cobertura de la zona costera a escala 1:100.000; uso actual y sistemas productivos de la zona costera a escala 1:100.000; paisajes del fondo marino a escala 1:500.000; ecosistemas marinos y costeros: lagunas costeras, manglares, corales, pastos marinos, playas y litorales a escala 1:100.000.
- El INVEMAR en apoyo con las CAR y otras entidades, ha avanzado en el diagnóstico de la erosión del Caribe y Pacífico colombiano. De esta gestión se generó el “Programa Nacional de Investigación para la Prevención, Mitigación y Control de la Erosión Costera en Colombia (Plan de Acción 2009 - 2019)”.
- Actualmente en el desarrollo del proyecto Inap se estableció el Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental (GOOS) y se desarrollaron los lineamientos para un plan de manejo de arrecifes coralinos del Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte (Resolución 679 de 2005 del MAVDT).

<sup>11</sup> De esta red harían parte: la Universidad de Antioquia, Universidad del Valle, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Universidad Nacional de Colombia, la Dimar y el Invemar.

#### 5.4.1.2 Monitoreo

En esta temática se estableció el Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental (GOOS) referido anteriormente. Para tal propósito se instalaron nueve dispositivos electrónicos para el registro continuo de la temperatura y luminosidad en formaciones coralinas del Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte. Además, se han implementado sistemas de información en el marco del Sistema de Información Ambiental Marino como: SISMAC<sup>12</sup>, REDCAM<sup>13</sup>, SIPEIN<sup>14</sup> y ARGOS<sup>15</sup>:

#### 5.4.1.3 Sistema de información

En este aspecto el INVEMAR es el coordinador del Sistema de Información Ambiental Marino -SIAM-, en el cual se incluye la información con relación al tema de aumento del nivel del mar (ANM) y que hace parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia -SIAC-.

Al respecto, también se tienen en cuenta las acciones desarrolladas en el marco del proyecto Inap, como el Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental -GOOS-, que es el resultado de la integración de información y herramientas de software para el tratamiento de datos meteorológicos y oceanográficos provenientes de diversas fuentes, con el fin de apoyar la definición e implementación de medidas piloto de adaptación específica y opciones políticas para prever los impactos del cambio climático.

Los servicios disponibles del GOOS son: distribución espacial de las estaciones de monitoreo, descripción de las variables, métodos y frecuencia de la toma de datos, un módulo de estadísticas con un geovisor y un graficador de la variación temporal de una o más variables, acceso a los datos primarios de las estaciones, documentos de interés para los temas Inap y un administrador de metadatos.

#### 5.4.1.4 Incorporación a la planificación territorial

Con la información aportada por los estudios sobre vulnerabilidad ante el ascenso en el nivel del mar (estudio nacional y estudios en zonas críticas Cartagena y Tumaco), y los procesos del Manejo Integrado de Zonas Costeras -MIZC-, realizados en las UAC (Unidad Ambiental Costera), se ha aportado elementos con relación a los planes de desarrollo y riesgo de las zonas costeras con relación a las amenazas naturales que las afectan. Con los resultados obtenidos se proponen medidas de mitigación que han sido involucradas o están siendo involucradas en los planes de ordenamiento territorial, como el POT de Tumaco, Cartagena, y los EOT de Turbo, Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes. Los estudios se han divulgado con las entidades territoriales de las áreas estudiadas, en espacios como: talleres en el marco de los proyectos, Comités MIZC, reuniones organizadas por los entes territoriales, Consejos Directivos de las CAR.

Asimismo, se ha venido trabajando en el tema de zona costera como determinante ambiental en el ordenamiento territorial. Al respecto se tienen avances para los departamentos de Atlántico y Córdoba. Para este último caso, recientemente el Invemar y la CVS, formularon el plan de manejo integrado del DMI Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú, el cual como área protegida se constituye en determinante para los municipios de San Antero y Lorica.

Como parte del proceso de implementación de la PNAOCI (Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras e Insulares de Colombia), se han llevado a cabo procesos de MIZC en las siguientes UACs, en los cuales se ha identificado el tema vulnerabilidad por ascenso en el nivel del mar: Darién, Estuarina río Sinú-golfo de Morrosquillo, Magdalena (sector departamento del Atlántico), Vertiente Norte Sierra Nevada de Santa Marta y Llanura Aluvial del Sur.

Por otra parte, con relación al estudio que se hizo en el área crítica de Cartagena, se han tenido en cuenta los resultados de los estudios sobre ascenso en el nivel del mar para el manejo de problemáticas como la de erosión e inundaciones que enfrenta la ciudad, y actualmente se está considerando la incorporación de los insumos de estos estudios en la actualización del POT. Para el caso de Tumaco, dado que el POT no estaba aprobado en el momento del estudio sobre ascenso en el nivel del mar, los resultados fueron incorporados en el plan de ordenamiento. Igualmente el tema ha sido incorporado al Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, en el marco de las acciones que apuntan a reducir los impactos del cambio climático.

<sup>12</sup> Sistema de Información y soporte al monitoreo de áreas coralinas.

<sup>13</sup> Red de vigilancia de la calidad ambiental marina en Colombia.

<sup>14</sup> Sistema de información pesquera del Invemar en la Ciénaga Grande de Santa Marta.

<sup>15</sup> Sistema multipropósito de monitoreo en una estructura de datos del tipo meta modelo que permite definir atributos y sus dominios de manera dinámica.

#### 5.4.1.5 Incorporación a la planificación sectorial

Si bien con los procesos de MIZC se definen los aspectos ambientales que se pueden considerar para el desarrollo de las actividades sectoriales y en particular lo relacionado con las amenazas naturales (como el tema de ascenso en el nivel del mar), los planes sectoriales aún no reflejan claramente este tema.

El país cuenta con políticas para puertos (Conpes 3611 - Plan de expansión portuaria 2009-2011), turismo (plan sectorial 2006-2010 y documento Conpes 3397 de 2005) y pesca (programa sectorial de desarrollo agropecuario y pesquero 2007-2012), no obstante se considera relevante la incorporación de los avances mencionados sobre cambio climático en estas políticas sectoriales.

#### 5.4.1.6 Gobernabilidad

Actualmente se tiene establecido en el orden nacional el Comité Nacional MIZC, coordinado por el MAVDT y la CCO<sup>16</sup>.

A nivel regional y local se han establecido los Comité MIZC de: Valle del Cauca, la Unidad de Manejo Integrado del Complejo de Bocanas de Guapi e Iscuandé, Cauca, y del Distrito de Cartagena de Indias. Además, se cuenta con los procesos adelantados en las siguientes UAC: Darién, Estuarina río Sinú-golfo de Morrosquillo, Magdalena - sector departamento del Atlántico-, Vertiente Norte Sierra Nevada de Santa Marta y Llanura Aluvial del Sur.

#### 5.4.1.7 Capacidad técnica

El Invermar desde 1999, en el marco de las acciones relacionadas al tema de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), ha venido adelantando cursos anuales de capacitación en MIZC, dirigidos a profesionales del SINA. En tales espacios han participado como docentes expertos nacionales e internacionales, y como asistentes, profesionales de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, entes territoriales, institutos de investigación, universidades, ONGs, comunidades organizadas, entre otros. El objetivo de estos cursos es generar capacidad en el tema a nivel nacional, regional y local, con el fin de facilitar la toma de decisiones para el manejo de los mares y costas en Colombia. Hasta la fecha se han realizado 11 cursos MIZC en cuyas temáticas desarrolla el tema de cambio climático y en particular lo relacionado con el ascenso en el nivel del mar.

Adicionalmente, en este aspecto de fortalecimiento de capacidades se han generado diferentes espacios como talleres, reuniones y cursos, relacionados con el tema de MIZC y los resultados de los estudios realizados sobre aumento del nivel del mar.

#### 5.4.1.8 Difusión de información a la sociedad en general

El Invermar ha realizado procesos de divulgación para informar al público en general de los resultados de sus investigaciones respecto al tema de ANM, como:

- Talleres de divulgación de los resultados del proyecto "Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe continental, Caribe insular y Pacífico) y medidas para su adaptación" y los estudios específicos sobre dos áreas críticas: Cartagena de Indias y Tumaco.
- Talleres de socialización de los procesos de MIZC de las UACs: Darién, Estuarina río Sinú, golfo de Morrosquillo, Magdalena (sector departamento del Atlántico), Vertiente Norte Sierra Nevada de Santa Marta y Llanura Aluvial del Sur.
- Talleres regionales sobre cambio climático organizados por la Vicepresidencia de la República en el 2009 (Santa Marta, Cali).
- Talleres con la Cruz Roja.
- Eventos de divulgación en universidades: Jorge Tadeo Lozano y Universidad del Norte.
- Eventos de divulgación en el tema marino (Ferias).
- Videos institucionales de difusión por televisión nacional.

<sup>16</sup> Comisión Colombiana del Océano.



#### 5.4.1.9 Aspectos culturales y sociales

El Invermar ha tenido en cuenta en el desarrollo de los estudios realizados, la participación de las comunidades locales. En el desarrollo de los procesos de MIZC en las UAC y los estudios sobre ascenso en el nivel del mar, se han llevado a cabo procesos de participativos con las comunidades en diferentes etapas: inicio de las actividades, definición de mecanismos de participación con los actores locales, levantamiento de información en campo, mesas de trabajo en diferentes temas como diagnóstico integrado, zonificación, formulación de planes de manejo, identificación de áreas críticas. Además, durante estos procesos se ha llevado a cabo la divulgación de los resultados obtenidos de las investigaciones.

#### 5.4.1.10 Educación formal en todos los niveles

Los procesos de MIZC desarrollados en las UAC, proponen como parte de sus lineamientos la incorporación en los programas de educación formal de los temas relacionados con el medio marino y costero, como: cambio climático, ANM, biodiversidad y áreas marinas protegidas.

#### 5.4.1.11 Fortalecimiento de la capacidad de gestión internacional

En este tema el Invermar ha brindado insumos aportando los resultados de sus investigaciones sobre ANM para el desarrollo de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC.

#### 5.4.1.12 Proyección de Colombia hacia las regiones Caribe y Pacífico Sudeste

El MAVDT e Invermar como puntos focales nacionales desarrollaron las actividades del proyecto "Red de información y datos del Pacífico Sur para el apoyo a la Gestión Integrada del Área Costera- SPINCAM", cuyo objetivo fue establecer un marco de referencias de Indicadores para el Manejo Integrado de áreas costeras (ICAM) en cada país de la región del Pacífico Sureste (Chile, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú), enfocado en las condiciones ambientales, socio-económicas y de gobernabilidad dentro del contexto de desarrollo sostenible y manejo integrado del área costera.

### 5.4.2 Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Inap)

El proyecto Inap<sup>17</sup> se fundamenta en los resultados de la Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual estableció que las mayores vulnerabilidades del país al cambio climático son las zonas marinas y costeras, los ecosistemas de alta montaña y la salud humana.

La afectación en las áreas marinas y costeras se relaciona con el aumento relativo del nivel medio del mar, con la intrusión salina en los acuíferos que afectan la disponibilidad de agua potable y la pérdida del 17% de las tierras con la inclusión de las zonas costeras en la Isla de San Andrés; además del impacto sobre humedales, corales, atolones, blanqueamiento de corales y la potencial afectación del 65% de la pesca regional.

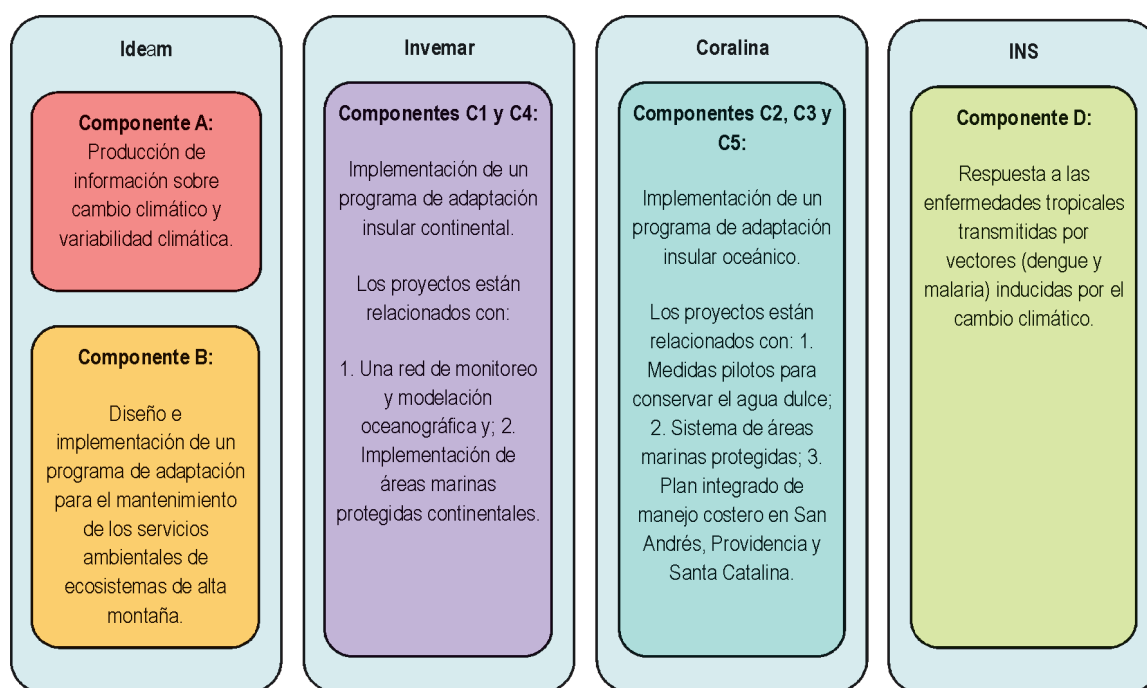
En la alta montaña se localizan los páramos, los cuales son ecosistemas endémicos de los Andes. Tales áreas se encuentran afectadas en la capacidad de retención de agua y carbono, además del aumento de la temperatura y los regímenes de lluvia. Estos cambios conllevan a la pérdida de biodiversidad y la afectación de los servicios ecosistémicos, tales como el potencial hidroeléctrico, el suministro de agua potable y la regulación hídrica.

En Colombia, alrededor de 20 millones de habitantes viven en áreas entre los 15 y 26 °C de temperatura media, donde pueden tener incidencia el dengue y la malaria, por lo tanto, un aumento de 2 °C en la temperatura aumentará la exposición de la población a estas enfermedades.

Con tales circunstancias, el Inap aborda como objetivos específicos los siguientes: a) apoyar la protección de los ecosistemas de páramo y la adaptación de las comunidades locales al cambio climático, además de disminuir su vulnerabilidad, específicamente por la disminución de agua; b) desarrollar medidas de adaptación para reducir la vulnerabilidad de las zonas insulares costeras e insular del Caribe por el aumento del nivel del mar, la reducción de disponibilidad de agua para las poblaciones locales y la protección de los arrecifes de coral y; c) la prevención y reducción de la vulnerabilidad humana al dengue y la malaria.

Para la implementación del Inap, la subdirección de estudios ambientales del Ideam ejerce la coordinación técnica general del proyecto con el apoyo de Conservación Internacional - Colombia. Los componentes específicos son ejecutados por las instituciones que se muestran en la siguiente ilustración. Véase la Figura 5.1.

Figura 5.1 Instituciones y componentes del proyecto Inap



Fuente: Ideam-autores.

#### 5.4.2.1 Componente A

Tiene como objetivo fortalecer la capacidad del país para la producción y difusión de información climática y está coordinado por la subdirección de meteorología del Ideam. La principal medida de adaptación es lograr una mejor documentación disponible, con información confiable sobre clima, variabilidad climática y cambio climático para los tomadores de decisión. Lo anterior, con el fin de adoptar medidas y programas de adaptación.

Para tales propósitos se ejecutan cuatro actividades: 1) mejorar la capacidad técnica y científica para la producción de información de cambio climático; 2) construir escenarios de cambio climático para la elección de medidas de adaptación; 3) complementar y fortalecer la red de datos de cambio climático y fortalecer la capacidad técnica; y 4) fortalecer la capacidad técnica y científica para garantizar la sostenibilidad de las acciones del proyecto.

#### 5.4.2.2 Componente B

Busca desarrollar un programa de adaptación al cambio climático orientado hacia la reducción de la vulnerabilidad del Macizo de Chingaza (Cundinamarca), el cual se ejecuta principalmente en la cuenca del río Blanco que hace parte del sistema hídrico que provee de agua para la capital del país. Asimismo, se tienen algunas acciones específicas en la cuenca del río Claro del Parque Nacional Natural Los Nevados. El componente es coordinado por la subdirección de Ecosistemas del Ideam.

La cuenca del río Claro en el PNN Nevados se seleccionó para aplicar la primera medida de adaptación, correspondiente al monitoreo del ciclo del agua y el carbono, que incluye el monitoreo del glaciar Conejeras del Nevado de Santa Isabel. Para las tres medidas de adaptación restantes se seleccionó la cuenca del río Blanco del Macizo de Chingaza.

Los criterios manejados para la selección de estas áreas son:

- Los bosques montanos de la cordillera Oriental son una de las ecorregiones con los gradientes altitudinal y climático más importantes de Colombia que albergan una gran variedad de hábitats y endemismos. En la cuenca del río Blanco existen además cuatro reservas forestales protectoras aledañas al Parque Nacional Natural.
- El Instituto Alexander von Humboldt identificó la cordillera Oriental como área prioritaria para el desarrollo de inventarios y la definición de unidades de conservación en Colombia. Es la región con mayor proporción de páramos a nivel nacional y mundial. Al sumar las áreas de páramo de los Parques Chingaza y Sumapaz, estos albergan el 8% del total de endemismos de la flora colombiana en la Cordillera Oriental.

Foto 5.2 Quebrada Calostros, La Calera. 2010



Foto 5.3 Reunión con la comunidad de La Calera. 2010



Fuente: Mauricio Cabrera

- El páramo, los bosques y las cuencas que se ubican en el Macizo de Chingaza le confieren a este gran ecosistema la categoría de estratégico para el país; allí se encuentra el sistema Chingaza administrado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), el cual puede abastecer cerca del 80% de las necesidades de agua de los 8 millones de habitantes de Bogotá y de los municipios aledaños.
- En términos de las vulnerabilidades de la alta montaña frente al cambio climático y específicamente las cuencas piloto, se tiene la disminución del área de glaciar Conejeras; los efectos sobre la integridad ecológica de los ecosistemas de alta montaña, incluyendo sus servicios ecosistémicos fundamentales como el agua (calidad y cantidad) y el aumento del riesgo en las comunidades locales, tanto por la seguridad alimentaria asociada a las actividades de producción como por eventos registrados de incendios, remociones en masa, torrencialidad e inundación.

Las medidas de adaptación se han desarrollado a partir del enfoque ecosistémico y la adaptación basada en ecosistemas (Andrade et al., 2009), planteando estrategias de adaptación para el manejo, conservación y restauración de los ecosistemas de alta montaña, tanto naturales como de origen antrópico y así contribuir con el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. En este componente se proponen cuatro medidas de adaptación:

La primera medida de adaptación tiene como objetivo efectuar el monitoreo del área glaciar en los nevados de Colombia e implementar el protocolo de monitoreo del ciclo del agua y del carbono para la cuenca del río Claro y la cuenca del río Blanco. Esta medida representa el soporte de información para las restantes medidas de adaptación del componente.

Dentro de las actividades previstas está el análisis de información y procesos de modelación para determinar el funcionamiento del Macizo de Chingaza y el PNN Los Nevados (ciclo del agua y el carbono), simular la evolución esperada bajo escenarios de cambio climático e inferir implicaciones para su manejo.

Los logros están relacionados con el establecimiento de 7 estaciones hidrometeorológicas en el Macizo de Chingaza: 4 meteorológicas y 3 hidrológicas, una de las cuales tiene transmisión satelital en tiempo real. Igualmente se tiene un neblinómetro en la estación meteorológica de Calostros (cuenca río Blanco). El análisis de los ciclos del agua y el carbono lo efectúa el Ideam a través de las subdirecciones de Hidrología y de Ecosistemas respectivamente.

En la cuenca del río Claro del PNN Los Nevados, se han establecido 11 estaciones, de las cuales 6 son hidrológicas y 5 meteorológicas. Se tienen instalados 3 neblinómetros, uno en la estación de Conejeras y 2 en la estación de San Antonio. Se realizan visitas periódicas para la verificación del funcionamiento y descarga de datos de la red de estaciones y aforos de caudal.

El monitoreo en el glaciar Conejeras del volcán Nevado de Santa Isabel, donde nace el río Claro, se realiza mediante mediciones de balance de masa glaciológico; análisis espaciales y temporales de la línea de equilibrio del glaciar; actualización del glaciar de Conejeras y estimación de aportes glaciares a la cuenca del río Claro.

Para el monitoreo de los ciclos del agua y del carbono, se elaboraron con el apoyo de la Universidad del Valle y de la Universidad Nacional de Colombia, en Medellín, los protocolos correspondientes. Con este fin se establecieron 4 parcelas para el monitoreo del ciclo del carbono en el Macizo de Chingaza y 6 en el PNN Nevados; se implementan 4 jornadas de mantenimiento de las mismas, así como campañas de monitoreo. La modelación del ciclo hidrológico se inició con el modelo Tetis, con el apoyo de la Universidad Nacional de Manizales, posteriormente se probarán otros modelos complementarios como el SWAT. El Ideam cuenta con grupos de trabajo para la modelación de estos ciclos.



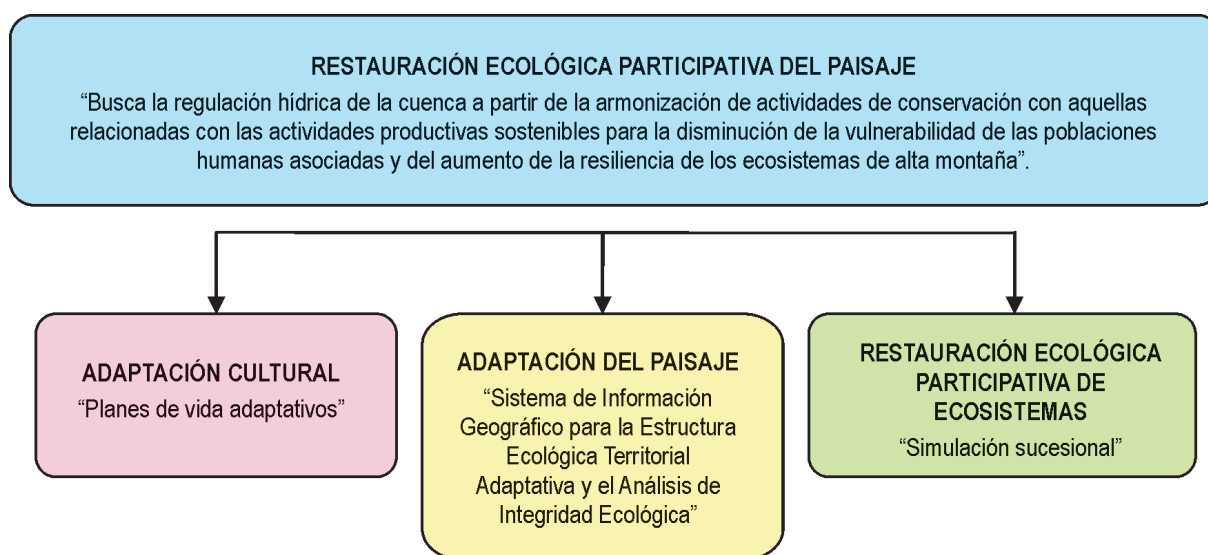
La segunda medida de adaptación tiene como objetivo la reducción de los impactos adversos en la regulación hídrica de la cuenca del río Blanco. Se desarrolla a partir del enfoque de Restauración ecológica participativa del paisaje, que busca la regulación hídrica de la cuenca a partir de la armonización de actividades de conservación con las actividades productivas sostenibles, para la disminución de la vulnerabilidad de las poblaciones humanas asociadas y el aumento de la resiliencia de los ecosistemas de alta montaña. Contempla tres (3) líneas estratégicas de manejo (Medina, 2009). Véase la Figura 5.2.

Foto 5.4 Sistemas productivos adaptativos. 2010



Fuente: Mauricio Cabrera.

Figura 5.2 Líneas estratégicas de adaptación



Fuente: Ideam-autores.

La tercera medida de adaptación corresponde a la adopción de modelos de planificación del uso de la tierra que incorporen los impactos del cambio climático. Con este fin se seleccionaron los municipios de La Calera y Choachí para efectuar acciones de adaptación a nivel territorial, y se revisan los Planes de Ordenamiento Territorial de estos municipios. Las acciones desarrolladas se explican en la Figura 5.3.

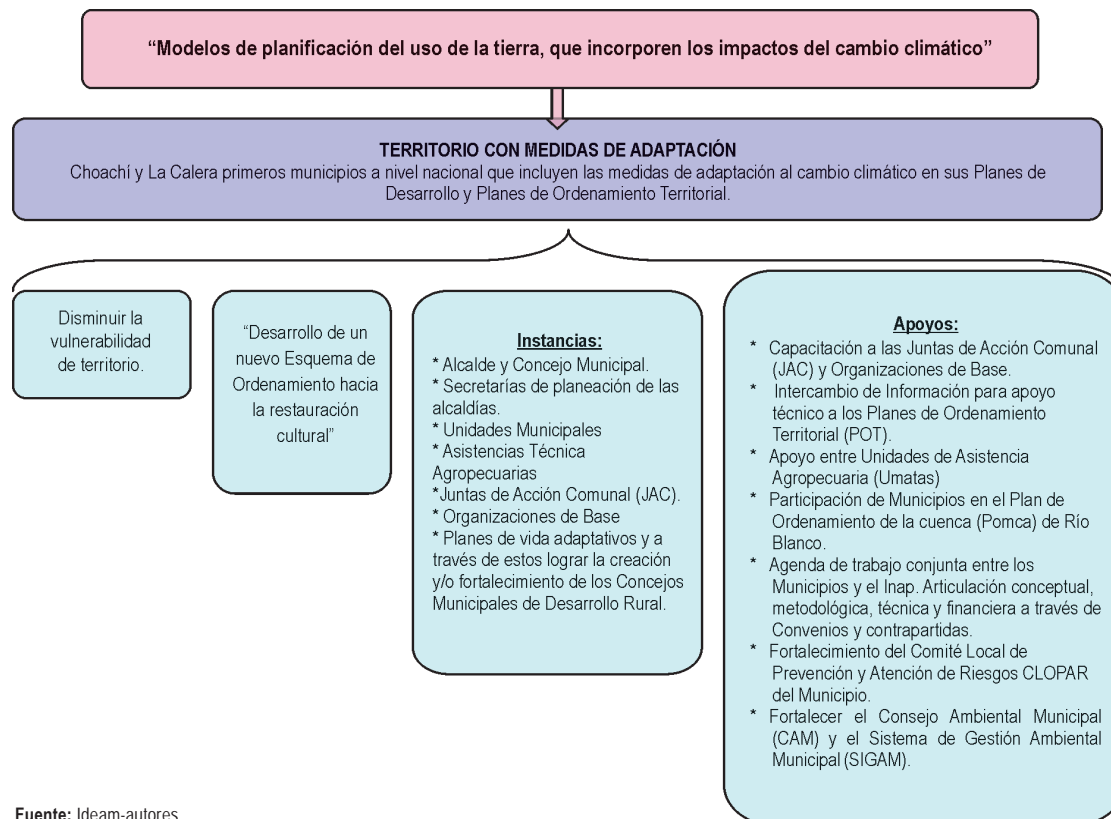
También se elaboró el marco conceptual de la “Estructura Ecológica Territorial Adaptativa (EETA)”, para discusión con las alcaldías y las instituciones. Se definieron de forma conjunta, las áreas prioritarias de conservación y la determinación de los impactos asociados al cambio climático, a través del enfoque de integridad ecológica que incluye conectividad, funcionalidad y representatividad ecológica.

La cuarta medida de adaptación, tiene como objetivo la adaptación de los sistemas productivos al cambio climático a través de procesos como la reconversión de actividades productivas, la ganadería extensiva y la agricultura con alta dependencia de agroquímicos por actividades de agroecología y agricultura orgánica. Sobre esta medida de adaptación recae la capacidad de sostenibilidad (ambiental y económica) y soberanía alimentaria de las comunidades de la cuenca del río Blanco del Macizo de Chingaza.

Las acciones se desarrollan desde el enfoque del ordenamiento predial a partir de metodologías de diagnóstico rural participativo que permiten la caracterización de cada predio, la cual consiste en evaluar las problemáticas e impactos ambientales, involucrando aspectos de riesgos, amenazas y vulnerabilidades de los sistemas productivos (Mafla, 2009).



Figura 5.3 Modelos de planificación del uso de la tierra



Fuente: Ideam-autores

### 5.4.2.3 Componente C

Este componente lo coordinan el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” - Invemar- y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA. Tiene como objetivo el diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del Caribe colombiano.

La primera medida de adaptación se concreta con el establecimiento del Sistema de Observación de los Océanos (GOOS) en el Caribe Occidental, mediante la instalación de estaciones de monitoreo físico y biológico marino en la isla Tesoro en el PNN Islas del Rosario y en Johnny Cay en la isla de San Andrés, además de la instalación del Centro de Administración de Datos (CAD), en las instalaciones de Invemar en Punta Betín, Santa Marta. Se está realizando el diseño del sistema de información requerido para el almacenamiento de datos provenientes de estas estaciones.

La segunda medida de adaptación busca apoyar la implementación del Sistema de Áreas Marinas Protegidas (AMP) tanto en la Reserva Seaflower (área insular), como en el Área Marina Protegida de corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte (CRSBelf), con el fin de contribuir a la conservación de los ecosistemas marinos y sus servicios ecosistémicos.

La tercera medida de adaptación tiene como objetivo implementar acciones que apunten al Manejo Integral del Agua -SMIA- (lluvia y residual), en la Isla de San Andrés, mediante proyectos piloto en sectores marginales en lo relacionado con el suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales. En los barrios de Tom Hooker y Ciudad Paraíso, se construyeron dos sistemas de manejo integral del agua, (SMIA). El primero beneficia 7 viviendas con una población de 40 personas y el segundo 25 viviendas y 125 personas.

La cuarta medida de adaptación busca reducir la vulnerabilidad de las actividades económicas, infraestructura y población que habita en las costas y playas, ante los impactos del cambio climático mediante el Manejo Integrado Costero.

### 5.4.2.4 Componente D

El componente D, coordinado por el Instituto Nacional del Salud, tiene como objeto disminuir la morbilidad de malaria y dengue a través del diseño e implementación de un Sistema Integrado de Vigilancia y Control (SIVCMD) que responda a los posibles cambios en las dinámicas de transmisión y exposición inducidas por el cambio climático.

La medida de adaptación propuesta es el fortalecimiento del (SIVCMD), con el fin de reducir en 30% la tasa de infección en nueve municipios piloto en las áreas donde se implemente el sistema. Con este fin se ha formulado un marco conceptual para malaria, considerando escenarios epidemiológicos locales, vulnerabilidad y prevalencia; el cual incluye la evaluación de la capacidad local de diagnóstico y entrenamiento en control de calidad para los funcionarios de salud locales.

Mediante el diseño e implementación del modelo DMEWS<sup>18</sup> y con el apoyo del IRI<sup>19</sup>, se está evaluando el dengue en las ciudades de Barranquilla, Bucaramanga, Floridablanca y Armenia. La malaria se evalúa en San José del Guaviare, Montelíbano, Puerto Libertador, Buenaventura y Guapi. Se complementa con modelos estadísticos Arima<sup>20</sup>, los cuales incluyen modelos Espacio-Estado y la elaboración de un modelo para la producción de vectores en dengue, el cual está siendo validado en las áreas piloto; el desarrollo del modelo para malaria está en proceso.

#### 5.4.2.5 Principales logros del Inap hasta noviembre de 2009

##### • **Componente A**

- o Mejoramiento tecnológico para el IDEAM mediante la adquisición y puesta en funcionamiento de una máquina de alto rendimiento para predicción en operación con modelos WRF<sup>21</sup> y CAM<sup>22</sup> en el IDEAM. Además del mejoramiento de 157 estaciones meteorológicas referencia
- o Generación de escenarios a corto, mediano y largo plazo, analizando la red representativa para el estudio de tendencias climáticas en las 24 regiones climáticas del país. También de escenarios locales para las Islas de San Andrés, Macizo Colombiano, Altiplano Cundiboyacence y Eje cafetero.
- o Generación de modelos de predicción clima-malaria, mediante el trabajo conjunto con el Instituto Nacional de Salud.
- o Fortalecimiento técnico a diez profesionales para cursar la maestría en Meteorología en la Universidad Nacional de Colombia.

##### • **Componente B**

- o Desarrollo de Protocolo para el Monitoreo y Modelación de los Ciclos del Agua y el Carbono en Ecosistemas de Alta Montaña en las Cuencas de río Blanco en el Macizo de Chingaza y el río Claro en el Parque de Los Nevados. Implementación de parcelas permanentes de muestreo para el análisis y evaluación del ciclo del carbono. Balance de masa glaciológico del glaciar Conejeras en el nevado de Santa Isabel, que evidencia claramente la disminución del área nival.
- o Fortalecimiento de la capacidad nacional, regional y local para el desarrollo de proyectos de adaptación en alta montaña. En las áreas de trabajo, propuesta para la definición de una Estructura Ecológica Territorial Adaptativa (EETA) y Planes de Vida Adaptativos.
- o Guía para la integración de Cambio Climático con Planes de Ordenamiento Territorial.
- o Acuerdos con los municipios de Choachí y La Calera para involucrar el tema de cambio climático en estos instrumentos. Se ha generado una fuerte cohesión social alrededor del proyecto, para formular el POT.
- o Adopción de un programa de manejo del riesgo y prevención de desastres (incendios forestales)
- o Identificación participativa de sistemas agroproductivos alternativos que sean social, económica y ecológicamente viables y que se adapten al cambio climático. Cambio de las prácticas agrícolas y ganaderas para reducir la erosión del suelo y el impacto sobre el ecosistema. Como resultado a la fecha, 120 fincas tienen planes de uso de la tierra, 205 familias (602 personas) tienen estudios de evaluación de la vulnerabilidad en 7 sistemas productivos agrícolas.
- o Además, 26 procesos de restauración ecológica participativa en desarrollo con 1500 ha en proceso de restauración y 800 ha en 18 quebradas poseen plan de restauración y conservación de la vegetación natural. 700 ha en quebradas en proceso de recuperación de la cobertura boscosa.

##### • **Componente C**

- o Ampliación de la red de estaciones de monitoreo oceanográfico con la instalación de 2 nuevas estaciones (San Andrés y El Tesoro) en el sur del Gran Caribe. Monitoreo de arrecifes coralinos en Archipiélago de Nuestra Señora del Rosario y San Bernardo. Avance del 40% en la señalización del AMP en Seaflower (UNESCO Biosphere World Reserve) para la conservación de los arrecifes de coral y las especies asociadas. Con el apoyo técnico de Florida Keys National Marine Sanctuary.
- o Incorporación con sistemas de información relacionada con adaptación en los planes de manejo de las áreas marinas protegidas de Colombia.

18 Sistema de Alerta Temprana para mejorar el Control de Malaria y Dengue.

19 International Research Institute for Climate Prediction.

20 Modelos Autoregresivos Integrados de Medios Móviles.

21 Weather Research and Forecasting

22 Community Atmosphere Model.

- o Construcción de 3 sistemas integrados de potabilización de agua y tratamiento de aguas residuales. Proyecto ejecutado por la comunidad con la cooperación de la autoridad ambiental local. 25 familias, en Ciudad Paraíso, Tom Hooker y Scooner Bay). Se hace seguimiento continuo sobre su efectividad así como acciones de mantenimiento. Capacitación de las comunidades beneficiadas en el manejo y mantenimiento del sistema. Se cuenta con el modelo hidrogeológico del acuífero de San Andrés.
- o Socialización con las comunidades los lineamientos de políticas de población frente al cambio climático y se está estructurando un documento que incluya los aportes de los actores locales incluidos los entes territoriales. Se firmaron actas de acuerdo con productores a fin de implementar alternativas sostenibles de producción, para reducir la vulnerabilidad de la isla.
- **Componente D**
  - o Evaluación del riesgo local por transmisión del dengue y la malaria, mediante integración de la información climática, demográfica, epidemiológica y entomológica, a través de la cooperación continua entre el International Research Institute for Climate and Society IRI, IDEAM y el Instituto Nacional de Salud.
  - o Determinación de acciones preventivas adaptadas al nivel local en las áreas de control de vectores y diagnóstico y tratamiento de respuesta rápida. Talleres de prevención y cambio de hábitos culturales relacionados con enfermedades tropicales transmitidas a través de vectores (dengue y malaria).
  - o Fortalecimiento de las políticas públicas.
  - o Diseño e implementación del Sistema de Vigilancia y Alerta Temprana (con la asesoría del IRI). Dengue en evaluación (Barranquilla, Bucaramanga, Floridablanca, Armenia, Puerto Libertador y Montelíbano). Para malaria: (San José del Guaviare, Buenaventura, Guapi).

#### 5.4.2.6 Otros logros del Proyecto Inap

- Contribuir con la formulación de la Política Nacional Hídrica, la Política Nacional de Áreas Protegidas y la estrategia de Erradicación de la Pobreza. Además de los aportes realizados a Planes Regionales de Salud y de Planificación urbana y uso de la tierra.
- Mejoramiento en la investigación y consolidación de grupos temáticos en cambio climático en varias entidades del estado.
- Como una réplica de la experiencia del Componente B del Inap, sustentada en la aproximación ecosistémica vista desde una dimensión regional, se tiene la "Iniciativa del Corredor de conservación Chingaza, Sumapaz, Cerros Orientales-Páramo de Guerrero"<sup>23</sup>, para el desarrollo de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, la conservación de servicios ecosistémicos (suministro de agua para el consumo y actividades productivas) y la biodiversidad, en el área circundante al Distrito Especial de Bogotá. Incluye la consolidación de una red de áreas protegidas y la implementación de acciones de restauración.
- Además, por iniciativa de Conservación Internacional y en coordinación con otras instituciones, se ha desarrollado de manera preliminar, un protocolo de monitoreo de la biodiversidad, el cual pretende evaluar el impacto del cambio climático en los ecosistemas de alta montaña y páramo, con especial prioridad a la enfermedad detectada en los frailejones, en varias zonas del PNN Chingaza.

#### 5.4.2.7 Lecciones aprendidas y perspectivas del Inap

A nivel conceptual y metodológico, el Inap constituye una experiencia exitosa de la aplicación del Enfoque Ecosistémico y la adaptación basada en Ecosistemas, en áreas altamente vulnerables como son los ecosistemas de alta montaña, las zonas costeras e insulares y su aplicación hacia la salud humana. El eje central de análisis y gestión está dirigido hacia la vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos prioritarios y las comunidades, ante el cambio climático y las medidas de adaptación requeridas.

Con respecto a la incidencia del Inap en políticas sectoriales a diferentes niveles territoriales, es fundamental el manejo del SIG a múltiples escalas. Así es posible presentar las implicaciones de los escenarios del cambio climático estimados versus las perspectivas de desarrollo sectorial. Por consiguiente se puede visualizar la dimensión espacial de las políticas sectoriales y los conflictos que estos pueden generar en la sostenibilidad territorial, ante posibles escenarios de cambio climático. Los instrumentos de ordenamiento territorial a múltiples escalas se convierten en una herramienta clave para la inserción de la adaptación al cambio climático en las políticas públicas.

De otra parte, el escalamiento de las experiencias piloto en otras áreas, requiere de una adecuada valoración de los costos y beneficios sociales y económicos de las medidas de adaptación. Lo anterior, permitirá establecer tanto la sostenibilidad de procesos implementados en el largo plazo, como el apalancamiento de recursos y adecuada articulación en las políticas públicas para otros proyectos de adaptación.

Los resultados del proyecto pueden contribuir a la consolidación y puesta en marcha del programa de investigaciones y monitoreo de alta montaña y a la apropiación de los mismos en la implementación de una política nacional de adaptación en otros sectores o ecosistemas.

El éxito de los proyectos piloto y de los análisis de vulnerabilidad depende del trabajo preliminar con las comunidades mediante metodologías participativas, al igual que del fortalecimiento de la investigación científica, lo cual exige un mejor involucramiento de la academia y la ciencia en todo el proceso, mediante acuerdos y convenios.

Como perspectivas para el proyecto (Inap), existe un apalancamiento en curso de US\$ 5 millones por parte del gobierno suizo para complementar actividades de los Componentes A y B. Las actividades previstas incluyen la realización de escenarios de cambio climático locales y la réplica de acciones del componente B en otras áreas estratégicas de alta montaña.

De igual forma existe la posibilidad mediante el GEF de un fondo complementario por US\$ 1 millón, para la consolidación de actividades del componente C en acciones de monitoreo en los cayos de la Isla de San Andrés.

El comité científico del proyecto, revisa los productos generados y propicia la difusión de resultados con otros socios regionales tales como son el Inter American Institute for Global Change Research (IAI), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Banco Mundial, entre otros.

### 5.4.3 Programa Conjunto Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano<sup>24</sup>

El Programa Conjunto parte del análisis de país realizado por el Sistema de Naciones Unidas (SNU) y las prioridades definidas por el Gobierno a través del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. De igual manera, recoge la experiencia de las agencias del SNU involucradas, con experiencia en la región seleccionada y capacidades específicas para el logro de los resultados, así como el interés de la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) por esta región. Las agencias involucradas Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (Pnud), Fondo de las Naciones Unidas por la Infancia (Unicef), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), que interactuaran con socios de Gobierno, principalmente el Ideam como entidad delegada por el gobierno nacional para desarrollar el proyecto, el MAVDT, DNP, Corporación Autónoma Regional el Cauca (CRC), Municipios de Puracé y Popayán, Organizaciones sociales Cabildos indígenas del pueblo Kokonuko y Asocampo, bajo una coordinación unificada del Programa Conjunto.

El Programa Conjunto se diseñó con la intención de aunar esfuerzos y recursos técnicos y financieros para una gestión compartida y articulada entre instituciones y organizaciones sociales, asumiendo como base las experiencias y lecciones de proyectos anteriores realizados en el Macizo Colombiano, teniendo como referente el Proyecto Inap.

En el proceso de formulación se realizaron diferentes consultas a expertos, líderes de instituciones, organizaciones sociales y visitas a la región, para socializar el alcance propuesto y avanzar en la definición del área de influencia, donde se definieron criterios para focalizar las acciones tales como: 1) cuenca priorizada y declarada en proceso de ordenación; 2) existencia de acciones de planificación y gestión complementarias al proyecto; 3) presencia del Sistema Interagencial de Naciones Unidas en las Cuencas; 4) organizaciones sociales consolidadas que ejecutan acciones ambientales; 5) voluntad política e interés de los actores; 6) capacidad técnica y financiera de autoridades ambientales; 7) población beneficiaria por suministro de agua; 8) condiciones de orden público para la ejecución del proyecto; 9) importancia estratégica de los ecosistemas de la cuenca; 10) accesibilidad de la zona; 11) población en riesgo por desastres; 12) áreas prioritarias de la AECI y; 13) alta vulnerabilidad por pérdida del recurso hídrico.

El resultado de la consulta permitió definir como área piloto del Programa Conjunto la cuenca alta del río Cauca en los municipios de Puracé y Popayán del departamento del Cauca, comprendiendo su nacimiento y afluentes iniciales de los ríos San Francisco, San Andrés y Las Piedras; fuentes abastecedora del acueducto de la ciudad de Popayán

<sup>24</sup> Nombrado en el texto como Programa Conjunto.



(240.000 habitantes) y de 5 acueductos rurales. Esta zona estratégica es de especial importancia para el país, por su gran significado en la producción de agua y de biodiversidad que representa para las comunidades posibilidades de desarrollo. Es el área donde se asegura el abastecimiento hídrico inicial de gran parte del país, además de mantener procesos como la regulación climática global (suelos orgánicos almacenadores de carbono) y local (a través de bosques remanentes).

El área piloto cuenta con 11.219 habitantes aproximadamente distribuidos en los Resguardos Indígenas de Puracé, Kokonuco, Paletará, Quintana y comunidad campesina asociada en Asocampo, Asoproquintana, sectores campesinos de Poblazón y Paletará. La población está representada por familias de escasos recursos que se sostienen de la producción de pequeñas parcelas con una problemática ambiental caracterizada por uso inadecuado de los suelos por prácticas agrícolas y pecuarias, amenaza de pérdida de biodiversidad (endemismos), pérdida de nacimientos de agua, deforestación, quemas, ampliación de la frontera agrícola, monocultivos, ganadería extensiva, fumigaciones, drenaje de complejos lagunares, mecanización del suelo de páramo y aumento del valor de la tierra.

Esta región es un referente nacional, no solo por su biodiversidad e importancia hídrica sino por la construcción multiétnica y pluricultural, donde las conectividades ecosistémicas han permitido la existencia de una comunidad, además de los lazos de parentesco e interrelación son facilitados por las relaciones con los territorios (la serranía, el páramo, los sitios sagrados, las lagunas y ríos donde se contextualizan los mitos y la leyenda), con la organización social, la integración de las comunidades y la movilización, como expresiones integrales de los procesos sociales. El valor agregado del Programa Conjunto es básicamente elaborar una propuesta metodológica que permita construir desde lo local con las comunidades, estrategias de adaptación, involucrando a las instituciones y preparando a la región para una adaptación a largo plazo, evitando impactos negativos sobre la comunidad, gracias a la prevención. Adicionalmente busca apoyar la creación de conciencia en el país sobre los desafíos para afrontar los impactos del cambio climático.

El programa pretende fortalecer la capacidad de intervención de las entidades y comunidades participantes y generar los escenarios para la complementación y convergencia estratégica de acciones, teniendo en cuenta las particularidades culturales y étnicas, al igual que las diferentes figuras de ordenación del territorio.

#### 5.4.3.1 Enfoque y propuestas del programa para las políticas de adaptación al cambio climático como estrategia para la superación de la pobreza

El Programa Conjunto tiene como telón de fondo, en el nivel más general, la preocupación por el logro de los ODM y en un ámbito más particular, la contribución en políticas y estrategias que enfrenten el cambio climático y favorezcan la preservación de los bienes y servicios ambientales y la base productiva sostenible. En este sentido y frente a la necesidad del replanteamiento del modelo de desarrollo actual, el apoyo del programa al diseño de políticas (cambio climático, gestión del recurso hídrico y la estrategia de erradicación de la pobreza) y medidas de adaptación al cambio climático se enmarca en un concepto amplio de la gestión del riesgo y da prioridad a la vulnerabilidad de poblaciones humanas, en especial de los más pobres, para efectos de análisis y respuestas por parte del Estado de manera transversal.

La conexión directa más fuerte entre cambio climático, pobreza y ODM tiene que ver con que el primero puede tener efectos negativos importantes sobre la capacidad de la población de producir, sobre sus activos y patrimonio. Es por ello que el Programa Conjunto actúa sobre factores determinantes para la calidad de vida como son: la seguridad alimentaria y los sistemas productivos, el acceso y la disponibilidad del agua, los entornos saludables, la gestión integral del riesgo y la respuesta social organizada.

Para desarrollar propuestas para el país, bajo el enfoque del programa se han realizado eventos de debate público sobre pobreza y cambio climático, que han permitido formular las siguientes propuestas para que sean consideradas en la formulación y/o desarrollo de políticas. Véase la Figura 5.4.

Figura 5.4 Propuestas para la formulación y/o desarrollo de políticas



Fuente: Ideam-autores con base en información del Programa Conjunto

#### 5.4.3.2 Análisis de vulnerabilidad y elementos para la formulación de un plan local de adaptación desde una experiencia local

El marco conceptual para el análisis de vulnerabilidad se basa en las propuestas en el tercer informe del IPCC (Ionescu et al., 2005), los cálculos planteados por Metzger & Shroter (2006) y el Marco de Políticas de Adaptación (Bo Lim et al., 2005) desarrollado por el Pnud, a partir de los cuales se ha construido una metodología para el análisis de vulnerabilidad que incorpora instrumentos articulados y ajustados con métodos participativos que considera

el contexto social, económico, cultural y ambiental del territorio y facilita su replicabilidad en áreas de ecosistemas de alta montaña con comunidades indígenas.

Lo anterior demandó una amplia fase de concertación y aprestamiento con las instituciones locales, especialmente con las organizaciones de base (cabildos indígenas y organización campesina). En dicha fase se logró establecer reglas claras de participación, mediante la ampliación del equipo técnico con profesionales y sabedores representantes de las comunidades, conformando un equipo inter-étnico; asimismo, se obtuvo la suscripción de Cartas de Acuerdo (convenios de ejecución conjunta) y un acuerdo de confidencialidad en el manejo de la información.

Este mecanismo de articulación local ha permitido fortalecer los lazos de confianza para avanzar de manera conjunta en la definición de conceptos, metodologías, cronogramas y acciones que se reflejan en una actitud de interés regional por abordar los procesos de identificación de las vulnerabilidades de cambio climático. También se logró la definición de mecanismos para incorporar estrategias de adaptación en los instrumentos locales de planificación del territorio y gestión ambiental.

En efecto, desarrollar el enfoque propuesto para abordar estrategias de adaptación al cambio climático e implementarlas en el área piloto del Macizo colombiano, incluye comprender las implicaciones políticas, económicas y culturales relacionadas con el futuro de su biodiversidad, su población y su desarrollo. Dado que en este territorio confluyen diferentes visiones, que se nutren a su vez, de diferentes perspectivas políticas e ideológicas sobre el desarrollo y la sostenibilidad, es necesario entender estas múltiples visiones que reflejan la realidad de permanentes conflictos de intereses en la región. En este contexto, para que los actores claves del desarrollo puedan generar políticas, estrategias e instrumentos de adaptación que les permitan abordar de manera colaborativa y participativa una forma justa de distribuir funciones, derechos y responsabilidades en el territorio, se requiere acompañar el proceso con una estrategia de fortalecimiento de capacidades de los principales actores involucrados, de acuerdo con dinámicas propias y un contexto en permanente cambio.

Es por ello que en la implementación del Programa Conjunto se ha requerido aplicar nuevas concepciones pedagógicas orientadas a la construcción del conocimiento, con las cuales se buscan a partir de experiencias locales y regionales, promover efectivamente el aprender - haciendo, el acompañamiento comunicativo y el reconocimiento a la diferencia para facilitar la construcción colectiva de alternativas de adaptación en el Macizo Colombiano.

En consecuencia el programa propicia: 1) el intercambio de experiencias a partir de los procesos en marcha, que luego son debatidos de manera colectiva de acuerdo con los contenidos específicos; 2) enfoques y herramientas participativas y de concertación que puedan apoyar necesidades específicas de conocimiento, capacidades y apoyo técnico; 3) conceptos, elementos y herramientas de seguimiento a los procesos de gestión relacionados con el objetivo del programa, que permita aprender y fortalecer las experiencias en marcha y, 4) fortalecimiento y trabajo en red de las experiencias que participan a nivel sub - regional y de ser posible a nivel regional.

Los objetivos específicos del análisis de vulnerabilidad realizado fueron: 1) establecer a partir de la identificación de las amenazas climáticas y de la percepción de la comunidad sobre los efectos e impactos, los niveles de vulnerabilidad actual y futura al cambio climático para priorizar y focalizar las medidas de adaptación en el área piloto en su contexto socio ambiental y de desarrollo y, 2) desarrollar de manera participativa la identificación y diseño de las medidas de adaptación a partir de la apropiación conceptual y metodológica de los actores locales.

Los niveles de vulnerabilidad se identificaron a partir de un índice de sensibilidad y otro de capacidad de adaptación, entendiéndose por índice de sensibilidad el grado de afectación del territorio y por índice de capacidad de adaptación la habilidad de la población a reconocer y responder a los eventos climáticos presentes a través de la reorganización de actividades, inversiones, reubicación de recursos, entre otras, para minimizar su vulnerabilidad.

En esta fase se consolidó la línea de base de vulnerabilidad multidimensional que incluye la identificación de amenazas climáticas (actuales y/o futuras) y su afectación a grupos vulnerables a partir de la comprensión de los impactos de la variabilidad climática sobre las condiciones socioeconómica y biofísica del territorio. Para su levantamiento se diseñó con participación de comunidades e instituciones, una "batería de indicadores" ordenados por dimensiones que permiten interpretar la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación del territorio. A partir de esta batería se estructuraron encuestas veredales y de hogar para el levantamiento de la información socioeconómica, las cuales se revisaron, ajustaron y validaron con representantes de las comunidades y el equipo técnico del Programa Conjunto. Una vez realizados los ajustes respectivos, se procedía a capacitar al grupo de promotores y delegados de las comunidades, en su aplicación.

Las encuestas veredales o estadísticas por consenso se aplicaron de acuerdo con el proceso propio de las organizaciones indígenas y campesinas, en el cual la asamblea comunitaria se constituye en la principal instancia de toma de información y de decisiones. Tal instancia está conformada por los cabildantes, es decir todos los pobladores de los resguardos indígenas, de igual manera se actuó con las comunidades campesinas.

Una vez programadas las asambleas y realizado el proceso de convocatoria de las comunidades, vereda por vereda, se procedió a explicar la metodología de trabajo, el diligenciamiento de las encuestas, la sistematización por parte de los promotores con acompañamiento del equipo técnico, en una base de datos geoespacial de dominio público (SIG Cosmos).

Para profundizar y complementar la línea de base se efectuó una caracterización de los sistemas productivos, ejercicio que se enmarcó en la tipificación in situ de sistemas y formas de producción según pisos bioclimáticos teniendo en consideración los siguientes ámbitos: parcela, renglones productivos y territorio. Mediante los indicadores obtenidos se determinó la sustentabilidad y vulnerabilidad de los sistemas productivos así como sus fortalezas y debilidades, a partir de los cuales se identifican estrategias para enfrentar el cambio climático y mejorar la sustentabilidad de los sistemas productivos con visión territorial, y así definir la “ruta de transición” para la adaptación.

El desarrollo de la propuesta metodológica e instrumentos para la caracterización incluyó la elaboración de una guía para la caracterización de sistemas productivos a partir de varias experiencias, validación en campo, evaluación de la guía y ajuste permanente, trabajo en talleres participativos por pisos térmicos con productores de los sistemas predominantes y capacitación al equipo de promotores.

En el desarrollo de la caracterización biofísica se capacitó el equipo de promotores (indígenas y campesinos) en técnicas de evaluación ecológica rápida y manejo de equipos de campo (GPS, Ipaq, cámaras digitales, etc.). La caracterización del componente biofísico se efectuó teniendo como base el uso y cobertura del suelo; abordó además los temas de identificación de riesgos y la susceptibilidad a amenazas naturales recurrentes, identificación de fuentes hídricas e inventarios generales de avifauna, en expediciones de campo por todo el territorio del área piloto.

Esta información se consolidó por eje temático y se analizó en grupos focales, de jóvenes, mayores, gobiernos indígenas y dirigentes de organizaciones campesinas y se complementó con entrevistas grupales abiertas y semi-estructurada, en donde un grupo de expertos y sabedores, seleccionados por los responsables del programa y las comunidades, realizan un análisis a profundidad con el objetivo de corroborar la información obtenida y complementar el análisis con una mirada más estratégica.

Igualmente, como apoyo a los ejercicios de transversalización de género se realizaron jornadas de sensibilización a los integrantes del Programa Conjunto y talleres de fortalecimiento organizativo, los cuales permitieron integrar los roles diferenciados en los ejes de análisis, además de las necesidades prácticas y estratégicas de las mujeres.

#### 5.4.3.3 Aportes para una planificación que facilite la implementación de las acciones de adaptación

La adaptación a los posibles efectos del cambio climático y la variabilidad climática, implica la diversificación de estrategias e instrumentos de planeación flexibles en escenarios de alta incertidumbre, que permitan reducir la vulnerabilidad y fortalecer las capacidades de las comunidades.

El fin último es mejorar o al menos evitar el deterioro de las condiciones de vida de la población urbana y rural, de manera que se haga posible consolidar la seguridad territorial<sup>25</sup> para las comunidades, asumiendo con recursos adecuados la prevención y la mitigación de los impactos del cambio climático.

Por ello el Programa Conjunto ha definido como orientaciones generales para su actuación a nivel territorial: 1) considerar la adaptación a la variabilidad climática y a los eventos extremos a corto plazo como base para reducir la vulnerabilidad al cambio climático a mediano y largo plazo, 2) las políticas y las medidas de adaptación se evalúan en un contexto de desarrollo, 3) las medidas de adaptación no son acciones puntuales, ni desarticuladas de respuesta al cambio climático, deben estar orientadas hacia una integración fundamental de la adaptación en los procesos claves de políticas y planificación, 4) la adaptación ocurre en distintos niveles territoriales, combina la formulación de políticas a nivel nacional con el nivel local desde un enfoque “de abajo hacia arriba”, permitiendo que los actores identifiquen y definan prioridades de adaptación y, 5) tanto la estrategia como el proceso mediante el cual se implementa la adaptación son igualmente importantes.

El resultado del análisis de vulnerabilidad permitió determinar la intensidad y dirección de los posibles caminos para reducir la vulnerabilidad frente a las amenazas asociadas a la variabilidad y cambio climático e identificar medidas autónomas y planificadas de adaptación.

Dado que esto implica un proceso de cambio gradual, el programa ha definido una “ruta de transición para la adaptación”, la cual comprende una serie de estrategias y acciones enfocadas al diseño y planeación de medidas que

<sup>25</sup> Por Seguridad Territorial entendemos la capacidad de un territorio para ofrecer, tanto a sus habitantes humanos como a los ecosistemas que interactúan con ellos, determinadas condiciones de “estabilidad”, que impiden que amenazas de distinto origen (naturales, socio-naturales, antrópicas) procedentes de propio territorio o del exterior, puedan convertirse en desastres. La seguridad territorial es un concepto de doble vía, que busca evitar que las dinámicas de los ecosistemas se conviertan en amenazas contra las comunidades humanas, y que las dinámicas de éstas se conviertan en amenazas contra los primeros (Wilches, 2008).



generen impacto regional buscando una mayor capacidad de adaptación al cambio climático. Los principios orientadores de esta ruta son la integralidad y complementariedad de los ejes que comprende, la eficiencia en el uso de recursos financieros y humanos, la co-responsabilidad en su ejecución, la cobertura sub-regional y la integración de los ejes de acción en procesos locales de desarrollo con propósitos afines.

Con el fin de que el país a futuro pueda establecer con claridad y transparencia las prioridades de adaptación a los posibles impactos del cambio climático, el Programa Conjunto propone considerar los siguientes aspectos como criterios para priorizar medidas de adaptación. Véase el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2 Aspectos para priorizar medidas de adaptación.

**Contribución al logro de los objetivos de adaptación.** Grado de solución del problema identificado o aprovechamiento de las potencialidades locales/ Grado en que reduce vulnerabilidad (reduce sensibilidad o aumenta capacidad de adaptación)/ Nivel en el que conserva, restaura o contribuye a alcanzar niveles adecuados de resiliencia

**Relación Beneficio / Costo.** Las medidas de adaptación pueden ser evaluadas con este indicador, considerando como beneficio los costos evitados de los impactos esperados con el cambio climático; y como costos los asociados con la implementación de la medida. Se recomienda que la política de cambio climático requiera el análisis de la relación beneficio costo para todas las potenciales medidas fuertes (inversiones en infraestructura) de adaptación propuesta.

Equidad social y cambio climático se recomienda que una vez se demuestre mediante el análisis beneficio/costo la eficiencia económica de la medida, se deba demostrar que dicha medida contribuye a mejorar la equidad social. Esto se puede realizar discriminando los beneficios y los costos de la medida entre comunidades o sectores afectados; analizando quienes reciben los beneficios y quienes asumen los costos y por lo tanto los efectos redistributivos de la medida. También es posible construir índices que caractericen la vulnerabilidad socioeconómica al cambio climático, y analizar los efectos de una medida de adaptación en dicho índice.

Disminución de la incertidumbre y estrategia gana - gana. La política de adaptación debe producir rendimientos tangibles de corto y mediano plazo en términos de mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades, o que vaya alcanzando logros parciales. Bajo este criterio, se seleccionarían sólo las medidas de adaptación que disminuyan la vulnerabilidad tanto a la variabilidad climática (o eventos extremos) actuales así como los esperados con el cambio climático. De esta forma, se disminuye el efecto de la incertidumbre ante el cambio climático, ya que la medida traerá beneficios de corto plazo asociados a la variabilidad climática actual que no tiene dicha incertidumbre.

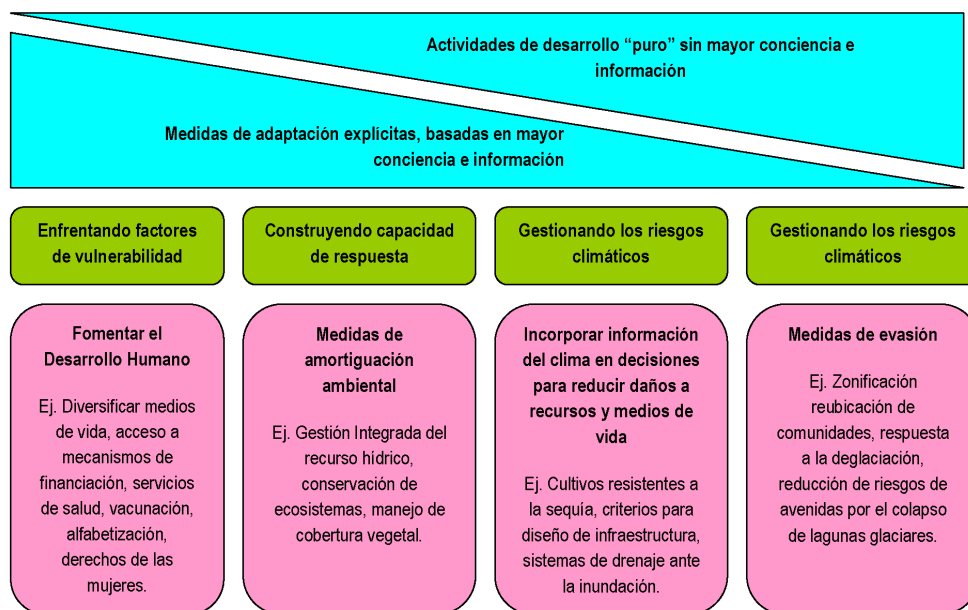
Continuidad de la práctica de adaptación en el tiempo. Sostenibilidad de los resultados obtenidos

Atención a los problemas que generan mayor vulnerabilidad en el territorio Grado de enfoque hacia los principales puntos críticos definidos en el análisis de vulnerabilidad.

Fuente: Ideam-autores con base en información del Programa Conjunto.

Para definir el marco de acción del Programa Conjunto en la ruta de adaptación, se retoman los elementos planteados por McGray et. al. (2007), que nos permiten relacionar cuatro ámbitos que enmarcan las acciones de presentadas en la Figura 5.5.

Figura 5.5 Ámbitos que enmarcan las acciones de adaptación



A partir de los resultados del análisis de vulnerabilidad del área piloto del programa y de la línea base de objetivos de desarrollo del milenio para los municipios de Puracé y Popayán, se definió como objetivo central de la ruta de transición para la adaptación: aportar a los procesos locales estrategias y acciones para garantizar agua segura y comida segura en entornos saludables, para ello se trazaron tres grandes ejes de actuación: 1) agua segura, en este eje se busca generar gradualmente condiciones para mejorar la cantidad, la calidad y la continuidad así como el acceso al agua para consumo humano y para la producción, incluyendo manejo del recurso a diferentes escalas, garantizando la continuidad y conectividad de los ecosistemas; 2) comida segura, en este eje el propósito es identificar y desarrollar alternativas de generación de ingresos sostenibles, que sustituyen y potencian la producción permitiendo garantizar la seguridad y soberanía alimentaria, el adecuado manejo de la agrobiodiversidad y un manejo de los factores ambientales que permitan generar un entorno saludable, 3) como eje transversal está el fortalecimiento de capacidades, la incorporación de estrategias de acuerdo con roles diferenciados y aspectos étnico-culturales, así como el fortalecimiento de las autoridades regionales, municipales, indígenas y campesinas con énfasis en la prevención del riesgo y la planificación territorial.

En el siguiente cuadro se sintetizan las acciones y medidas de adaptación definidas y concertadas a nivel local con todos los actores involucrados. Véase la Tabla 5.1.

**Tabla 5.1 Ruta de transición para la adaptación: Agua y Comida Segura en un Territorio Saludable**

Ruta de adaptación a cambio climático: agua y comida segura en un territorio saludable	Enfrentando factores de vulnerabilidad	Construyendo capacidad de respuesta	Gestionando los riesgos climáticos	Enfrentando los impactos de los riesgos climáticos
<p><b>Agua Segura</b></p> <p><b>Garantizar cantidad, calidad y continuidad. Incluyendo manejo del recurso a diferentes escalas (vivienda, resguardo, vereda, cuenca)</b></p>	<p>Construcción participativa de modelos piloto de entornos saludables (vivienda, escuela) con tecnologías apropiadas ambientales, social y culturalmente (almacenamiento y manejo de agua, y saneamiento) con atención prioritaria a las mujeres</p>	<p>Fortalecimiento de la capacidad de gobierno sobre el agua por parte de las autoridades locales y las juntas veredales con incidencia en el acceso y calidad del agua en centros poblados y área rural.</p> <p>La conectividad y continuidad priorizando áreas con capacidad de regulación hídrica. (priorizar bajo categorías concretas de manejo las áreas boscosas de Bosques de Galería y el Bosque Natural Denso con mayor potencial regulador) (Canje ecológico)</p>	<p>Diseño e implementación de acciones de almacenamiento y uso colectivo y familiar del recurso como "soluciones de agua multifamiliares" y de regulación de corrientes, teniendo en cuenta los impactos de los periodos de sequía y de excesos hídricos.</p> <p>Generar apropiación comunitaria de nuevas prácticas sanitarias que permitan manejar de los riesgos que el cambio climático supone para la salud con énfasis en la capacitación de las mujeres en el tema.</p> <p>Fortalecer capacidad local de monitoreo hidrometeorológico.</p>	<p>Implementación de sistemas de alertas tempranas, planes locales de emergencias comunitarias que permitan construir una mayor seguridad territorial y capacidad para resistir los efectos del cambio climático y otras amenazas.</p> <p>Definición de áreas inseguras debido a amenazas naturales recurrentes</p>
<p><b>Comida segura</b></p> <p><b>Combinar diferentes estrategias para avanzar en una reconversión gradual de los sistemas productivos que permitan garantizar la seguridad y soberanía alimentaria de la población, el mejoramiento de ingresos y la sostenibilidad de los ecosistemas.</b></p>	<p>Identificar y desarrollar alternativas de generación de ingresos sostenibles que sustituyen y potencian la producción</p> <p>Acciones para mejorar la producción de alimentos y la dieta alimentaria para mejorar niveles de nutrición con atención prioritaria a mujeres cabeza de hogar</p> <p>Entorno laboral saludable (manejo de agroquímicos) y manejo de alimentos a nivel de vivienda y escuela (almacenamiento)</p>	<p>Priorizar la incidencia en el plan municipal de seguridad alimentaria y a la incorporación de la gestión del riesgo en el Esquema de Ordenamiento Territorial. Estos dos instrumentos orientarán acciones claves para reducir niveles de pobreza y riesgo de las poblaciones más vulnerables.</p> <p>Generar valor agregado con encadenamientos productivos</p> <p>Trueque</p> <p>Mejora de la estructura de fondos rotatorios con capacitación para mejores prácticas (capitalización)</p>	<p>Iniciar proceso de reconversión de usos del suelo con ordenamiento y planificación de la producción agropecuaria con liberación de áreas para conservación y producción hídrica, establecimiento de banco de semillas y parcelas de paso para adaptación climática de material vegetal de propagación.</p> <p>Arreglos productivos de agrosistemas a partir de "buenas prácticas" y enriquecimiento de la biodiversidad en términos de germoplasmas más flexibles o adaptables entre un piso bioclimático y otro.</p>	<p>Realización de un proceso de ordenación basado en la consolidación de una producción sostenible, la definición de áreas para la restauración ecológica y la conectividad, en especial en zonas de regulación hídrica de las cuencas.</p>

(Continúa)

Ruta de adaptación a cambio climático: agua y comida segura en un territorio saludable	Enfrentando factores de vulnerabilidad	Construyendo capacidad de respuesta	Gestionando los riesgos climáticos	Enfrentando los impactos de los riesgos climáticos
<p><b>Estrategias trasversales</b></p> <p><b>Fortalecimiento de capacidades</b></p>	<p>El fortalecimiento del tejido social: propuestas educativas para el relevo generacional y la preparación ante el cambio climático, empoderando a los jóvenes como agentes de acciones positivas y decambio. Tener en cuenta tema de género en este trabajo. Incorporar estrategias diferenciadas de acuerdo con roles de género y aspecto étnico-culturales en la implementación de las medidas de adaptación al cambio climático para facilitar el logro de los ODM. Analizar en concreto la participación de las mujeres en la toma de decisiones, diseño, promoción de las acciones. Fortalecer capacidades en las autoridades regionales, municipal, ambiental y tradicional con énfasis en la prevención de riesgos y la planificación del territorio, mediante: sensibilización de los posibles riesgos climáticos, fortalecimiento organizativo, capacitación técnica para la adaptación, educación a la comunidad con énfasis en instrumentos de la educación formal y desarrollo normativo.</p>			

Fuente: Programa Conjunto

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade A. (2009). Resumen del Proyecto Inap. Documento sin publicar elaborado para la Segunda Comunicación Nacional. Conservación Internacional - CI.
- Andrade, A., Medina, Ma. M., Shutze, K. & Triana, J. (2009). El enfoque ecosistémico y la adaptación al cambio climático. Experiencias en el Macizo de Chingaza. Documento de Posición. UICN. Negociaciones de la CMNUCC, 1 al 12 de Junio 2009, Bonn.
- Bo Lim; Spanger-Siegfried, E.; Burton, I.; Malone, E. & S. Huq. (2005). Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático: Desarrollo de Estrategias, Políticas y Medidas. Publicada por Cambridge University Press bajo el título *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Development Strategies, Policies and Measures*.
- Conservación Internacional [CI]. (2009) Avances del proyecto Inap, (Donación TF 056350), Primer informe anual, Enero a Junio de 2009. Documento recuperado de [http://www.conservation.org.co/filesdn/Informe%20INAP\\_I-2009%20\(FINAL\).pdf](http://www.conservation.org.co/filesdn/Informe%20INAP_I-2009%20(FINAL).pdf)
- González, J.I., Angulo, M.V. & López C. (2009). Pobreza y Cambio Climático. Trabajo realizado para Naciones Unidas - Pnud. Documento digital. p. 52.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (Sin publicar). Guía para la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Segunda versión. Documento interno. Bogotá.
- Ionescu, C., Klein, R.J.T., Hinkel, J., Kumar, K.K.S., Klein R., (2005). Towards a formal Framework of vulnerability to climate change. NeWater WB2 meeting. Oxford. U.K.
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007. Resumen para responsables de políticas. Base de ciencia física. Contribución del Grupo I de trabajo al cuarto informe de evaluación del IPCC. (IPCC & Solomon et al., Ed.) Cambridge, Reino Unido: IPCC & Cambridge University Press. 113 p.
- McGray, H., Hammil, A. & Bradley, R. (2007) Superando la tormenta: opciones para el encuadre Adaptación y Desarrollo, Instituto Mundial de Recursos, Washington, DC, EE.UU.
- Mafla, H. (2009). Propuesta metodológica participativa para el desarrollo de actividades agroecológicas, de regulación de la oferta hídrica, y Actividades piloto de adaptación que permitan reducir la vulnerabilidad de los agroecosistemas y prácticas productivas a la variabilidad y disponibilidad hídrica frente al clima de la cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza. Seminario Nacional de biodiversidad y cambio climático. Universidad Javeriana. Bogotá: Autor.
- Medina, M. M. (2009). Cómo adaptamos la Alta Montaña de Colombia al cambio climático. Programa Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático (Inap). Componente B, Alta Montaña. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), Conservación Internacional & Banco Mundial. Bogotá: Ideam.
- Metzger M. and Schröter D. (2006). Towards a spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change in Europe. *Regional Environmental Change*. Volume 6, Number 4 / December, 2006.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. [MAVDT] (2010). Política para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Viceministerio de Ambiente. Dirección de Ecosistemas. Grupo de Recurso Hídrico.
- Pnud. (2009). Normas de calidad del Pnud para integrar la adaptación al cambio climático con la programación de desarrollo. Recuperado en abril de 2010, de: <http://www.undp-adaptation.org/iccd/files/docs/publications/Quality%20Standards%20Spanish.pdf>



- Prieto, Freddy; Shutze, Klaus; Triana, Jose Ville. 2007. Bases para la definición de la Estructura Ecológica territorial Adaptativa. Cuenca del Río Blanco. Macizo Chingaza. Programa Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático - Inap. Componente B - Alta Montaña. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Conservación Internacional, Banco Mundial.
- United Nations Development Programme [UNDP]. (2008). El Plan de Acción de Bali: los temas principales en las negociaciones sobre el clima. Resumen para los encargados de la formulación de políticas. Septiembre 2008. An Environment & Energy Group Publication. Recuperado en mayo de 2010 de [http://www.undp.org/climatechange/docs/Spanish/UNDP\\_Summary\\_for\\_Policymakers\\_final\\_sp.pdf](http://www.undp.org/climatechange/docs/Spanish/UNDP_Summary_for_Policymakers_final_sp.pdf)
- Universidad Nacional, Universidad de Antioquia e Ideam. (2009). Informe científico final: Grupo red de cooperación en investigación sobre el agua (Grecia). Medellín: Autores.
- Wilches, G. (2008). La reducción de la pobreza como estrategia para la adaptación al cambio climático y la adaptación al cambio climático como estrategia para la reducción de la pobreza. Programa Conjunto integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático. Bogotá: Documento digital, recuperado en mayo de 2010, de: [http://www.pnud.org.co/img\\_upload/6162646162643434353537373737353535/CAMBIOCLIMATICO/4.%20Memorias%20Panel%20Nacional%20PoI%3%ADticas%20de%20pobreza%20y%20adaptaci%C3%B3n%20a%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20Colombia/4.1%20Textos/1.%20CC%20y%20reducci%C3%B3n%20pobreza-%20GWilches.pdf](http://www.pnud.org.co/img_upload/6162646162643434353537373737353535/CAMBIOCLIMATICO/4.%20Memorias%20Panel%20Nacional%20PoI%3%ADticas%20de%20pobreza%20y%20adaptaci%C3%B3n%20a%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20Colombia/4.1%20Textos/1.%20CC%20y%20reducci%C3%B3n%20pobreza-%20GWilches.pdf) 15 p.

A child wearing an orange beanie is looking at a drawing of a landscape with a river and mountains. The drawing is on a piece of paper with a grid. The child is wearing a dark jacket with white stripes on the sleeve. The background is slightly blurred, showing other people in a classroom setting.

# CAPÍTULO SEIS

## EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN A PÚBLICOS

---

AUTORES  
CÉSAR AUGUSTO MARTÍNEZ CH.  
CARMEN BRICEIDA RODRÍGUEZ M.  
SANDRA LORENA SANTAMARÍA  
ADRIANA VALENZUELA

### Colaboradores

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
- Bayer • Canal RCN • Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica)
  - Corporación grupo Tayrona • Corporaciones Autónomas Regionales (CAR)
- Cruz Roja Colombiana • Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
  - Dirección de Prevención y Atención de Desastres • Ecopetrol S.A
    - Fundación río urbano • Fundación siembra Colombia
  - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC) • Instituto de investigaciones amazónicas (Sinchi)
  - Maloka • Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)
  - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)
  - Ministerio de Educación Nacional • Ministerio de Relaciones Exteriores
  - Oficina de comunicaciones (IDEAM) • Organización juvenil ambiental
- Policía Nacional • Procuraduría General de la Nación • Red colombiana de formación ambiental
  - Red de desarrollo sostenible • Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)
- Juanita González L. (IDEAM) • Lina Sánchez M. (IDEAM) • Pedro Simón Lamprea Q. (IDEAM)
  - Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN)
  - Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) • Unidad Técnica de Ozono (UTO)
  - Universidad Distrital Francisco José de Caldas • Pontificia Universidad Javeriana
  - Universidad Nacional de Colombia • Universidad Politécnico Gran Colombiano
    - World Wide Fund for Nature (WWF)

### Coordinación y supervisión

Mauricio Cabrera L.  
Martha Duarte O.  
María Margarita Gutiérrez A.  
Ricardo José Lozano P.

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	369
<b>6.1 GENERALIDADES DE LA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN</b> .....	369
6.1.1 Proceso de trabajo para la construcción de la Estrategia .....	369
6.1.2 Punto focal Artículo 6 .....	370
6.1.3 Mesa Nacional del Artículo 6 .....	370
<b>6.2 ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN, SENSIBILIZACIÓN Y FORMACIÓN</b> .....	370
6.2.1 Objetivos de la estrategia .....	370
6.2.2 Públicos Objetivo .....	371
6.2.3 Ejes estratégicos .....	372
6.2.4 Plan Estratégico de Acción .....	372
6.2.5 Forma de seguimiento .....	379
<b>6.3 ACCIONES REALIZADAS POR COLOMBIA</b> .....	379
6.3.1 Promoción de la participación .....	379
6.3.2 Acceso a la información .....	380
6.3.3 Creación de conciencia pública .....	381
6.3.4 Capacitación .....	381
6.3.5 Educación .....	382
6.3.6 Cooperación internacional .....	382
6.3.7 Investigación .....	382
6.3.8 Acciones por entidades del gobierno y sectoriales .....	383
<b>6.4 LOGROS, DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES</b> .....	390
6.4.1 Logros alcanzados .....	390
6.4.2 Dificultades .....	391
6.4.3 Recomendaciones .....	391
6.4.4 Retos de la Estrategia .....	392
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	395



	Página
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	
Tabla 6.1 Eje acceso a la información .....	373
Tabla 6.2 Eje conciencia pública .....	374
Tabla 6.3 Eje capacitación .....	375
Tabla 6.4 Eje educación .....	376
Tabla 6.5 Eje investigación .....	377
Tabla 6.6 Eje participación .....	378
Tabla 6.7 Acciones por entidades del gobierno y sectoriales .....	386
Tabla 6.8 Acciones por los institutos de investigación .....	387
Tabla 6.9 Acciones por las ONG y Redes .....	388
Tabla 6.10 Acciones de las universidades .....	389
Tabla 6.11 Actividades por algunas empresas .....	390
Tabla 6.12 Acciones de los medios de comunicación .....	390
Tabla 6.13 Actividades de las autoridades ambientales regionales .....	390
<b>CONTENIDO DE FIGURAS</b>	
Figura 6.1. Ejes estratégicos para la implementación .....	372
Figura 6.2 Distribución de los programas universitarios, año 2004 .....	383
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 6.1 Portada capítulo 6. Niña campesina PNN Sumapaz (Cundinamarca). 2005. Mario G. González G. ...	365

## INTRODUCCIÓN

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en su Artículo 6 recomienda promover la educación, la formación y la sensibilización de públicos sobre cambio climático (CMNUCC, 1992). Esta recomendación es asumida por Colombia, convencidos que los esfuerzos en esta materia contribuirán a mejorar el conocimiento sobre el tema, puesto que permiten movilizar la acción de todos los interesados para lograr el cumplimiento de los objetivos de la convención.

Es necesario resaltar el interés del gobierno colombiano en mostrar tanto las oportunidades como las barreras encontradas para avanzar en la estructuración de un plan nacional de adaptación, el cual es uno de los pilares fundamentales en la gestión interinstitucional para hacerle frente a los efectos adversos del cambio climático. Se asume la importancia de la educación, como una forma propositiva para que la sociedad se nutra de elementos y criterios estratégicos para establecer las formas y niveles de responsabilidad diferenciada de cada uno de los actores; entendiendo esto, se asume como país la necesidad de establecer un norte para tal accionar en términos educativos.

En este capítulo se presentan las acciones realizadas por Colombia, principalmente entre los años 2007 y 2009, para promover la educación, formación y sensibilización de públicos sobre el cambio climático, desde cada una de las instituciones que apoyan este proceso y los avances presentados por Colombia al darse a la tarea de estructurar una Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático, acatando los elementos orientadores de Nueva Delhi y los dados por el contexto Colombiano, para orientar el accionar del país en esta materia, sin desconocer que la dinámica propia de todo proceso educativo, obligará a que esta sea retroalimentada de forma permanente según sea requerido.

Para cerrar este capítulo no se puede pasar por alto que las comunicaciones nacionales, además de ser un recurso informativo, se convierten en un material educativo clave al interior del país.

### 6.1 GENERALIDADES DE LA ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN

Colombia asume que la educación, sensibilización y formación de públicos ante el cambio climático son elementos claves en el proceso de generación de conciencia y responsabilidad, sobre nuestras acciones frente al cambio climático. Es así como el país diseñó la “Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático”, con la cual se brindan una serie de directrices que permiten, no solo a las instituciones gubernamentales sino también a las no gubernamentales, para orientar sus acciones para canalizar los diferentes esfuerzos y hacerlos más efectivos y con mayor nivel de cobertura.

En el presente capítulo se hace una breve descripción del proceso a través del cual se construyó la estrategia, se expone la Estrategia de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos y finalmente se exponen avances que se han venido efectuando en el país en esta materia.

#### 6.1.1 Proceso de trabajo para la construcción de la estrategia

La estrategia para promover la educación, formación y sensibilización de públicos sobre el cambio climático es el resultado de un trabajo intersectorial e interinstitucional. Se convocaron diferentes entidades para formar una mesa de trabajo denominada “Mesa Nacional del Artículo 6” donde, a partir de talleres y reuniones se diseñó la estrategia. En dicha mesa participaron entidades públicas y privadas, institutos de investigación, organizaciones de la sociedad civil y la academia, entre otros<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> En las Tablas 6.7 a 6.13 se nombran todas las entidades que participaron en la Mesa Nacional del Artículo 6.

La estrategia diseñada definió un plan estratégico de acción para cada uno de los públicos objetivo, a implementar de la siguiente forma: corto plazo comprendido entre los años 2009 y 2012, mediano plazo entre los años 2013 y 2015 y largo plazo comprendido entre el año 2016 y el año 2019. Se debe enfatizar que el cumplimiento de las metas está supeditado a la disponibilidad que tengan los actores involucrados de los recursos financieros que les permitan cumplir con las actividades establecidas.

### 6.1.2 Punto focal Artículo 6

Los puntos focales en Colombia ante la CMNUCC son el Ministerio de Relaciones Exteriores y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). Las entidades encargadas de promover la estrategia y que actuarán como enlace a nivel nacional, para orientar la implementación y realizar el seguimiento y evaluación de procesos son MAVDT con su Oficina de Grupo de Mitigación de Cambio Climático y la Oficina de Educación y Participación y el Ideam con la Oficina de Comunicaciones y la Subdirección de Estudios Ambientales.

### 6.1.3 Mesa Nacional del Artículo 6

Las funciones principales adelantadas por la mesa fueron las siguientes:

- Brindar elementos para la construcción de la estrategia.
- Promover la divulgación e implementación de la estrategia a nivel nacional, regional y local, sistematizar experiencias significativas en los temas de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático. Considerando no solo la población urbana, sino también a las poblaciones rurales: campesinos, indígenas y afrodescendientes.
- Promover el establecimiento de alianzas para el trabajo de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático.
- Coordinar la realización de campañas nacionales y la propuesta para establecer el día nacional para enfrentar el cambio climático.
- Desarrollar proyectos piloto a nivel local, regional y nacional.
- Realizar el seguimiento y evaluación al proceso de implementación.
- Apoyar en la consecución de recursos y canalización de los mismos para la implementación de los proyectos y propuestas surgidas de la implementación.

En la actualidad se mantiene el trabajo realizado con la Mesa Nacional del Artículo 6, pero el énfasis que se está dando ha sido en aras de generar capacitación a los miembros, los cuales a su vez son capacitadores de diferentes públicos, en el marco de las obligaciones y competencias de las diferentes entidades públicas y privadas. De este modo se continúa dejando capacidad instalada en las entidades sobre los componentes técnico, social, organizativo e institucional, en torno al cambio climático.

## 6.2 ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN, SENSIBILIZACIÓN Y FORMACIÓN

### 6.2.1 Objetivos de la estrategia

Establecer directrices que contribuyan en la creación de capacidades a nivel local, regional y nacional en los temas de cambio climático por medio de la implementación, seguimiento, acompañamiento y evaluación, de medidas que promuevan el acceso a la información, fomenten la conciencia pública, la capacitación, la educación, la investigación y la participación.

Objetivos específicos:

- Promover el acceso público a la información sobre las causas, consecuencias e impactos del cambio climático, y acciones para afrontarlo.
- Promover la creación de conciencia en los individuos y las comunidades, fomentando cambios de actitud y comportamiento frente a las nuevas dinámicas del sistema climático.
- Promover el desarrollo de capacidades, competencias científicas, destrezas y habilidades cualificando el recurso humano para abordar adecuadamente los temas de cambio climático.

- Incentivar la inclusión de los temas de cambio climático en la educación formal básica, media, técnica y superior, al igual que en la educación no formal e informal.
- Fomentar la realización de investigaciones permanentes y la generación conocimiento sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales del cambio climático.
- Promover la participación pública en la planificación, ejecución, monitoreo y evaluación de programas y proyectos de cambio climático.

## 6.2.2 Públicos Objetivo

Después de la concertación con la Mesa de Artículo 6 y entendiendo la diversidad de población presente en Colombia se define que debe contemplarse tanto la diferencia del público, como el medio y el mensaje a comunicar según la población y la importancia de sus acciones en torno a la participación pública y privada de la población ante el cambio climático. Este análisis nos arroja información sobre unos grupos o públicos objetivo a quienes se quiere impactar y vincular en el proceso de educación, formación y sensibilización.

- Tomadores de decisiones.
- Instituciones gubernamentales.
- Sector educativo en los niveles nacional, regional y local.
- Grupos étnicos que corresponden a: a) Indígenas, b) Rom y, c) Población negra, afrocolombiana, raizal y palenquera
- Organizaciones campesinas y productores rurales.
- Usuarios pasivos interesados.
- Niñez y juventud.
- Empresa privada.
- Medios masivos de comunicación.

El primero grupo, identificado como prioritario desde dos puntos de vista: el político y de responsabilidad social, son los **tomadores de decisiones**. Para este grupo es necesario diseñar estrategias exclusivas. Este grupo usa la información para llevar a cabo su trabajo, en consecuencia, entre más clara y contextualizada se encuentre la información, se hará más fácil aportar a la construcción de normas que apoyen y protejan el ambiente.

La estrategia propenderá por la capacitación de capacitadores, lo cual implica un proceso con las **instituciones gubernamentales**, y especialmente con sus funcionarios encaminando un proceso de fortalecimiento y generación de aptitudes y competencias científicas, pedagógicas y comunicativas en torno a asumirnos en un proceso de cambio y variabilidad climática.

El **sector educativo** es un objetivo prioritario. El responsable directo de este componente por misionalidad y competencias, es el Ministerio de Educación Nacional, el objetivo es claro: Incluir en la educación formal desde la base del currículo hasta el nivel superior, los elementos del cambio climático como mecanismo para dar inicio a una transformación cultural que permita asumir esta nueva realidad del territorio, además de crear una conciencia sobre la responsabilidad de cada escuela y la comunidad educativa en el proceso.

Se debe tener la capacidad para que el conocimiento técnico y científico se permean de las diferentes cosmovisiones de nuestro territorio, por ello se requiere de la participación en mesas de trabajo de **grupos étnicos**, que permitan la retroalimentación y aporten sus diferentes visiones.

Las **organizaciones campesinas y los campesinos en general** como garantes de la seguridad alimentaria del país son quizá el sector más vulnerable ante los efectos del cambio climático, por esta razón en el marco de la estrategia nacional de Educación, formación y sensibilización de públicos se deberá asegurar su acceso a la información y el acompañamiento técnico, que les permita tomar las medidas necesarias para mitigar los impactos de sus actividades sobre los recursos naturales, así como las acciones requeridas para adaptarse a las nuevas dinámicas.

**Usuarios pasivos interesados**, este grupo requiere de un trato especial en la oferta de información, desde un portafolio de servicios de información científica, hasta volúmenes digitales del conocimiento generado por las instituciones gubernamentales encargadas de orientar el tema, cuyo acceso debe ser fácil y cuya presentación haya pasado por un proceso de ajuste pedagógico. La educación ambiental se enfocará en la divulgación y la oferta de programas de capacitación.



El papel de los **niños y jóvenes** en la formulación de propuestas para la solución de problemáticas de su comunidad se debe abordar mediante el desarrollo de una propuesta que promueva la articulación y el diálogo entre los niños, jóvenes y grupos juveniles, que permitan asumir un papel consiente de la importancia de su participación y liderazgo en los temas de cambio climático.

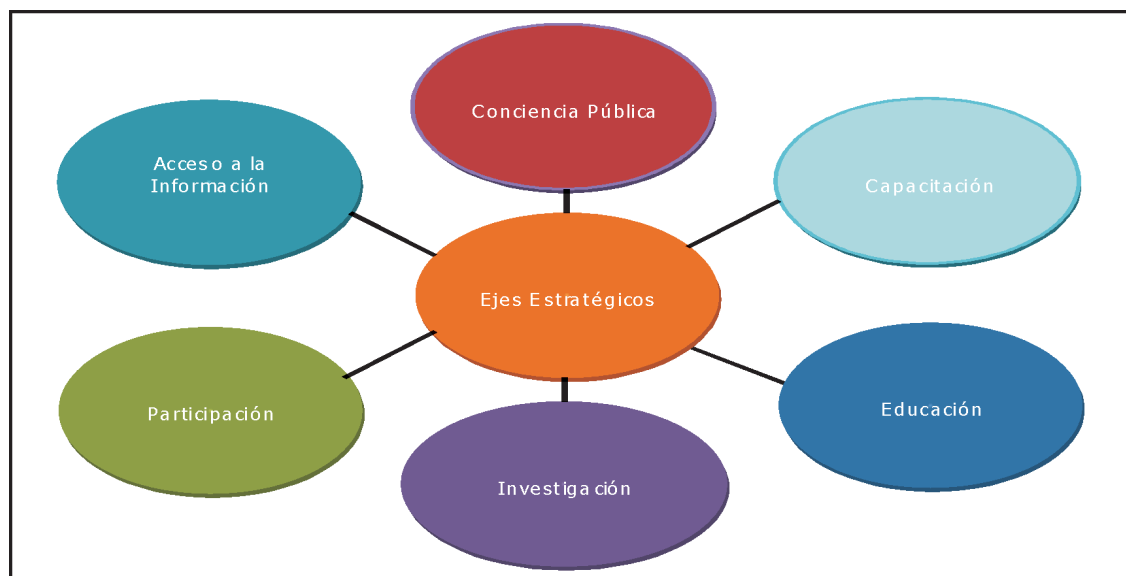
Parte de asumir la responsabilidad social, incluye la vinculación de la **empresa privada** como aliados estratégicos en la adaptación al cambio climático, y en la orientación no sólo de los derechos sino también de los deberes que les compete en la conservación de los recursos naturales.

En los **medios masivos de comunicación** se orienta el accionar hacia la capacitación a periodistas, sobre la importancia del mensaje que se transmite y la responsabilidad social existente en los medios de comunicación como eje estratégico de movilización de masas. Dado el alcance de estos medios, se requiere generar material impreso y audiovisual, dentro de estrategias de alto impacto con características publicitarias, que motiven aun más a estos medios a su divulgación.

### 6.2.3 Ejes estratégicos

La estrategia define un plan de acción orientado sobre los ejes estratégicos citados a continuación y que han sido y serán abordados sobre los públicos definidos, igualmente vale la pena aclarar que entendiendo las dinámicas de la educación y de los procesos sociales desarrollados en el país, la estrategia se asume igualmente dinámica y se permite el ajuste fruto del proceso de evaluación y seguimiento dado.

Figura 6.1. Ejes estratégicos para la implementación



Fuente: Ideam-autores

Los ejes estratégicos definidos para este tema serán las líneas sobre las cuales se plantea que se desarrollen las acciones de las diferentes instituciones en el nivel local, regional y nacional.

### 6.2.4 Plan Estratégico de Acción

De las mesas de trabajo, se llega al siguiente planteamiento en el cual se define un plan estratégico de acción, que pretende orientar el accionar a nivel nacional, tanto de las instituciones gubernamentales, como de las no gubernamentales, en aras de potencializar los esfuerzos humanos y económicos (canalización de recursos y esfuerzos), para dar una mayor y más eficiente cobertura a los diferentes actores involucrados en el proceso de educación, sensibilización y formación frente al cambio climático. (Ver las tablas de la 6.1 a la 6.6)

Como se explicó anteriormente el Plan Estratégico de Acción está planteado para el período 2009-2019; se consideran acciones de Corto plazo CP a aquellas comprendidas entre el 2009 y el 2012; las de Mediano plazo MP se consideran como aquellas que se desarrollan entre 2013 y 2015; y las de Largo plazo LP las que se diseñan para el período 2016 a 2019.

### 6.2.4.1 Eje acceso a la información

**Objetivo:** Promover el acceso público a la información sobre las causas, consecuencias e impactos del cambio climático y sobre las acciones para afrontarlo.

Tabla 6.1 Eje acceso a la información

Público	Objetivo	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Comunidad en general	Mejorar la oferta de información validada sobre cambio climático en las páginas web de entidades públicas	Un portal nacional sobre cambio climático	Crear el portal nacional sobre cambio climático	Portal nacional actualizado en línea	Número de visitas al portal web.
		Espacios sobre cambio climático en las páginas web de entidades públicas del orden nacional, de las Corporaciones Autónomas Regionales -CAR- y las Autoridades de los Grandes Centros Urbanos -UAGCU-, así como enlace con el portal nacional	Crear espacios con información sobre cambio climático en las páginas web de entidades públicas y establecer enlaces con el portal nacional	Número de entidades públicas con información en su página web sobre cambio climático y con enlace al portal nacional	Número de visitas a las páginas web
	Socializar los resultados de las Comunicaciones Nacionales en un lenguaje sencillo y claro para los tomadores de decisiones y otros públicos	Tomadores de decisiones y otros públicos con conocimiento de los resultados de las Comunicaciones Nacionales	Producir materiales divulgativos para socializar los resultados de las Comunicaciones Nacionales para diferentes públicos	Número de materiales divulgativos producidos	Número de personas que conocen los resultados de las Comunicaciones Nacionales
Autoridades ambientales y tomadores de decisiones	Mejorar el acceso a información precisa y oportuna de las autoridades ambientales y tomadores de decisiones en los temas de cambio climático	Portal del Sistema de Información Ambiental de Colombia -SIAC- con información actualizada sobre cambio climático	Publicar en la plataforma del SIAC los resultados de investigaciones validadas sobre cambio climático	Número de entidades del SINA que han alimentado el portal del SIAC con información sobre cambio climático	Número de consultas al portal del SIAC
		Resúmenes en español de los últimos informes del IPCC, de la CMNUCC y de los resultados de las negociaciones internacionales.	Producir resúmenes en español de los principales resultados de los documentos técnicos del IPCC, de la CMNUCC y de los resultados de las negociaciones internacionales	Número de resúmenes de los documentos técnicos del IPCC, de la CMNUCC y de los resultados de las negociaciones internacionales producidos	Número de instituciones consultando los resúmenes
		Publicaciones anuales en cambio climático	Publicar los resultados de investigaciones y estudios sobre cambio climático	Número de publicaciones anuales sobre cambio climático	Número de Instituciones que consultan las publicaciones
Medios de comunicación y periodistas	Promover que los medios de comunicación transmitan información precisa y oportuna sobre cambio climático	Medios de comunicación a nivel nacional, regional y local, transmitiendo información precisa y oportuna sobre cambio climático	Promover la transmisión de información precisa y oportuna para difundir los temas de cambio climático en los medios masivos, alternativos, comunitarios y universitarios de comunicación (radio, prensa, televisión y portales en Internet)	Número de acciones desarrolladas que promuevan la transmisión de información precisa y oportuna en los medios de comunicación	Número de medios de comunicación que transmiten información precisa y oportuna sobre cambio climático
	Fomentar programas de responsabilidad social de los medios de comunicación frente al cambio climático	Inclusión de los temas de cambio climático en los programas de responsabilidad social de los medios de comunicación	Campañas de sensibilización sobre la responsabilidad social de los medios de comunicación frente al cambio climático	Número de campañas de sensibilización desarrolladas para los medios de comunicación	Número de medios de comunicación con programas de responsabilidad social que incluyan los temas de cambio climático

Público	Objetivo	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
ONG	Promover el intercambio de proyectos y experiencias en cambio climático	Un banco en el portal nacional de cambio climático que recopile experiencias sobre cambio climático a nivel nacional, regional y local	Crear un banco de experiencias significativas sobre cambio climático en el portal nacional	Número de experiencias en el banco	Número de consultas al banco de experiencias
	Facilitar el acceso a la información sobre cambio climático de los sectores y gremios productores de bienes y servicios del país	Principales gremios y sectores productores de bienes y servicios del país con conocimiento sobre los medios disponibles para acceder a información sobre cambio climático	Promoción de los medios de información existentes sobre cambio climático, en los diferentes eventos de difusión y capacitación sectorial que se desarrollen sobre cambio climático	Número de gremios informados	Número de gremios haciendo uso de las fuentes e información suministradas
Sector Privado	Promover el diseño de espacios o medios de información en los sectores, que faciliten el acceso a información útil para el diseño de acciones para mitigación del y adaptación al cambio climático	Principales sectores y gremios con espacios de información sobre cambio climático en sus medios de información al público	Acompañamiento a los gremios y sectores productivos del país en la inclusión de temas sobre cambio climático en sus diferentes medios de divulgación	Número de reuniones de difusión a los gremios	Número de publicaciones sobre cambio climático en los medios de divulgación de los diferentes Gremios

#### 6.2.4.2 Eje conciencia pública

**Objetivo:** Promover la creación de conciencia en los individuos y las comunidades, fomentando cambios de actitud y comportamiento frente a las nuevas dinámicas del sistema climático (Tabla 6.2).

Tabla 6.2 Eje conciencia pública

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Comunidad en general	Sensibilizar y concientizar a la población sobre el cambio climático, de acuerdo a los resultados de las comunicaciones nacionales	Celebración del Día Nacional para Enfrentar el Cambio Climático en 32 departamentos	Celebración del Día Nacional para Enfrentar el Cambio Climático	Número de departamentos con celebración	Número de reportes a la secretaría de la Mesa de Artículo 6 de la CMNUCC sobre las actividades y el número de personas movilizadas
		Realizar campañas de comunicación educativa con la producción de piezas comunicativas sobre cambio climático (cufias radiales, impresos, multimedias, documentales, entre otros), de acuerdo a las prioridades establecidas en las comunicaciones nacionales y a las realidades de cada región	Realizar anualmente campañas de comunicación educativa	Número de campañas realizadas	Número de personas que accedieron a las campañas
		Producir materiales pedagógicos sobre cambio climático para niños y jóvenes en un lenguaje sencillo en los 32 departamentos	Producir materiales pedagógicos sobre cambio climático para niños y jóvenes en un lenguaje sencillo	Número de materiales pedagógicos realizados	Número de beneficiarios de los materiales pedagógicos
		Realización de eventos académicos y culturales sobre cambio climático en los 32 departamentos	Realizar eventos académicos y culturales sobre cambio climático	Número de eventos académicos y culturales realizados	Número de personas que participan en los eventos

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
		Realización de concursos en los 32 departamentos	Realizar concursos (pintura, fotografía, videoclip, etc.) sobre cambio climático, para diferentes públicos	Número de concursos realizados	Número de participantes en los concursos
Entidades públicas	Fomentar la creación de programas de ahorro y uso eficiente de los recursos naturales que fomenten la conciencia pública sobre cambio climático	Programas en las entidades públicas de ahorro y uso eficiente de los recursos naturales	Creación de programas de ahorro y uso eficiente de los recursos naturales en las entidades públicas	Número de entidades con programas implementados	Porcentaje de reducción en consumo de las entidades públicas

### 6.2.4.3 Eje capacitación

**Objetivo:** Promover el desarrollo de capacidades, destrezas y habilidades, cualificando el recurso humano, que fomenten acciones frente al cambio climático (Tabla 6.3).

Tabla 6.3 Eje capacitación

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Entidades Ambientales	Promover la inclusión de los temas relacionados con el cambio climático en los instrumentos de planeación y ordenamiento territorial	Un evento anual de capacitación para funcionarios de entidades ambientales	Realizar eventos de capacitación interdisciplinaria para profesionales de las entidades ambientales (cambio climático, educación, comunicaciones, entre otros)	Número de eventos realizados	Número de programas institucionales que insertan acciones sobre cambio climático en sus instrumentos de planeación
Entidades Sectoriales	Promover la inclusión de los temas relacionados con el cambio climático en los instrumentos de planeación	Un evento de capacitación anual para funcionarios de las entidades sectoriales	Eventos de capacitación para funcionarios de entidades sectoriales	Número de talleres realizados	Número entidades sectoriales que insertan acciones sobre cambio climático en instrumentos de planeación
Autoridades Locales	Promover la inclusión de los temas relacionados con el cambio climático en los instrumentos de planeación y ordenamiento territorial	Un evento para funcionarios de los municipios	Realizar un evento de capacitación dirigido a los funcionarios de los municipios en temas relacionados con Cambio Climático	Número de eventos realizados	Número de entidades territoriales que han insertado acciones sobre cambio climático en sus programas
Periodistas	Promover el cubrimiento adecuado de los temas de cambio climático en los medios de comunicación	Un evento anual de capacitación para periodistas de medios masivos, alternativos, comunitarios y universitarios	Eventos de capacitación para periodistas	Número de eventos realizados	Número de medios de comunicación que realizan un cubrimiento adecuado de los temas de cambio climático
Tomadores de decisiones y legisladores	Promover que los tomadores de decisiones y legisladores incluyan de manera adecuada los asuntos sobre cambio climático en los procesos de toma de decisiones	Un evento anual de capacitación para tomadores de decisiones y legisladores sobre cambio climático	Eventos de capacitación para tomadores de decisiones y legisladores, sobre cambio climático	Número de eventos realizados	Número de entidades que incluyen de manera adecuada los asuntos sobre cambio climático en los procesos de toma de decisiones



Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Docentes	Promover la inserción de los temas de cambio climático en las estrategias de educación ambiental formal	Docentes y directivos capacitados para que inserten en los currículos los temas de cambio climático en los 32 departamentos	Capacitación a directivos y docentes, sobre cambio climático	Número de directivos y docentes capacitados en el país	Número de instituciones educativas que han insertado los temas de cambio climático en los currículos
Niños y jóvenes	Fomentar la participación de los niños y jóvenes en iniciativas de cambio climático	Eventos de capacitación para niños y jóvenes sobre cambio climático en los 32 departamentos Un evento de capacitación para profesores sobre cambio climático en los 32 departamentos	Eventos de capacitación para niños y jóvenes, sobre cambio climático	Número de eventos realizados	Número de niños y jóvenes participantes en los eventos
ONG	Fomentar la implementación de iniciativas de las ONG orientadas al cambio climático	Eventos de capacitación para ONG en 5 ciudades	Eventos de capacitación para ONG, sobre cambio climático	Número de eventos realizados	Número de ONG participantes de los eventos
Comunidades organizadas	Fomentar la participación de los líderes comunitarios en proyectos de cambio climático	Eventos de capacitación para líderes comunitarios en los 32 departamentos	Eventos de capacitación para líderes comunitarios, sobre cambio climático	Número de eventos realizados	Número de líderes participantes de los eventos
Comunidades étnicas	Fomentar la incorporación de los saberes de las comunidades tradicionales en los proyectos de mitigación del y adaptación al cambio climático	Eventos de capacitación para comunidades étnicas sobre cambio climático en los 32 departamentos	Eventos de capacitación para comunidades étnicas, sobre cambio climático	Número de eventos realizados	Número de comunidades participantes de los eventos

#### 6.2.4.4 Eje educación

**Objetivo:** Incentivar la inclusión de los temas de cambio climático en la educación formal básica, media, técnica y superior, al igual que en la educación no formal e informal (Tabla 6.4).

Tabla 6.4 Eje educación

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Instituciones educativas de primaria, básica y media	Promover la inserción de los temas de cambio climático en las estrategias de educación ambiental formal	32 departamentos con acompañamiento a las estrategias de la Política Nacional de Educación Ambiental formal para que incorporen los temas de cambio climático	Acompañamiento a las estrategias de educación ambiental formal en los 32 departamentos	Número de departamentos con procesos de acompañamiento	Número de departamentos con proyectos educativos sobre cambio climático
		Desarrollo de materiales educativos sobre cambio climático adecuados a los contextos nacionales, regionales y locales que tengan en consideración los aspectos socioculturales, económicos y ambientales	Materiales educativos sobre cambio climático ajustados a las realidades y contextos del país	Número de materiales educativos adecuados a los contextos nacionales, regionales y locales desarrollados	Número de instituciones educativas utilizando los materiales educativos
	Promover la creación de programas académicos sobre cambio climático	Programas académicos sobre cambio climático en las universidades	Diseño de programas académicos sobre cambio climático.	Número de programas académicos ofertados	Número de participantes inscritos en los programas académicos

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Entidades de Educación Superior	Promover que en los currículos se hagan transversales los temas de cambio climático a través de los Proyectos Ambientales PRAU Universitarios PRAU	Entidades de educación superior con PRAU en implementación que incluyan los temas de cambio climático como eje transversal	Creación de PRAU en las entidades de educación superior	Número de PRAU implementados	Número de entidades de educación superior que han incorporado los temas de cambio climático como eje transversal en sus currículos
Comunidad en general	Promover la inserción de los temas de cambio climático en las estrategias de educación ambiental no formal	32 departamentos con PROCEDA implementados sobre cambio climático	Promover la formulación e implementación de PROCEDA sobre cambio climático	Número de PROCEDA implementados	Número de personas que participan en los PROCEDA
		Programa de Promotoría Ambiental Comunitaria con énfasis en cambio climático	Incluir el componente de cambio climático en la Promotoría Ambiental	Número de programas de Promotoría Ambiental Comunitaria con énfasis en cambio climático	Número de promotores ambientales capacitados en cambio climático
		32 CIDEA departamentales con instrumentos de planificación que incluyen el componente de cambio climático	Incluir el componente de cambio climático en los instrumentos de planificación de los CIDEA	Número de CIDEA	Número de CIDEA con instrumentos de planificación que incluyen el componente de cambio climático
Tomadores de decisiones y legisladores	Articular y coordinar esfuerzos interinstitucionales en las iniciativas de gestión del riesgo y de cambio climático, para promover procesos educativos de prevención y reducción de la vulnerabilidad ante eventos naturales	Generar planes integrales de gestión del riesgo que contemplen el componente de cambio climático en su planificación y gestión	Incluir en los mecanismos de planeación de la gestión integral del riesgo los elementos de cambio climático	Número de planes de gestión del riesgo que incluyen el cambio climático	Número de planes de gestión del riesgo que promuevan procesos educativos de prevención y reducción de la vulnerabilidad ante eventos naturales

#### 6.2.4.5 Eje investigación

**Objetivo:** Fomentar la realización de investigaciones permanentes y la generación de conocimientos sobre los aspectos sociales, económicos y ambientales del cambio climático (Tabla 6.5).

Tabla 6.5 Eje investigación

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Comunidad en general	Conocer el nivel de conciencia pública sobre cambio climático	Línea base sobre conciencia pública en cambio climático en los 32 departamentos del país	Línea base nacional de conciencia pública	Línea base nacional	Nivel de conocimiento de los resultados de la línea base
			Encuesta nacional que permita conocer la percepción, el conocimiento y las actitudes de los colombianos ante el cambio climático	Encuesta nacional sobre cambio climático	Número de acciones en cambio climático, que surjan a partir de los resultados de la encuesta
Entidades públicas y privadas	Aumentar la realización de investigaciones sociales, económicas y ambientales sobre cambio climático	Investigaciones sociales, económicas y ambientales sobre cambio climático en los 32 departamentos	Proyectos de investigación de acuerdo a las prioridades establecidas por la comunicación nacional y a las necesidades de las regiones	Número de proyectos de investigación desarrollados	Número de instituciones que han utilizado los resultados de investigaciones sobre cambio climático en su gestión

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Comunidad educativa	Promover la investigación sobre cambio climático en universidades del país	Crear líneas de investigación en las universidades sobre temas de cambio climático	Líneas de investigación en la universidades	Número de líneas de investigación creadas	Número de personas vinculadas a los proyectos de investigación
		Crear semilleros de investigación sobre cambio climático en universidades	Creación de semilleros de investigación sobre cambio climático	Número semilleros de investigación funcionando	Número de personas vinculadas a los proyectos de investigación
		Un concurso anual de tesis de grado a nivel nacional sobre cambio climático	Creación del concurso de tesis de grado sobre cambio climático	Número de tesis participantes en el concurso	Número de tesis aplicadas en la solución de problemas
		Estudiantes universitarios en los 32 departamentos realizando pasantías en entidades públicas que trabajan en temas de cambio climático	Pasantías de estudiantes universitarios en entidades públicas que trabajan en temas de cambio climático	Número de instituciones con pasantías para estudiantes	Número de pasantes vinculados
Comunidades étnicas	Promover procesos de etno investigación sobre cambio climático	Proyectos de etno investigación que incluyan los saberes de las comunidades tradicionales	Proyectos de etno investigación	Número de proyectos de etno investigación	Número de comunidades involucradas

#### 6.2.4.6 Eje participación

**Objetivo:** Promover la participación pública en la planificación, ejecución, monitoreo y evaluación de programas y proyectos de cambio climático (Tabla 6.6).

Tabla 6.6 Eje participación

Público	Objetivos específicos	Meta	Actividad	Indicador gestión	Indicador de impacto
Comunidad científica y académica	Fortalecer las 15 mesas técnicas para facilitar el intercambio de experiencias e información y la formulación de proyectos interinstitucionales	15 mesas técnicas activas	Reuniones de las 15 mesas técnicas	Número de reuniones de las mesas	Número de instituciones participantes en las mesas
Entidades públicas	Promover el trabajo interinstitucional coordinado en los temas de cambio climático	Establecimiento de agendas interministeriales sobre cambio climático	Creación de agendas interministeriales sobre cambio climático	Número de agendas interministeriales	Número de instituciones trabajando en red
Autoridades locales	Promover el trabajo regional en los temas de cambio climático y la construcción de proyectos en torno al mismo	Nodos regionales de cambio climático en los 32 departamentos	Creación de los nodos regionales de cambio climático	Número de nodos creados	Número de instituciones trabajando en red
Comunidad en general	Promover la participación de las comunidades en los procesos de adaptación y mitigación del cambio climático	Creación de redes sociales que trabajen en temas sobre adaptación y mitigación del cambio climático en los 32 departamentos	Crear y fortalecer redes sociales que trabajen en cambio climático	Número de redes creadas y fortalecidas	Número de personas e instituciones trabajando en red
Niños y Jóvenes	Promover la participación de niños y jóvenes en programas de cambio climático	Eventos y actividades para niños y jóvenes en los 32 departamentos	Realización de eventos, foros, encuentros, etc., para niños y jóvenes	Número de departamentos participantes	Número de niños y jóvenes vinculados en iniciativas de cambio climático
Comercio e industria	Promover programas de responsabilidad social empresarial sobre cambio climático	Empresas con programas de responsabilidad social empresarial sobre cambio climático en los 32 departamentos	Creación de programas de responsabilidad social empresarial sobre cambio climático	Número de empresas con programas de responsabilidad social corporativa	Número de beneficiarios de los programas de responsabilidad social corporativa

## 6.2.5 Forma de seguimiento

El seguimiento y evaluación de la estrategia mencionada será un trabajo a desarrollar de manera conjunta entre la Subdirección de Estudios Ambientales y la Oficina de Comunicaciones del Ideam, la Mesa Nacional del Artículo 6, la Oficina de Educación y Participación y el Grupo de Cambio Climático del MAVDT. Teniendo en cuenta que el Programa de Trabajo de Nueva Delhi será revisado a nivel mundial en los años 2010 y 2012, Colombia realizará dos revisiones preparatorias en los mismos años, con la respectiva publicación de los resultados.

Es importante resaltar que asumiendo la dinámica de los procesos de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático, los resultados esperados serán cuantificables a largo plazo y estarán encaminados a generar una transformación cultural. En el largo plazo se espera que todos los departamentos del país estén participando activamente y se haya logrado insertar la estrategia de educación, formación y sensibilización de públicos sobre el cambio climático en la planificación sectorial e institucional. Todo el proceso de la estrategia asume un componente de ajuste y retroalimentación entendida en las dinámicas del contexto colombiano.

## 6.3 ACCIONES REALIZADAS POR COLOMBIA

El Programa de Trabajo de Nueva Delhi estableció seis líneas de acción para orientar los esfuerzos de los países en torno al Artículo 6; tales líneas son: 1) promoción de la participación ciudadana; 2) acceso a la información; 3) creación de conciencia; 4) capacitación; 5) educación y 6) cooperación internacional (CMNUCC, 2002). A manera de resumen, se muestra el panorama básico y las principales acciones institucionales realizadas por el país en estos temas. Estas acciones son la expresión del avance logrado; sin embargo, teniendo en cuenta su reciente implementación, se encuentran en proceso de ampliar la cobertura. Es válido mencionar que el proceso de compilación es permanente y dinámico, razón por la cual su actualización se adelanta de manera continua. Con estos fines se requiere financiación para que la Mesa del Artículo 6, presente reportes anuales sobre educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático.

A continuación se hace un breve análisis del estado de cada una de las líneas citadas no exhaustiva de la información que suministraron las organizaciones miembros de la Mesa Nacional del Artículo 6 que participaron en los talleres para la construcción de la Estrategia de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático.

### 6.3.1 Promoción de la participación

En los últimos años se ha registrado un incremento en la participación, en los temas de cambio climático en el país, como resultado de iniciativas lideradas por el gobierno, la sociedad civil, la academia, los gremios, los medios de comunicación y las comunidades. Se debe tener en cuenta que las comunicaciones nacionales sobre el cambio climático son el punto de máxima interacción interinstitucional y sectorial en el país. Tales documentos como producto de las discusiones, la gestión de información y la generación de conocimientos consolidados cuando se realiza su publicación. Sin embargo, una de las debilidades encontradas es que muchos de los procesos creados en el marco de las comunicaciones nacionales no permanecen con la dinámica y consolidación de las gestiones por la falta de financiación, lo que genera cierta falta de continuidad y pérdida de efectividad en los procesos.

En el proceso de la Segunda Comunicación Nacional (SCN) se establecieron mesas de trabajo para la elaboración del inventario nacional de gases efecto invernadero, según los módulos de energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso del suelo y silvicultura y residuos. En el componente de vulnerabilidad y adaptación para glaciares, desertificación y recurso hídrico. Además, para los componentes de mitigación, circunstancias nacionales y educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático.

Las organizaciones no gubernamentales (ONG) han desempeñado acciones de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático, a través de iniciativas que promueven acciones y resultados sobre la concienciación y participación ciudadana. Asimismo, es relevante la participación de los niños y jóvenes que se viene promoviendo a través de actividades de educación formal, no formal e informal<sup>2</sup>. Por su parte, las entidades del SINA tienen una gestión activa a nivel nacional, en términos de sensibilización de públicos en temas de cambio climático. De igual manera se requiere fortalecer la participación de los gobiernos locales y las comunidades rurales, para incidir en los procesos de desarrollo local y en los cambios culturales.

<sup>2</sup> La educación formal es aquella que se imparte en establecimientos educativos aprobados, en una secuencia regular de ciclos lectivos, con sujeción a pautas curriculares progresivas, y conducente a grados y títulos. La no formal es la que se ofrece con el objeto de complementar, actualizar, suplir conocimientos y formar en aspectos académicos o laborales. Y la informal es todo conocimiento libre y espontáneamente adquirido, proveniente de personas, entidades, medios masivos de comunicación, medios impresos, tradiciones, costumbres, comportamientos sociales y otros no estructurados (Ministerio de Educación Nacional, 1994)



## 6.3.2 Acceso a la información

Algunos de los resultados más relevantes en el acceso a la información en los temas de cambio climático se muestran a continuación.

### 6.3.2.1 Red informática

En Colombia viene creciendo el número de personas que tienen acceso a internet, no obstante aún existen regiones del país donde su desarrollo no le permite tener todos los medios y herramientas asociadas con la infraestructura y capacidad para acceder de manera eficiente a este servicio. Sin embargo, los sitios en internet en los que se puede acceder a información sobre cambio climático han aumentando.

Con base en los resultados de la encuesta de calidad de vida del año 2008 (DANE, 2009), se encuentra que en el país se han dado cambios importantes en la posesión de algunos de los bienes y servicios asociados con la comunicación, como son:

- a) La televisión por suscripción aumentó 12,8%, pasando de 35,5% en el año 2003 a 48,3% en el año 2008.
- b) El acceso a internet registró un incremento significativo en los registros nacionales y cabeceras municipales, al pasar de 5,5% en el año 2003 a 12,8 en el año 2008 en el nivel nacional, mientras que en las cabeceras incrementó 9,3%, para alcanzar la cifra de 16,4% en el año 2008.
- c) El computador, que inicialmente registró 11,2% en 2003, incrementó su participación a 22,8% en 2008. La presentación gráfica se puede observar en la Figura 1.10 (Capítulo 1).

Con base en las anteriores condiciones se puede advertir la forma como las campañas y programas de capacitación pueden lograr una mayor penetración en los diferentes públicos a través de espacios y formas de comunicación diferenciada. Es decir, si se quiere buscar un cubrimiento significativo, la difusión por televisión alcanzaría más de 72% en el ámbito rural y más de 93% en las cabeceras municipales; todo ello dependiendo de la franja de sintonía, tipo de programa y la tecnología disponible a nivel local ya sea en ámbitos rurales o urbanos. La difusión por internet difícilmente alcanzaría un cubrimiento superior al 17%, según las cifras de los servicios de comunicación que poseen los hogares a partir de la encuesta de calidad de vida.

Uno de los esfuerzos del gobierno nacional en esta área es la elaboración y suministro de información para los diferentes públicos en el portal de internet ([www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co)), en el cual se destacan aspectos generales, legales, técnicos y científicos; además de publicaciones específicas con temas relacionados y una zona infantil con información adecuada para niños, y juegos de orientación sobre cambio climático, además de la forma empezar a asumir buenas acciones para aminorar sus efectos. Asimismo, en las páginas web del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ([www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co)); la página del Ideam ([www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)) y el portal del Sistema Nacional de Información Ambiental ([www.siac.gov.co](http://www.siac.gov.co)), se puede tener acceso a una amplia información sobre cambio climático.

### 6.3.2.2 Medios de comunicación

Los medios de comunicación como; radio, prensa, televisión y portales de internet, entre otros, son la fuente masiva más importante para el acceso ciudadano a información sobre los temas de cambio climático. Sin embargo, una de las principales dificultades identificadas tiene que ver con el contexto de la noticia y tipo de lenguaje empleado que no facilita una suficiente comprensión para todos los públicos. Al respecto en el país se ha hecho un programa de capacitación a medios sobre cambio climático para capacitar y generar capacidades técnicas en quienes transmiten la información, generando una responsabilidad sobre el mensaje que se trasmite.

Adicionalmente, se continúa en la generación de alternativas para aumentar los espacios de temas ambientales en los medios masivos de comunicación, lo cual apoyaría los procesos de comunicación educativa que le permitirían al ciudadano profundizar en la temática y generar una cultura de adaptación y mitigación al cambio climático.

### 6.3.2.3 Publicaciones

Las publicaciones realizadas sobre temas de cambio climático presentan resultados de investigaciones, estudios científicos y memorias de eventos. Si bien esto ha permitido llegar al grupo principal de tomadores de decisión además de investigadores y entidades directamente involucradas, aún es necesario profundizar en el tema a través de mayores tirajes de las publicaciones y con mayor cobertura y regularidad, de tal manera que se llegue a más públicos. Para ello es fundamental el desarrollo de los instrumentos previstos en la estrategia en donde se plantean las acciones y mecanismos.

### 6.3.3 Creación de conciencia pública

En los últimos años, a raíz de la difusión de los efectos globales del cambio climático, se ha logrado la motivación, además de la participación y la puesta en marcha de diversas iniciativas sociales para combatirlo y enfrentarlo. Entre las actividades que se realizan para fortalecer la conciencia sobre el cambio climático se encuentran: la realización de campañas, eventos, jornadas de sensibilización, producción de materiales divulgativos, eventos académicos, científicos e investigativos, entre otros.

Al respecto de este tema es necesario contar con procesos de comunicación educativa de largo plazo que enlacen todos los niveles y áreas del conocimiento sobre cambio climático, con mensajes estructurados y enfocados hacia las diferentes acciones para facilitar una mejor respuesta frente a las necesidades y prioridades del país, en particular con el conocimiento de la vulnerabilidad del país frente al cambio climático y con la construcción participativa de medidas de adaptación frente a sus efectos adversos.

Considerando que la conciencia pública, se concreta cuando la población percibe y entiende qué es el cambio climático, sus causas y consecuencias generales; los medios de comunicación, la familia, las comunidades, las instituciones gubernamentales y los centros educativos deben manejar de manera prioritaria la información y comunicarla.

Se plantea la conveniencia de crear cátedras libres de análisis sobre el conocimiento relacionado con el cambio climático. Tal espacio debe facilitar, además, la confluencia de saberes y visiones de diferentes facultades, capacidades y experiencias adelantadas en el contexto regional, nacional e internacional, de tal forma que se identifiquen las relaciones y formas de manejo de las variables y condiciones técnicas y socioeconómicas por cada uno de los actores o involucrados en las causas y soluciones.

### 6.3.4 Capacitación

En el país se tiene claridad sobre la importancia de la capacitación sobre cambio climático para la creación de capacidades y la generación de respuestas adecuadas a las nuevas condiciones del sistema climático. Al respecto se han desarrollado procesos de capacitación a diferentes públicos, sin embargo, aún es reducido el número de personas con la suficiente preparación que se requiere en estos temas, situación que es más evidente a nivel sectorial y en las regiones o departamentos con menor competitividad. Las acciones más importantes adelantadas son ilustradas en los siguientes acápite.

#### 6.3.4.1 Cursos y seminarios en el contexto nacional

Existen esfuerzos de capacitación sobre cambio climático desde las organizaciones, de la sociedad civil, la academia y las entidades de gobierno. Desde el gobierno nacional se han desarrollado jornadas de capacitación dirigidas a los miembros del SINA (Sistema Nacional Ambiental) que se relacionan en diferentes tablas del presente capítulo (ver Tablas de la 6.7 a la 6.13).

#### 6.3.4.2 Cursos y seminarios en el contexto internacional

Colombia, con el apoyo de diferentes entidades nacionales e internacionales, ha promovido la realización de cursos, seminarios y encuentros para el intercambio de experiencias; entre algunos de los eventos internacionales desarrollados entre los años 2008 y 2009 se encuentran: Curso Generación de Escenarios de Cambio Climático Regionalizado; Seminario Iberoamericano de Escenarios de Cambio Climático; Taller de Evaluación de Medidas de Adaptación al Cambio Climático en Iberoamérica; V Encuentro Anual de la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático, y Encuentro Internacional de Investigadores del Grupo de Trabajo de Nieves, Hielos Andinos y del Caribe.

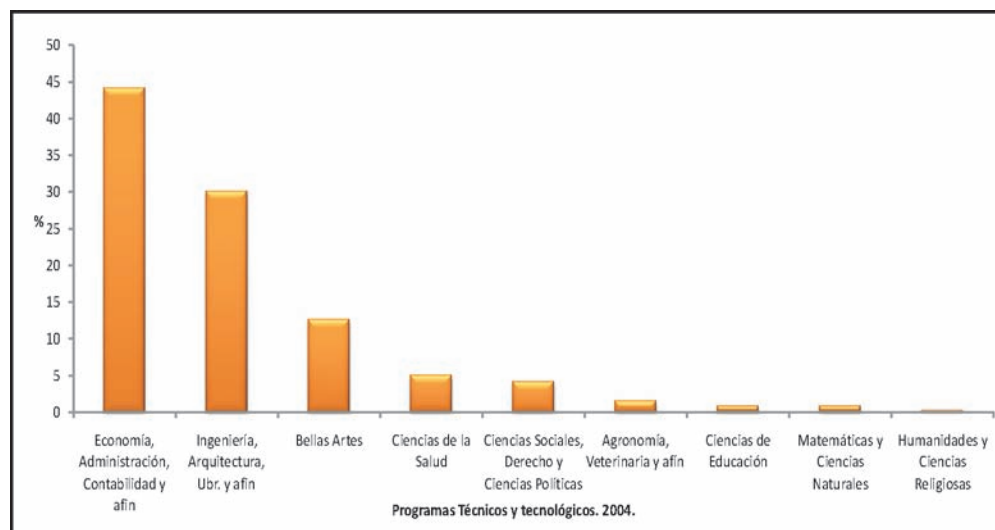
### 6.3.5 Educación

El país cuenta con avances significativos en los procesos de educación ambiental tanto en la educación formal, como en la no formal, a través de las nueve estrategias de la Política Nacional de Educación Ambiental (MMA & Ministerio de Educación Nacional, 2002); estos avances son el resultado del trabajo interinstitucional e intersectorial en el tema, sin embargo, los procesos de educación formal, no formal e informal sobre cambio climático son recientes en el país y aún no se cuenta con estadísticas detalladas al respecto.

En cuanto a la Educación Superior, las universidades en Colombia cuentan con una baja oferta de programas educativos sobre cambio climático a nivel de pregrado, postgrado y educación continuada (cursos de actualización, por ejemplo).

Es necesario tener en cuenta la concentración de los programas universitarios en áreas de la economía, administración, contaduría, ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines, los cuales representaban 74% de todos los programas académicos en el año 2004. Del análisis han quedado excluidos programas relacionados con el cambio climático y el desarrollo económico para el país, como: biotecnología y biodiversidad, entre otros. Véase la Figura 6.2.

Figura 6.2 Distribución de los programas universitarios, año 2004.



Fuente: Datos Snies y cálculos SE – DDS – DNP, en DNP (s.f.).

Teniendo en cuenta la alta concentración de los programas universitarios antes mencionados, bien vale la definición de estrategias diseñadas para los espacios y formas de empleo en que los profesionales podrían ver una oportunidad de brindar mejores y más alternativas para las empresas. Una oportunidad podría verse en los beneficios que podrían obtener por ahorro o disminución de los costos de operación y mantenimiento en los diferentes procesos productivos, a la vez que contribuyen en medidas de mitigación del calentamiento global.

Adicionalmente, para las estrategias que se diseñen para la educación superior se deben tener en cuenta las cifras reportadas por el Snies<sup>3</sup> y las proyecciones del DANE (s.f.), relacionadas con la concentración de los programas de educación técnica profesional, tecnológica y universitaria, en Bogotá, Antioquia y Valle, con más de 58% para los dos primeros y 48% para el nivel universitario (DNP, s.f.).

De otra parte, a pesar de los avances alcanzados, es necesario tener en cuenta el camino y ajustes requeridos, pues a pesar de los incrementos del gasto público en educación, en términos absolutos, el gasto *per cápita* de Colombia en el sector educativo alcanza 1/8 del gasto respecto a los países desarrollados (DNP, s.f.).

### 6.3.6 Cooperación internacional

En Colombia esta línea de cooperación internacional para la educación en relación al el tema del cambio climático, se asume de forma transversal a las demás líneas, y no como un componente aparte. La Mesa Nacional del Artículo 6 después de varias discusiones respecto al tema, llegó a la conclusión que el tema de cooperación internacional debe ser abordado en cada uno de los otros aspectos (promoción de la participación, acceso a la información, creación de conciencia, capacitación y educación).

### 6.3.7 Investigación

De las discusiones realizadas con las diferentes entidades participantes de los talleres convocados por el Ideam, se destacan de forma general los siguientes avances en términos investigativos:

- La aplicación de modelos matemáticos de simulación que permitan desarrollar análisis de zonas potencialmente amenazadas por desastres. Gestión adelantada por el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico.

- La cofinanciación a entidades públicas y privadas por el MADR, a través del proyecto Transición de la Agricultura, en proyectos que involucren medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Su población objetivo es: universidades, instituciones científicas, entidades del sector agropecuario y la comunidad en general.
- La Dimar (Dirección General Marítima<sup>4</sup>) adelanta procesos tendientes a fortalecer los diferentes programas de investigación científica que conforman su agenda investigativa, especialmente en lo atinente a los programas de oceanografía, hidrografía, contaminación marina y manejo integrado de zonas costeras, produciendo información técnica y científica que permitan disminuir el grado de incertidumbre sobre el calentamiento global.
- Los diferentes proyectos que adelantan las universidades se apoyan en las fuentes de cofinanciación obtenidas del Estado (Colciencias, ministerios, entre otros) y del sector privado.
- El proyecto piloto INAP y proyecto Macizo han generado aportes a nivel metodológico, científico y socioeconómico, como base para empezar a adaptarnos al cambio climático.

Al margen de los avances efectuados en materia de investigación general sobre Cambio Climático se requiere profundizar esta investigación además de involucrar los temas de línea base y de resultados sociales de la percepción de públicos sobre el tema. La investigación social aplicada a los temas de cambio climático, no ha sido suficientemente desarrollada en el país, razón por la cual no se cuenta con un diagnóstico certero sobre la percepción ciudadana frente a este fenómeno, aunque el Ideam está empezando un proceso de asumirse en el tema educativo ambiental para cambio climático lo cual implicará empezar procesos de investigación con carácter de percepción social frente al cambio climático.

### 6.3.8 Acciones por entidades del gobierno y sectoriales

A continuación se presenta una lista no exhaustiva de las actividades realizadas hasta la fecha por las organizaciones miembros de la Mesa Nacional del Artículo 6, y que participaron en los talleres para la construcción de la Estrategia de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático. Las actividades se agruparon de acuerdo con los seis ejes de la estrategia, identificando las entidades del gobierno, institutos de investigación, entidades sectoriales, redes, ONG, universidades, empresas, medios, autoridades ambientales regionales y de grandes centros urbanos.

#### 6.3.8.1 Portal web nacional sobre cambio climático. [www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co)

Como resultado de un esfuerzo gubernamental liderado por el IDEAM junto con el MAVDT, en el Marco del proceso de formulación de la Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos se desarrolló el primer portal web del país especializado en tratar temas de cambio climático. Dicho portal se constituye como una de las fuentes de consulta e información más eficaces con las que cuenta el público general al día de hoy. El portal se distribuye entre secciones que proporcionan la información científica y de base para el entendimiento público sobre el cambio climático, dentro de lo que se resaltan los temas de generalidades de cambio climático así como otras de mayor profundidad como el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero, clima futuro y proyecciones, impactos del cambio climático, vulnerabilidad y adaptación y opciones de reducción de gases efecto invernadero entre otras secciones con información útil para promover las acciones individuales frente al cambio climático.

Adicionalmente, se incluye un apartado exclusivo para las acciones y adelantos en el país en el tema de educación sobre cambio climático, además quienes consulten pueden acceder a un banco de experiencias donde encontrarán las principales acciones que se adelantan en el país y como participar en ellas. Otros aspectos de interés como las Comunicaciones Nacionales, publicaciones, links relacionados, novedades, directorio, contactos y eventos son también referenciados para dar una amplia información al público sobre la gestión nacional en cambio climático.

La implementación de este portal ha permitido generar una relación mucho más cercana del público con las verdaderas bases científicas del cambio climático en el país, reorientando así las acciones e iniciativas de diferentes actores hacia necesidades y objetivos certeros. La pedagogía de este sitio, ha permitido un acercamiento con toda clase de públicos, desde niños con la sección infantil, hasta el nivel científico con las publicaciones y comunicaciones nacionales de carácter riguroso que aparecen allí.

Este portal ha servido también como herramienta metodológica para los programas de educación y capacitación en diferentes niveles, permitiendo obtener una aproximación y orientación general en los temas relevantes a tratar por los docentes y capacitadores sobre cambio climático en el país.

<sup>4</sup> Autoridad marítima colombiana.



Los objetivos alcanzados por este portal, han servido para fortalecer y complementar otras fuentes importantes de información y consulta en el país, como el portal del MAVDT, [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co), el portal del Ideam [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co) y el Sistema de Información Ambiental Colombiano [www.siac.gov.co](http://www.siac.gov.co).

#### 6.3.8.2 Campaña nacional – La hora del planeta

Bajo el liderazgo de la ONG Ambiental – WWF y con el apoyo del MAVDT, más de tres mil personas se unieron en Colombia a la iniciativa global más grande de todos los tiempos para exigir acciones contundentes frente al cambio climático. Diez eventos públicos realizados en nueve ciudades del país y más de 60 organizaciones, entre privadas y públicas, hicieron parte.

La jornada de sensibilización se llevo a cabo en las ciudades más importantes y energéticamente consumidoras de Colombia como Bogotá, Cartagena, Barranquilla, Medellín, Cali, Pereira, entre otras, apagando las luces de los sitios más emblemáticos del país. Esta iniciativa contó con una activa participación de las empresas privadas más importantes del país, dejando un mensaje de visión común y cooperación entre todos los sectores y miembros de la sociedad frente al compromiso de actuar contra al cambio climático.

#### 6.3.8.3 Concurso cambio climático Bayer

Bayer Encuentro Juvenil Ambiental, es un programa diseñado para educar y crear conciencia medioambiental entre las nuevas generaciones. Cada año, Bayer convoca a estudiantes universitarios entre 18 y 24 años y los invita a participar enviando ideas sobre medio ambiente, con el objetivo final de identificar líderes ambientales y generar una plataforma de jóvenes dispuestos a trabajar por la protección del medio ambiente. Los últimos años, siguiendo la línea global medio ambiental de Bayer, el tema de la convocatoria ha sido Cambio Climático enfocado en:

- Sobrepoblación mundial (Consumo y producción responsable y eficiente – cada persona/ industria)
- Crisis Mundial de Alimentos (Disminución de tierras cultivables – mala distribución de los alimentos)
- Impacto en la salud (desastres naturales - enfermedades emergentes)

Dentro de los principales aliados y jurados del programa, se encuentran el MAVDT, el Ideam, el Instituto Alexander von Humboldt, la organización para la protección del medio ambiente OPEPA, la agencia de comunicaciones Burson Marsteller y un representante de Caracol Radio.

Algunos de los resultados de esta convocatoria han sido:

- 75 universidades convocadas;
- 27 conferencias en universidades dictadas en Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali, Cartagena, Bucaramanga y Pereira;
- 1.850 participantes en conferencias entre estudiantes y profesores;
- 8.252 visitas a la página web [www.beja.bayerandina.com](http://www.beja.bayerandina.com);
- 203 ideas recibidas (126 de ciencias y 77 de humanidades)

#### 6.3.8.4 Componente de educación del proyecto INAP – Ideam (Proyecto piloto de adaptación a cambio climático) en su componente B de alta montaña

El componente B “Alta Montaña” del Proyecto INAP tiene como objetivo el diseño e implementación de un programa de adaptación que soporte el mantenimiento de los servicios ambientales en el Macizo de Chingaza y prevé las siguientes medidas de adaptación:

- Generación y manejo de información sobre cambio climático global en la planeación y manejo en el macizo de Chingaza para mantener el servicio de los ecosistemas, incluido el potencial hidroeléctrico.
- La restauración ecológica participativa como medida de adaptación a la reducción de los impactos adversos en la regulación hídrica de la Cuenca del Río Blanco del Macizo de Chingaza.

- Adaptar los agroecosistemas productivos en el Macizo de Chingaza.

Aunque de manera explícita no se hace mención a los procesos de educación y comunicación comunitaria dentro de estas medidas de adaptación, si se entiende de manera implícita que para lograr la adopción efectiva de estas medidas por las comunidades locales, es necesario emprender un proceso que recurra a la educación como proceso fundamental para la comprensión del fenómeno del cambio climático y para el cambio en el pensamiento y en el comportamiento que requiere la adaptación.

Entre las principales actividades desarrolladas se resaltan: Realización del Festival de la Cuenca del Río Blanco 2009. Cambio Cultural y Cambio Climático, Fortalecimiento del Proyecto Institucional de Educación Campesina y Rural de la Cuenca del Río Blanco. Desarrollo Humano Integral para el Desarrollo Rural Sostenible, como proyecto piloto en la incorporación del cambio climático, dentro de la educación formal, Proyecto de Investigación en la Escuela sobre Cambio Climático, Reconocimiento Territorial (Lectura del Contexto), Estrategia de Comunicación Comunitaria (Gotas de Ilusión – periódico regional y periódicos murales), Nacederos de Expresión. (Talleres de reflexión sobre las problemáticas ambientales a través de la expresión artística), Propuesta para el Fortalecimiento de los Planes de Vida Adaptativos en las veredas de la cuenca.

#### 6.3.8.5 Videos de adaptación

En el Marco de la Décimo Tercera Conferencia de las Partes de la CMNUCC, llevada a cabo en Bali – Indonesia en el 2007, el país invirtió importantes recursos en la realización del Primer video de adaptación al cambio climático ante el mundo, con el cual se dio una primera aproximación hacia la difusión masiva tanto a nivel nacional como internacional del tema y las acciones concretas que el país estaba desarrollando sobre el mismo. Mediante este video se logró comenzar a dar una visión mucho más amplia y fortalecida del tema de adaptación al cambio climático en el país, y demostrar a nivel internacional los importantes esfuerzos que el país ha desarrollado en el tema, así como impulsar la cooperación internacional para el mismo.

Mediante este tipo de herramientas, la aproximación con el público respecto a las verdaderas necesidades del país frente a cambio climático se ha facilitado, y se espera continuar en el fortalecimiento de este tipo de acciones como mecanismos eficientes de difusión y conciencia pública a toda clase de públicos.

Actualmente el Ideam, se encuentra en el proceso de generación de otros instrumentos visuales similares, con el fin de mostrar los avances en proyectos de adaptación, escenarios de cambio climático, entre otros temas relacionados, con el fin de continuar en la dinámica de sensibilización pública a través de herramientas dinámicas como estas.

#### 6.3.8.6 Feria internacional del medio ambiente – FIMA

La Feria Internacional del Medio Ambiente, FIMA, se creó para constituirse como un espacio para la divulgación, promoción y comercialización de insumos, bienes, servicios, programas, proyectos y procesos ambientales, con la visión de convertirse en eje de transacciones comerciales de tecnología y servicios especializados, para la región.

El propósito fundamental es el de crear conciencia de la importancia que tienen las actividades relacionadas con la administración de cargas contaminantes que generan las emisiones de gases efecto invernadero, causa principal del cambio climático. La difusión al público durante esta feria de la gestión gubernamental, alternativas de fuentes renovables, producción más limpia, adaptación, entre otros temas relacionados con cambio climático se extiende a más de 2.000 personas por día, durante los 4 días en los que se lleva a cabo, y se constituye como el escenario de difusión y creación de conciencia pública en temas ambientales de mayor convocatoria de público en el país.

En las Tablas 6.7 a 6.13, se exponen a continuación otras iniciativas igualmente destacables en diferentes sectores y por diferentes actores frente al tema. Se destaca que las actividades presentadas en las tablas pretenden exponer ejemplos o líneas de acción realizadas sobre el Artículo 6, sin ser ellas una lista detallada o completa.

Tabla 6.7 Acciones por entidades del gobierno y sectoriales

Entidades de gobierno y sectoriales / Ejes de trabajo / Web	Acciones
<p>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – Oficina de Educación y Participación. / Conciencia pública y capacitación / <a href="http://www.minambiente.gov.co">www.minambiente.gov.co</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– III Encuentro Nacional de Educación Ambiental "Impactos del cambio climático en ecosistemas estratégicos y su abordaje desde la educación ambiental".</li> <li>– Foro departamental de Educación ambiental.</li> <li>– Seminario Gestión Ambiental del Riesgo, Neiva.</li> <li>– I Congreso regional de educación ambiental del Chocó biogeográfico.</li> <li>– Primer Congreso Internacional Ecocatástrofe y Ética Ambiental: Un Paradigma de Vida.</li> <li>– Foro educación ambiental y cambio climático. San Bernardo, Cundinamarca.</li> <li>– Encuentro con alcaldes de la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).</li> <li>– Diplomado Gestión ambiental del riesgo, departamento del Huila. 200 capacitados.</li> <li>– Diplomado promotoria ambiental comunitaria "Jóvenes de ambiente" con énfasis en Atmósfera Bogotá, 1000 capacitados, julio 19 a diciembre 6.</li> <li>– Diplomado Promotores ambientales comunitarios, Sincelejo, Sucre, 50 capacitados.</li> <li>– Taller de Capacitación a docentes de la Mojana, San Marcos, Sucre.</li> <li>– Suscripción de agendas interministeriales.</li> </ul>
<p>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Grupo de Mitigación al Cambio Climático / Pública, Capacitación y Participación / <a href="http://www.minambiente.gov.co">www.minambiente.gov.co</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– I Feria Internacional de Medio Ambiente FIMA.</li> <li>– Ferias Internacionales de Carbono – Difusión de Portafolio Colombiano de Proyectos MDL.</li> <li>– Talleres de adaptación y mitigación al cambio climático en el marco de las agendas interministeriales.</li> <li>– Talleres de adaptación y mitigación en el marco de las agendas intersectoriales.</li> <li>– Taller de mecanismo de desarrollo limpio: "Oportunidades en la Gestión de Vertimientos Líquidos".</li> <li>– Taller sobre mecanismo de desarrollo limpio "Diseño y formulación de proyectos MDL en el Sector Forestal".</li> <li>– Primer y segundo encuentro sectorial de cambio climático, para dar a conocer los avances de las negociaciones en Cambio Climático y consolidar la posición de país en algunos aspectos de negociación internacional.</li> <li>– Página Web dentro del portal del MAVDT, con los principales aspectos y contenidos sobre cambio climático y las medidas tomadas en Colombia.</li> <li>– Actualización de la información de proyectos aprobados por la AND Colombiana en uno de los Boletines electrónicos de mayor circulación a nivel mundial en el tema de MDL: CDM Highlights.</li> <li>– Conferencias de socialización sobre las generalidades de la política nacional de cambio climático.</li> <li>– Conferencia sobre contexto general del cambio climático y MDL, en la Feria de productos y servicios ambientales de la biodiversidad amigables con el medio ambiente, Bioexpo 2008.</li> <li>– Participación en Expo-Desarrollo en el marco de la asamblea anual del BID 2009.</li> <li>– Cartillas: Portafolio Colombiano de Proyectos MDL 2007.</li> <li>– Controlando el cambio climático y Protegiendo el medio ambiente.</li> <li>– Sembrando bosques, opciones frente al cambio climático global (Mecanismo de Desarrollo Limpio Forestal).</li> <li>– Preparándose para el futuro – Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático.</li> <li>– En proceso:</li> <li>– Cartilla de contextualización sobre cambio climático y bosques.</li> <li>– Portafolio nacional de proyectos de adaptación.</li> <li>– Mesa de trabajo sobre Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD).</li> <li>– Grupo ad-hoc de trabajo en adaptación sobre cambio climático.</li> </ul>
<p>Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) – Dirección de Ecosistemas / Investigación / <a href="http://www.minambiente.gov.co">www.minambiente.gov.co</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Investigación sobre el cambio climático y la desertificación en Colombia.</li> </ul>
<p>Unidad Técnica de Ozono / Conciencia pública <a href="http://www1.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/ozono/colombia_protocolo.htm">http://www1.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/ozono/colombia_protocolo.htm</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Publicación libro atmósfera.</li> </ul>
<p>Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural / Investigación. / <a href="http://www.minagricultura.gov.co">www.minagricultura.gov.co</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Proyectos de investigación cofinanciados por el fondo concursar, captura de CO<sub>2</sub> y monitoreo.</li> <li>– A través del proyecto Transición de la Agricultura, viene cofinanciando a las entidades públicas y privadas, en proyectos que involucren medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.</li> </ul>
<p>Ministerio de Educación Nacional / Educación / <a href="http://www.mineducacion.gov.co">www.mineducacion.gov.co</a>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Agenda interministerial con el Ministerio de Ambiente, para la promoción de la educación ambiental.</li> </ul>
<p>Ministerio de La Protección Social / Órgano rector de la política social / <a href="http://www.minproteccionsocial.gov.co">www.minproteccionsocial.gov.co</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Investigación sobre salud pública y cambio climático.</li> </ul>
<p>Procuraduría General de La Nación - Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios / Control función pública / <a href="http://www.procuraduria.gov.co">www.procuraduria.gov.co</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procesos de control y vigilancia de la función pública en torno a asuntos ambientales y agrarios relacionados con cambio climático.</li> <li>– Foro Panorama y perspectivas sobre la gestión ambiental de los ecosistemas de páramo, la protección y conservación del recurso hídrico y la minimización de los efectos del cambio climático.</li> <li>– Desde su competencia (órgano de control<sup>5</sup>) participa activamente en diferentes mesas interinstitucionales que abordan el tema del cambio climático, además de trabajar en diferentes investigaciones relacionadas con el recurso forestal y la contaminación atmosférica. Adicionalmente, trabaja en informes preventivos que buscan identificar los avances ejecutados en cumplimiento de la normatividad a la protección y conservación por parte de las entidades responsables.</li> </ul>

5 Su misión es vigilar el cumplimiento de la Constitución, las leyes, la protección de los derechos fundamentales, el respeto de los deberes ciudadanos, la protección del patrimonio público, teniendo como referente la eficacia, la eficiencia y la valoración ética en el ejercicio de la función pública.

Entidades de gobierno y sectoriales / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Unidad Administrativa del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) / Participación e investigación / <a href="http://www.parquesnacionales.gov.co">www.parquesnacionales.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservación y promoción de la participación en la conservación de los Parques Naturales.</li> <li>- Proyectos de etnoinvestigación.</li> <li>- Alianzas con el Ideam en torno a la generación de un video para socializar acciones en torno a medidas de adaptación a Cambio Climático.</li> </ul>
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) / <a href="http://www.igac.gov.co">www.igac.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producción y suministro de información geográfica y cartográfica como insumo para proyectos de investigación sobre cambio climático.</li> </ul>
Corpoica / Investigación / <a href="http://www.corpoica.org.co">www.corpoica.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulación de Proyectos de investigación sobre cambio climático y el sector agropecuario (adaptación y mitigación).</li> </ul>
Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) / Investigación, Educación y Capacitación / <a href="http://www.upme.gov.co">www.upme.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programa Nacional Educativo para el uso eficiente de la energía y energías renovables.</li> <li>- Materiales divulgativos y Curso virtual uso racional de energía.</li> </ul>
Policía Ambiental / Capacitación y Conciencia Pública / <a href="http://oasportal.policia.gov.co/portal/page/portal/UNIDADES_POLICIALES/Direcciones_tipo_Operativas/Direccion_Servicios_Especializados/medio_ambiente/Autoridades%20Ambientales%20">http://oasportal.policia.gov.co/portal/page/portal/UNIDADES_POLICIALES/Direcciones_tipo_Operativas/Direccion_Servicios_Especializados/medio_ambiente/Autoridades%20Ambientales%20</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Módulo sobre cambio climático en el curso de formación para Policía Ambiental.</li> <li>- Celebración Día Nacional del Medio Ambiente, a través de la realización de Foros sobre cambio climático.</li> </ul>
Dirección General Marítima (DIMAR) / Autoridad Marítima colombiana / <a href="mailto:dimar@dimar.mil.co">dimar@dimar.mil.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adelanta procesos tendientes a fortalecer los diferentes programas de investigación científica que conforman su agenda investigativa, especialmente en programas de oceanografía, hidrografía, contaminación marina y manejo Integrado de zonas costeras, garantizando la producción de información técnico-científica.</li> </ul>
Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y de Justicia / /	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ha identificado como una prioridad el que las entidades y personas integrantes del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) puedan tener una mayor comprensión del vínculo existente entre la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo.</li> </ul>
Entes territoriales / Entidades departamentales y municipales / varias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instituciones que trabajan en la formulación de lineamientos de política para la inclusión del cambio climático en los procesos de planificación de desarrollo del territorio (Planes de ordenamiento territorial).</li> </ul>
Jardín Botánico José Celestino Mutis / centro de investigación y desarrollo científico / <a href="http://www.jbb.gov.co">www.jbb.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En la actualidad aborda esta problemática desde los programas de restauración ecológica y arborización urbana, así como los proyectos de educación y comunicación de la entidad.</li> </ul>
SENA <sup>6</sup> y Contraloría General de la República <sup>7</sup> / Educación y control, respectivamente. / <a href="http://www.sena.edu.co">www.sena.edu.co</a> y <a href="http://www.contraloriagen.gov.co">www.contraloriagen.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este foro, que hace parte del convenio suscrito entre las dos entidades gubernamentales, es dirigido exclusivamente al recurso humano del SENA y del organismo de control, busca transferir conocimiento y actualizar tecnológicamente a las personas vinculadas con los temas ecológicos y ambientales. Nov. 4 de 2009.</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

Tabla 6.8 Acciones por los institutos de investigación

Institutos de Investigación / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) / Investigación, Capacitación, Participación y Acceso a la información / <a href="http://www.ideam.gov.co">www.ideam.gov.co</a> ; <a href="http://www.cambioclimatico.gov.co">www.cambioclimatico.gov.co</a> ; <a href="http://www.siac.gov.co">www.siac.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coordinación Proyecto Segunda Comunicación de Colombia OMNUCC.</li> <li>- Proyecto Integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático en el Macizo colombiano.</li> <li>- Investigación escenarios de cambio climático.</li> <li>- Curso Generación de escenarios de cambio climático regionalizados, y Seminario Iberoamericano de escenarios de cambio climático.</li> <li>- Taller de Evaluación de medidas de adaptación al cambio climático en Iberoamérica, y V Encuentro anual de la red iberoamericana de oficinas de cambio climático.</li> <li>- Encuentro internacional de investigadores del grupo de trabajo de nieves y hielos andinos y del Caribe.</li> <li>- Creación de mesas técnicas sobre cambio climático en el marco de la Segunda Comunicación Nacional.</li> <li>- Inclusión en la oficina de comunicaciones de una línea de Apoyo en Comunicación Informativa con énfasis en educación ambiental y que de forma articulada con Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se encargan de dar seguimiento y orientación técnica a la implementación de la Estrategia de Art. 6 para Colombia.</li> <li>- Se realizó una construcción al interior del Ideam, lineamientos de política, para asumirnos como institución en una responsabilidad social sobre la generación de información sobre cambio climático en Colombia.</li> <li>- Creación del portal nacional de cambio climático. <a href="http://www.cambioclimatico.gov.co">www.cambioclimatico.gov.co</a></li> <li>- Información sobre cambio climático en el portal del Sistema Nacional de Información Ambiental.</li> <li>- Publicación de libros sobre cambio climático.</li> <li>- Organización de 2 talleres nacionales de reunión de la mesa de artículo 6, de educación, formación y sensibilización a públicos sobre cambio climático.</li> <li>- Estructuración de alianzas para la capacitación y fortalecimiento de capacitadores en torno a educación y comunicación a públicos sobre cambio climático.</li> <li>- Estructuración de material divulgativo y pedagógico como herramientas para apoyar la generación de conocimiento, conciencia y sensibilización frente al cambio climático en Colombia, (videos, calendarios, poster, cuadernillos, etc.)</li> <li>- Generación de la primera versión para Niños de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático.</li> <li>- El proyecto INAP (proyecto Piloto de adaptación a cambio climático) en su componente B de alta montaña ha desarrollado en su componente de educación:</li> <li>- Realización del Festival de la Cuenca del Río Blanco 2009. Cambio Cultural y Cambio Climático, Fortalecimiento del Proyecto Institucional de Educación Campesina y Rural de la Cuenca del Río Blanco. Desarrollo Humano Integral para el Desarrollo Rural Sostenible, como proyecto piloto en la incorporación del cambio climático, dentro de la educación formal, Proyecto de Investigación en la Escuela sobre Cambio Climático, Reconocimiento Territorial (Lectura del Contexto), Estrategia de Comunicación Comunitaria (Gotas de Ilusión – periódico regional y periódicos murales), Nacedores de Expresión. (Talleres de reflexión sobre las problemáticas ambientales a través de la expresión artística), Propuesta para el Fortalecimiento de los Planes de Vida Adaptativos en las veredas de la cuenca.</li> </ul>

6 Sena: Servicio Nacional de Aprendizaje. Invierte en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral gratuita, para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país.

7 La CGR: Es el máximo órgano de control fiscal del Estado. Como tal, tiene la misión de procurar el buen uso de los recursos y bienes públicos y contribuir a la modernización del Estado, mediante acciones de mejoramiento continuo en las distintas entidades públicas.



Institutos de investigación / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt / Investigación / <a href="http://www.humboldt.org.co">www.humboldt.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulación proyectos de investigaciones sobre biodiversidad y cambio climático.</li> </ul>
Instituto amazónico de investigaciones científicas (Sinchi) / Investigación / <a href="http://www.sinchi.org.co">www.sinchi.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulación proyectos de investigaciones sobre la Amazonia colombiana y el cambio climático.</li> </ul>
Invemar / Investigación / <a href="http://www.invemar.org.co">www.invemar.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desarrollo avanzado de proyectos de investigación sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en las zonas marinas y costeras.</li> </ul>
Instituto de Investigaciones ambientales del Pacífico (IIAP) / Investigación / <a href="http://www.iiap.org.co">www.iiap.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Se trabaja en la evaluación del estado de la biodiversidad desde la perspectiva de un modelo de investigación comparativa que pueda mostrar a futuro la pérdida y movilidad de ecosistemas, comunidades y especies de interés, desde el cual se han detectado entre otros aspectos, la pérdida de más de 24.000 hectáreas de manglares en la costa pacífica chocona.</li> <li>– Desarrolla investigación científica en temas ambientales en el Pacífico colombiano.</li> <li>– Trabaja en modelos matemáticos de simulación que permiten análisis de las zonas potencialmente amenazadas por la posible ocurrencia de desastres.</li> <li>– Trabajan en la evaluación del estado de la biodiversidad desde la perspectiva de un modelo de investigación comparativa que pueda mostrar a futuro la pérdida y movilidad de ecosistemas, comunidades y especies de interés.</li> <li>– Trabaja en procura del fortalecimiento comunitario para ayudar con una mejor preparación comunitaria para el cambio, desde consideraciones políticas, el ordenamiento del territorio, y desde la búsqueda de alternativas productivas amigables con el ambiente, tales como la constitución de redes de áreas de conservación en territorios colectivos, el estableciendo de zonas de protección marino costeras y la implementación de estrategias de turismo científico y ecológico.</li> </ul>
Comisión colombiana del océano / Órgano intersectorial de asesoría, consulta, planificación y coordinación del gobierno nacional / <a href="http://www.cco.gov.co/anterior/index.htm">http://www.cco.gov.co/anterior/index.htm</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A través del seminario nacional de educación ambiental "insertando los temas del cambio climático en la escuela" como herramienta fundamental para el cambio social a partir de diferentes enfoques, realidades y experiencias que tienen como eje central el tema del cambio climático.</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

Tabla 6.9 Acciones por las ONG y Redes

ONG y redes / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales / Investigación / <a href="http://www.accefyn.org.co">www.accefyn.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Libro Cambio global, ciencia para entender el mundo del mañana.</li> </ul>
Conservación Internacional Colombia <a href="http://www.conservation.org.co">www.conservation.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Actividades de comunicación en torno a Cambio climático</li> <li>– Generación conjunta con el Ideam del primer video de adaptación a cambio climático en Colombia: "El desafío de la Adaptación al cambio climático", el cual se constituye en una herramienta visual pedagógica</li> <li>– Conjuntamente con el Ideam, se viene llevando a cabo el proyecto de adaptación a cambio climático INAP, del cual se encuentran varios metodologías, y desarrollos conceptuales encaminados a orientar al país en temas de adaptación a Cambio Climático en Colombia.</li> <li>– Generación conjunta con el Ideam de una guía REDD, que pretende ser una fuente básica de información sobre los mecanismos REDD y REDD+.: Libro 'Deforestación evitada: una guía REDD+ para Colombia', contiene información general sobre estos mecanismos como opción para la mitigación del cambio climático y sobre el importante papel que tiene Colombia en esta tarea.</li> </ul>
Corporación Grupo Tayrona / Conciencia pública, capacitación y participación / <a href="http://www.grupotayrona.info">www.grupotayrona.info</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Encuentro latinoamericano de jóvenes "Acciones frente al cambio climático", Bogotá, octubre de 2008. Acciones Voluntarias para Implementar el Artículo 6.</li> <li>– Escuela de Formación para jóvenes "Consumo responsable y su impacto en el cambio climático".</li> <li>– Organización Cumbre Mundial de Estudiantes sobre Cambio Climático Octubre 2010</li> <li>– Programa de Participación "Clima en Acción Tiempo de Cambio" apoyo a municipios</li> <li>– Programa de Educación y Cambio Climático "Insertando el Cambio Climático en la Escuela"</li> <li>– Programa Promoción del Turismo Ecológico "Sensibilización de Públicos para tomar Acción frente al Cambio Climático"</li> </ul>
Cruz Roja Colombiana / Conciencia pública, capacitación, investigación y participación / <a href="http://www.cruzrojacolombiana.org">www.cruzrojacolombiana.org</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Proyecto Cambio climático y desastres en el departamento de la Guajira.</li> <li>– Proyecto Fortalecimiento de la capacidad de respuesta, reducción del riesgo y preparación para el cambio climático en San Andrés, Providencia y Santa Catalina.</li> <li>– Producción de materiales divulgativos.</li> <li>– Realización de eventos académicos.</li> <li>– Capacitación comunitaria.</li> </ul>
Fundación Río Urbano / Conciencia pública y capacitación / <a href="http://www.riourbano.org">www.riourbano.org</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realización de eventos académicos sobre cambio climático.</li> <li>– Procesos de capacitación sobre cambio climático.</li> </ul>
Fundación Siembra Colombia / Participación / <a href="http://www.premioresponsabilidadambiental.org/">http://www.premioresponsabilidadambiental.org/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Premio Nacional a la responsabilidad ambiental "Los empresarios responden al cambio climático.</li> </ul>

ONG y redes / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Maloka® / Educación y conciencia pública / <a href="http://www.maloka.org/">http://www.maloka.org/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Procesos de acompañamiento a la educación formal.</li> <li>– Producción de materiales divulgativos sobre cambio climático.</li> </ul>
Organización juvenil ambiental / Conciencia pública / <a href="http://ojacolombia.blogspot.com/">http://ojacolombia.blogspot.com/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Talleres de sensibilización para niños y jóvenes en temas ambientales y de cambio climático.</li> </ul>
Red Colombiana de formación ambiental / Participación, Investigación y Educación / <a href="http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=570&amp;conID=1424">http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=570&amp;conID=1424</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Creación de la Red temática de cambio climático.</li> <li>– Fomento entre sus miembros a la creación de líneas de investigación sobre cambio climático.</li> </ul>
Red de Desarrollo Sostenible / Acceso a la información / <a href="http://www.rds.org.co">www.rds.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Difusión de información, eventos y actividades de cambio climático en su página web</li> </ul>
World Wide Fund for Nature (WWF) / Conciencia pública e investigación / <a href="http://www.wwf.org.co">www.wwf.org.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Campaña la Hora del planeta.</li> <li>– Proyectos de adaptación y mitigación al cambio climático.</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

Tabla 6.10 Acciones de las universidades

Universidades / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Universidad Javeriana / Conciencia pública e investigación / <a href="http://puj-portal.javeriana.edu.co">http://puj-portal.javeriana.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realización de programas radiales sobre medio ambiente y cambio climático en su emisora.</li> <li>– Realización de foros y eventos académicos.</li> </ul>
Universidad Nacional de Colombia / Investigación y Conciencia Pública / <a href="http://www.unal.edu.co">www.unal.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Investigación sobre escenarios de cambio climático.</li> <li>– Eventos académicos sobre medio ambiente y cambio climático.</li> <li>– Foro sobre Mujer y el cambio climático.</li> <li>– A través del Programa de investigación para la gestión integral del agua en Colombia, financiado por Colciencias y realizado por el Grupo Red de Cooperación en Investigación sobre el Agua (Grecia), conformado por grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín), la Universidad de Antioquia y el Ideam, se logró a través de 13 proyectos, varios de ellos ligados con el cambio y variabilidad climática y efectos sobre el recurso hídrico.</li> <li>– La facultad de Minas (sede Medellín) con fondos del proyecto: "Uso eficiente y racional de energía" enmarcado en el programa de producción más limpia del área metropolitana del Valle de Aburrá, publicó el libro: ¿A dónde va a caer este globo? Acerca del futuro de la Tierra, escrito por el vicerrector de investigación de la Universidad.</li> <li>– En la siguiente página: <a href="http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion2/capitulo03/tema01/02_03_01.htm">http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion2/capitulo03/tema01/02_03_01.htm</a> se presentan diferentes temas ilustrados en lenguaje.</li> <li>– La sede Bogotá cuenta con el Magister en Ciencias – Meteorología, con más de 8 líneas de investigación (Predicción del tiempo, clima y variabilidad climática, hidrometeorología, contaminación atmosférica, meteorología agrícola, entre otras).</li> </ul>
Universidad Politécnico Gran Colombiano / Educación y conciencia pública / <a href="http://www.poligran.edu.co">www.poligran.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Concurso estudiantil de proyectos sobre cambio climático.</li> <li>– Apertura de espacios en la emisora y canal de televisión para la transmisión de programas sobre medio ambiente y cambio climático en su emisora.</li> </ul>
Universidad Tecnológica de Pereira / Educación e investigación / <a href="http://www.utp.edu.co">www.utp.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Cátedra ambiental 2009: Cambio climático: mitigación y adaptación.</li> </ul>
Universidad Tecnológica de Bolívar / Conciencia pública / <a href="http://www.unitecnologica.edu.co">www.unitecnologica.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Organización V Seminario Internacional Universidad y Ambiente, de cara al cambio climático.</li> </ul>
Universidad UDCA / Conciencia pública / <a href="http://www.udca.edu.co">www.udca.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realización del Seminario Taller Incorporación de la gestión del riego y el cambio climático en la educación superior colombiana.</li> </ul>
Universidad de Los Andes / Educación e Investigación / <a href="http://www.uniandes.edu.co/">http://www.uniandes.edu.co/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Han realizado diferentes análisis, entre los que se encuentra el problema de adaptación de las ciudades al cambio climático, realizado por el Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Desarrollo (Cider).</li> </ul>
Universidad de La Salle / Educación e investigación / <a href="http://unisalle.lasalle.edu.co/">http://unisalle.lasalle.edu.co/</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desde la investigación, capacitación y la extensión está brindando conocimiento a la población, es decir, se está formando y sensibilizando a la vez.</li> <li>– Realizó entre otros: El seminario internacional sobre cambio climático y sistemas ganaderos. 24 y 25/03/2009.</li> </ul>
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano / Educación e investigación / <a href="http://www.utadeo.edu.co">www.utadeo.edu.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Publicó en la revista La Tadeo, en edición especial: Calentamiento global. Más ciencia mejores políticas; con la participación de más de 10 autores reconocidos en el tema.</li> <li>– El rector y vicerrector académico publicaron el libro: Cambio climático. Glaciaciones y calentamiento global.</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

8 La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia -A.C.A.C.-, crea Maloka, como una estrategia para contribuir a la apropiación social de la ciencia y la tecnología, y al cambio hacia una cultura basada en el conocimiento, incorporando la tecnología a nuestra cotidianidad y a los procesos productivos dentro de un marco de desarrollo sostenible.

Tabla 6.11 Actividades por algunas empresas

Empresas / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Bayer / Responsabilidad social corporativa / <a href="http://www.bayerandina.com/noticias/2009/mar09noti7.htm">http://www.bayerandina.com/noticias/2009/mar09noti7.htm</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de la calculadora para medir emisiones de CO<sub>2</sub>.</li> <li>- Realización del Concurso de proyectos universitarios sobre medio ambiente y cambio climático (BEJA).</li> <li>- Concurso de pintura infantil.</li> </ul>
Ecopetrol S.A. / Mitigación / <a href="http://www.ecopetrol.com.co">www.ecopetrol.com.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de un portafolio de proyectos MDL.</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

Tabla 6.12 Acciones de los medios de comunicación

Medios de comunicación / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Caracol y PNUD / Conciencia Pública / <a href="http://www.caracol.com.co">www.caracol.com.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difusión de una campaña sobre medio ambiente y cambio climático.</li> </ul>
Foros de las revistas Dinero, Semana y la Embajada Británica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfrentando el cambio climático: camino a Copenhague. Este ciclo compuesto por tres foros se realizó como un preámbulo a la reunión de jefes de Estado sobre el clima convocada por el Secretario General de Naciones Unidas. En septiembre 21, octubre 28 y diciembre 5 de 2009</li> </ul>
Canal RCN – La Meteo / Conciencia Pública / <a href="http://www.canalrcn.com">www.canalrcn.com</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difusión en televisión sobre el clima, meteorología y cambio climático.</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

Tabla 6.13 Actividades de las autoridades ambientales regionales

Autoridades ambientales regionales y grandes centros urbanos / Ejes de trabajo / Web	Acciones
Carder, CRQ, Cortolima, CVC, Corpocaldas. / Participación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesa Eco Regional del Eje Cafetero.</li> <li>- Ha venido trabajando en la formulación de una estrategia de educación ambiental para la adaptación y mitigación a cambio climático.</li> <li>- Participación en espacios de divulgación y conciencia sobre Cambio Climático.</li> </ul>
Carsucre / Conciencia pública / <a href="http://www.carsucre.gov.co">www.carsucre.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Segundo Foro Departamental de Educación Ambiental dedicado a la educación ambiental y el cambio climático.</li> </ul>
Coralina / Adaptación / <a href="http://www.coralina.gov.co">www.coralina.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proyecto de adaptación al cambio climático en zonas marinas y costeras.</li> <li>- Estrategia de sensibilización, capacitación y formación educativa de la comunidad insular para mitigar los impactos del cambio climático en la reserva de biosfera seaflower.</li> </ul>
Secretaría Distrital de Ambiente / Conciencia Pública / <a href="http://www.secretariadeambiente.gov.co">www.secretariadeambiente.gov.co</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eventos académicos y culturales.</li> <li>- Campaña Día sin Carro.</li> <li>- Encaminada a fomentar la conciencia en el tema del cambio climático en los entes gubernamentales, privados y academia en la jurisdicción del Distrito Capital.</li> <li>- Estrategia de Cooperación horizontal enmarcada dentro del Programa Distrital de acción Frente al cambio climático en el cumplimiento del compromiso declaratorio expuesto por los sectores público, privado y académico en el "MANIFIESTO POR BOGOTÁ, DISTRITO CAPITAL, FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO".</li> </ul>

Fuente: Información recopilada por los autores.

## 6.4 LOGROS, DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES

Las gestiones adelantadas permitieron obtener los siguientes logros, los cuales requieren del correspondiente proceso de ajuste y adecuación, con base en las dificultades y recomendaciones que más adelante se exponen.

### 6.4.1 Logros alcanzados

Se destacan los siguientes logros por su significancia.

- **Definición de la Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático**, como un marco normativo para orientar las acciones nacionales, regionales y locales del Artículo 6.

- **Inclusión de línea de educación comunicativa con énfasis en educación ambiental en el Ideam, como soporte y representación del punto focal para cambio climático del Artículo 6.** Orientando de forma conjunta con el MAVDT, la implementación seguimiento y evaluación a la estrategia del Artículo 6 y fortalecimiento de capacidades de capacitadores en educación y comunicación sobre cambio climático y elementos orientadores de para asumir el componente investigativo social sobre las percepciones en torno a cambio climático.
- **Creación de la Mesa Nacional del Artículo 6,** para promover la participación y la coordinación interinstitucional en los procesos del Artículo 6 entre entidades de gobierno, institutos de investigación, organizaciones no gubernamentales, corporaciones autónomas regionales y la academia.
- **Creación del Portal Nacional de Cambio Climático** ([www.cambioclimatico.gov.co](http://www.cambioclimatico.gov.co)), para facilitar el acceso público a la información.
- **Taller Nacional Anual del Artículo 6,** para el intercambio de experiencias y el diálogo de saberes en torno a la educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático.
- **Promoción de diálogo de saberes,** que permita un punto de encuentro de la diversidad cultural presente en el país en torno a cómo asumimos el cambio climático.
- **Capacitación a capacitadores,** fortalecimiento de capacidades y cualificación científica, técnica, pedagógica y didáctica a capacitadores. Desarrollando contenidos y métodos innovadores que permitan una mayor comprensión del tema por parte de la ciudadanía.
- **Divulgación** de la Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización a diferentes públicos sobre cambio climático.
- **Segunda Comunicación Nacional versión para niños,** se realizó una propuesta didáctica y divulgativa sobre una adecuación pedagógica de la Segunda Comunicación Nacional orientada a nuestros niños Colombianos, la propuesta incluye un Kit de material que contiene; un comic y varios juegos interactivos.
- **Vinculación del tema en redes sociales,** partiendo de las movilizaciones de la sociedad civil se empieza un proceso de apoyo en la generación de divulgación de información pertinente en torno a cambio climático para Colombia.
- **Realización de foros con expertos en Cambio Climático,** utilizando tanto la plataforma web del Ideam, como de la página oficial del Cambio Climático, se ha dado inicio al proceso de realización de foros en torno al tema con los responsables de la generación de información relacionada en las Comunicaciones Nacionales.

## 6.4.2 Dificultades

Las principales dificultades encontradas son:

- Descoordinación interinstitucional y falta de continuidad en los procesos. Es fundamental buscar la manera que los proyectos o procesos educativos permanezcan en el tiempo y no se conviertan en pequeños y aislados periodos de éxito e impacto.
- Limitados recursos financieros para apoyar la realización de proyectos de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático.
- Falta de capacidades y voluntades institucionales en los diferentes temas especializados frente a la vulnerabilidad y la adaptación, principalmente.
- Falta de inclusión en el currículo de una base educativa para formar a nuestros niños sobre elementos claves de cambio climático.
- Ausencia de material didáctico educativo formal para la enseñanza básica orientada y orientadora para asumirmos en un Cambio Climático

## 6.4.3 Recomendaciones

- Afrontar los retos del cambio climático implica incidir en los diferentes sectores gubernamentales, de la sociedad civil y la población en general para que a futuro, se fortalezcan las capacidades individuales, organizacionales e institucionales, y se contribuya a cambiar los comportamientos, actitudes, prácticas y formas de organizarse, para que desde ahora se facilite la adopción de medidas colectivas frente al cambio climático.
- El alcance de la estrategia, es lograr un cambio cultural que transforme modos de vida y patrones de consumo y producción, tanto en la vida urbana, suburbana y rural, así como en las regiones más sensible a los efectos del cambio climático (ecosistemas costeros, insulares y de alta montaña), a través de la educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático, considerando los saberes, las voluntades, los recursos físicos, económicos, tecnológicos, éticos y espirituales que conforman las distintas culturas de nuestro país.



- Es necesario desarrollar dentro de esta estrategia un enfoque intergeneracional, considerando como uno de los grupos más importantes a los niños/as y jóvenes de las áreas urbanas y rurales del país, quienes serán los que afronten en el futuro los impactos del cambio climático y asuman los procesos de adaptación al mismo.

#### 6.4.4 Retos de la Estrategia

En este orden de ideas el proceso de construcción de la segunda comunicación y de la estrategia de educación, formación y sensibilización, se orientará a:

##### 6.4.4.1 Incidencia en política

- Posibilitar espacios de incidencia en la esfera pública nacional para la generación de políticas y normas que orienten el accionar en torno a lo educativo, con base en una conciencia racional sobre el aquí y el ahora en torno al cambio climático, con una amplia participación de distintos sectores sociales, institucionales y productivos, que posibiliten la construcción de alternativas de adaptación y mitigación al cambio climático, que reconozcan la diversidad biológica y cultural del país y los derechos de las generaciones futuras.

##### 6.4.4.2 Educación

- Se requiere incluir en la educación formal desde la base del currículo hasta el nivel superior, los elementos comprensivos de los impactos del cambio climático y las alternativas para afrontarlos como mecanismo para dar inicio a una transformación cultural que permita asumir esta nueva realidad del territorio.
- Participar activamente en el desarrollo, seguimiento y evaluación de las metas programadas en educación al 2019, con el fin de incidir en el mejoramiento de las oportunidades de acceso y competencias al sistema educativo en las áreas más sensibles a los efectos del cambio climático.

##### 6.4.4.3 Formación

- Definir responsabilidades y aportes para el fortalecimiento del recurso humano que trabaja y apoya esta línea en el país, garantizando la existencia de líderes y personal capacitado que oriente y desarrolle los procesos educativos de formación y sensibilización de públicos ante cambio climático, incluyendo a los medios de comunicación
- Generación de materiales divulgativos en lenguaje sencillo sobre los temas de cambio climático, para facilitar la comprensión por parte los ciudadanos, considerando las diferencias generacionales, étnicas y regionales del país.

##### 6.4.4.4 Seguimiento y evaluación

- Cuantificar el valor de la educación en términos de costo beneficio como mecanismo clave de adaptación ante el cambio climático, considerando su carácter innovador y generador de transformaciones a nivel cultural y en el modelo de desarrollo de las experiencias demostrativas con el objeto de visibilizar los aprendizajes y propiciar intercambios y replicación de acciones. Sistematizar las experiencias con la finalidad de comunicar resultados y lecciones aprendidas.
- Evaluación de la gestión ante los organismos internacionales multilaterales, el GEF<sup>9</sup> y el secretariado de la CMNUCC, con el fin de movilizar recursos para el desarrollo de programas y proyectos de educación, formación y sensibilización de públicos diferenciados.

##### 6.4.4.5 Alianzas y acuerdos

Un componente clave para afrontar el cambio climático es el cultural y social, para lograrlo se hace necesario encontrar puntos y espacios de interés común que permitan establecer pactos entre distintos actores y sectores sociales.

- Promover la creación de alianzas entre el gobierno, los organismos internacionales, el sector privado, la academia, los medios, las comunidades indígenas, afrodescendientes, organizaciones campesinas y la sociedad civil que permitan articular esfuerzos y optimizar los recursos.
- Promover el diálogo de saberes que permitan un encuentro entre la ciencia y la tecnología con los conocimientos tradicionales propios de las culturas que se han formado en estrecho contacto con la naturaleza, reconociendo los derechos de las comunidades étnicas en la construcción de contenidos curriculares, para

la investigación, y para la construcción de nuevas metodologías de enseñanza aprendizaje; así como potenciar experiencias existentes o espacios propios no formales que las mismas comunidades han creado como la Universidad Autónoma Indígena Intercultural UAIIIN. Fomentar el trabajo interdisciplinario para el desarrollo de proyectos de educación, formación y sensibilización de públicos, por parte de instituciones gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil, gremios y las organizaciones del medio rural (productores, campesinos, indígenas, afrodescendientes, comercializadores, agroindustriales, ganaderos entre otros). orientados a lograr una mayor comprensión de los impactos del cambio climático y la generación de información para la toma de decisiones.

#### 6.4.4.6 Públicos diferenciados

El reto es configurar estrategias diferenciadas, de acuerdo con la región, etnia y cultura, considerando al menos:

- Promover mensajes que sensibilicen a la población urbana sobre patrones culturales, estilos de vida, patrones de consumo y producción que contribuyen a acentuar los efectos del cambio climático y difundir alternativas de cambio a los mismos.
- Resignificación del mundo rural como un lugar digno para vivir, soñar, y verse en el futuro, haciendo un pacto con la naturaleza. Esto significa, campañas de comunicación nacional, regional y municipal que permitan generar nuevos y positivos significados sobre los modos de vida en el campo, frente a la vida urbana.
- Desarrollar estrategias de comunicación, capacitación y sensibilización diferenciadas, que consideren las particulares de los grupos étnicos y pequeñas comunidades rurales, sus valores, sus visiones, planes de vida y permita la incorporación de los saberes tradicionales y ancestrales en el diseño e implementación de medidas de adaptación y mitigación en las comunidades.



## BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial & Banco Interamericano de Reconstrucción y Fomento [BIRF]. (2008). Informe sobre el crecimiento. Estrategias para crecimiento sostenido y el desarrollo incluyente. Comisión sobre el crecimiento y desarrollo. Bogotá: Banco Mundial y Mayol ediciones S.A. P 160.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC]. (1992). Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo 1992. Río de Janeiro, Brasil: Autor.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC]. (2002). Conferencia de las Partes, Informe de la Conferencia de las partes sobre su Octavo Periodo de Sesiones COP8. Nueva Delhi, India: Autor.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (s.f.). Censo general 2005. Colombia: Autores.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2009). Encuesta de calidad de vida 2008. Boletín de prensa del 18 de marzo de 2009. (Autor, Ed.). Recuperado en junio de 2009, de [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones\\_vida/calidad\\_vida/Presentacion\\_mar18regiones.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/Presentacion_mar18regiones.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (s.f.). Visión Colombia II Centenario: 2019 “Cerrar las brechas sociales” Propuesta para la discusión. Recuperado en noviembre de 2009 en [http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-100079\\_archivo.pdf](http://www.colombiaprende.edu.co/html/mediateca/1607/articles-100079_archivo.pdf).
- Ministerio de Educación Nacional. (1994). Ley General de Educación - Ley 0115 de Febrero 8 de 1994. Bogotá, Colombia.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA] & Ministerio de Educación Nacional. (2002). Política Nacional de Educación Ambiental. Sistema Nacional Ambiental [SINA]. Bogotá: Autores.







# CAPÍTULO SIETE

## OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES

---

AUTORES

MAURICIO CABRERA L.

MARTHA DUARTE O.

MARÍA MARGARITA GUTIÉRREZ A.

PEDRO SIMÓN LAMPREA Q.

RICARDO J. LOZANO P.

**Colaboradores**

Juanita González L.  
Omar Jaramillo  
Javier Pava  
Lina Lucía Sánchez

**Coordinación y supervisión**

Martha Duarte O.  
Mauricio Cabrera L.  
María Margarita Gutiérrez A.  
Ricardo J. Lozano P.

Foto 7.1 Portada Capítulo 7. San Andres. 2010. Marcela Sierra.



## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	401
<b>7.1 DESAFÍOS PARA LA COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL</b> .....	401
7.1.1 Plan nacional de adaptación al cambio climático .....	402
7.1.2 Arreglo institucional y lineamiento para los planes nacionales de adaptación y mitigación .....	402
<b>7.2 NECESIDADES TÉCNICAS Y FINANCIERAS</b> .....	403
7.2.1 Necesidades técnicas .....	403
7.2.2 Necesidades financieras .....	405
<b>7.3 OTRAS NECESIDADES</b> .....	406
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	407
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 7.1 Portada Capítulo 7. San Andres. 2010. Marcela Sierra. ....	397





## INTRODUCCIÓN

La Segunda Comunicación Nacional de Colombia (SCN) contó con la financiación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial<sup>1</sup> para el desarrollo de todos sus componentes. Adicionalmente, mediante la conformación de mesas técnicas de trabajo con las instituciones pertinentes en los temas, se lograron espacios de concertación y validación de los resultados obtenidos.

Es preciso destacar el empeño y dedicación de todas las entidades y personas en el proceso, los que sin duda alguna fueron decisivos para alcanzar los resultados que se presentan en este documento que se dirige a la CMNUCC. Tal proceso, adelantado con base en la experiencia adquirida a través de la Primera Comunicación, le permitió al país avanzar en la consolidación de los aspectos ambientales, sociales y económicos frente al cambio climático.

Los resultados obtenidos y que se presentan en la Segunda Comunicación Nacional (SCN), corresponden precisamente a la dinámica lograda por el conjunto de entidades, personas y organismos involucrados. No obstante lo anterior, es procedente presentar una compilación de los aspectos relacionados con los desafíos, limitaciones, carencias y necesidades en materia financiera, técnica y de capacidad que se encontraron en desarrollo de esta última comunicación.

En efecto, en este capítulo se compilan tales aspectos mencionados con el ánimo de mantener y optimizar los procesos y capacidades de forma continua, en aras de asegurar los factores y elementos dinamizadores de mejores resultados para las futuras Comunicaciones Nacionales.

### 7.1 DESAFÍOS PARA LA COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Si duda, uno de los mayores desafíos para enfrentar el cambio climático consiste en la mejora de la coordinación interinstitucional, con el fin de coadyuvar de manera sinérgica con las capacidades técnicas, financieras y de personal. Estas necesidades se desprenden de la cantidad e interrelación de los temas que adelantan las diferentes entidades que tiene relación con el cambio climático.

El gobierno colombiano, a pesar de contar con el apoyo de diferentes entidades y personas para la elaboración de la SCN, necesitó gestionar recursos y diseñar estrategias para obtener los resultados presentados en este documento. El proceso evidenció la necesidad clara de coordinación interinstitucional para cubrir los principales obstáculos, carencias, necesidades conexas de financiación, tecnología y capacidad más relevantes.

En general, en el marco de la coordinación interinstitucional se requiere integrar el cambio climático con los diferentes ejes articuladores de la planeación y ejecución de las entidades ambientales y organismos sectoriales. Por ello, teniendo en cuenta el espacio abonado con la gestión e interés creciente en todos los niveles de trabajo, se debe lograr mantener el impulso alcanzado en la motivación y cooperación de quienes ven las oportunidades y fortalezas del proceso adelantado, como una plataforma sólida para enfrentar todos los desafíos relacionados con el tema del cambio climático en las misiones de cada entidad. En tal contexto, más que mostrar una lista de obstáculos con requerimientos, el enfoque abordado se orienta a mostrar rutas o ejes de integración y capitalización de oportunidades y capacidades.

Para incluir dentro de los planes de mitigación y adaptación del país en las políticas, planes y programas, es necesario el fortalecimiento e implementación continuada de la Estrategia de educación, sensibilización y participación de públicos, es fundamental involucrar a todos los actores de la sociedad para facilitar el proceso de articulación y coordinación interinstitucional; la sociedad es una razón muy fuerte, además de ser motor de las misiones institucionales.

<sup>1</sup> GEF: Global Environment Facility.

En concordancia con lo anterior, las medidas deben permitir reducir el impacto negativo por el cambio climático a través de:

- a) El incremento de la resiliencia de las comunidades, la cual debe partir del trabajo y acuerdo con ellas mismas.
- b) El fortalecimiento de las entidades encargadas de soportar y orientar las medidas de adaptación.
- c) El avance en los modelos regionales y locales que permitan establecer la simulación y determinación de escenarios que conduzcan a una evaluación del riesgo individual y agregado por sectores dependientes de los bienes y servicios ambientales amenazados. Tales modelos deberán permitir la optimización de beneficios y/o la reducción del riesgo, apoyados con la priorización de criterios y metas múltiples, volviéndose en sí una forma de evaluar la eficiencia de la inversión a través de un mejor uso del territorio.
- d) El aumento de la capacidad individual de las economías campesinas más vulnerables, distinguiendo los diferentes cultivos y asociaciones, y mejorando la seguridad alimentaria.
- e) El aumento la capacidad de amortiguación de los efectos de eventos extremos.
- f) La creación y mejoramiento de los grupos regionales de investigación aplicada para optimizar la sinergia entre países con similares retos, además de alcanzar mayor eficiencia en la integración de fortalezas y experiencias de los países más avanzados en el proceso de investigación, aplicación y evaluación de resultados.

### 7.1.1 Plan nacional de adaptación al cambio climático

Si bien el país tomó la iniciativa en la implementación de los proyectos expuestos en el capítulo de adaptación, es prioritario generar una estructura nacional con la participación de las diferentes entidades e involucrados, donde los ejes prioritarios son:

- Gestión del recurso hídrico superficial y subterráneo de manera transversal, en el cual se integran los sectores energético, agrícola, industrial, etc.
- Diseño e implementación de las medidas de adaptación, basadas en una evaluación previa de la vulnerabilidad, de tal forma que involucre: a) los bienes y servicios que prestan los ecosistemas; b) la optimización de la ordenación territorial; c) las variables socioeconómicas e institucionales junto con las condiciones técnicas para establecer la capacidad de adaptación al cambio climático.
- Evaluación de los riesgos asociados con los eventos extremos, relacionados principalmente con las variables hidrometeorológicas.
- Valoración de la vulnerabilidad con base en la metodología presentada en la SCN, con el fin de permitir la interrelación y discusión entre los diferentes sectores, ecosistemas y grupos de interés.

### 7.1.2 Arreglo institucional y lineamiento para los planes nacionales de adaptación y mitigación

Una oportunidad para alcanzar las mejores inversiones costo-efectivas de los recursos, debe ser a partir del Plan nacional de adaptación, soportado en la participación abierta y expedita de los intereses de las poblaciones o comunidades más vulnerables. Este plan debe diseñarse a corto plazo, buscando aprovechar en lo posible las capacidades institucionales existentes, así como las normas, políticas ya formuladas.

Se requiere, dentro de dicho plan de adaptación, concentrarse en una planificación nacional, regional y local que integre, señales claras de la evolución de la capacidad organizativa, la tecnología, el conocimiento y las habilidades de las instituciones. Es decir, se debe lograr una planificación enfocada a mejorar la capacidad del Estado para gestionar el riesgo derivado de los efectos del cambio climático; todo ello con base en estrategias, instrumentos, métodos y herramientas aplicables y eficientes.

Un ejercicio que se requiere adelantar a nivel nacional, regional y local consiste en identificar: cuáles objetivos de los planes de desarrollo podrían resultar más afectados por los efectos del cambio climático. Posteriormente, se requiere avanzar en el análisis de las políticas, objetivos, medidas e instrumentos que deben crearse o modificarse, junto con los procesos y plataformas que deben instrumentarse para llegar a un monitoreo efectivo en los diferentes niveles.

Igualmente se debe realizar la búsqueda de mecanismos y actitudes que permitan efectuar arreglos institucionales y políticas para alcanzar un desarrollo sostenible. Es importante incluir la depreciación o el consumo del capital natural para lograr un bienestar económico sostenible, manteniendo las riquezas más estratégicas (biodiversidad) como el valor de la base productiva de una economía compuesta de capital de origen humano, capital natural, conocimientos, instituciones, capacidades (Dasgupta y Daly, 2005)<sup>2</sup> y que junto con herramientas de optimización del uso del territorio, le permitan a los tomadores de decisiones valorar, con la misma unidad de medida, la decisión más apropiada para los más vulnerables.

En este sentido, el ordenamiento territorial debe involucrar la evaluación de la vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo para identificar de manera cuantitativa si los determinantes ambientales son realmente utilizados como criterios válidos y prácticos, más allá de la simple conceptualización y acepción dada por cada administrador.

Con el fin de evitar la dispersión de esfuerzos y lograr la mayor efectividad en la implementación de futuros proyectos de adaptación, se deben aplicar las orientaciones y directrices derivadas del Plan Nacional de Adaptación, con el propósito de mantener la unidad de criterio en el desarrollo y obtención de resultados aplicables de manera más coherente dentro de un marco de referencia de resultados con procesos determinados por fases a diferentes plazos.

Adicionalmente, se deben precisar los instrumentos, métodos y sistemas de valoración y análisis costo-eficiente de la implementación de medidas de adaptación que permitan, de manera uniforme, tener resultados comparables, con clara definición de la exactitud y precisión lograda. De nada sirve contar con resultados que posteriormente no permitan dar una adecuada orientación a la gestión de los tomadores de decisión, máxime si no facilitan una optimización de objetivos entre las múltiples necesidades de inserción de recursos.

En resumen, los planteamientos anteriores están orientados hacia: “Producir, difundir y usar el conocimiento para contribuir a la transformación productiva y social del país con el fin de garantizar un mayor nivel de competitividad y desarrollo humano sostenible (DNP, 2006)<sup>2</sup>”.

Es necesario seguir con el apoyo técnico y financiero de organismos de cooperación interacional.

Con tal propósito, se debe buscar un ajuste al desarrollo, de manera que las medidas de adaptación aumenten la resiliencia de las comunidades y de sus medios de vida con la construcción de una seguridad territorial basada en los activos, capitales y servicios ambientales más duraderos. Dicha estrategia, además de necesaria, deberá ser el punto de partida para enfrentar el cambio climático en el país, además que contribuye a la lucha contra la pobreza, la seguridad alimentaria y al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Los análisis de los efectos del cambio climático se deben ampliar en y alcance y plazo a los siguientes ecosistemas: alto andinos, zonas áridas y semiáridas, humedales, ciénagas, estuarios, valles interandinos, al igual que los efectos sobre los recursos pesqueros, los cultivos de subsistencia, las selvas pacífica y amazónica, etc. El avance de las áreas clasificadas como climas semihúmedos sobre los húmedos de la Amazonia, no debería ser pasado por alto, dado el riesgo de los recursos que estarían en juego.

## 7.2 NECESIDADES TÉCNICAS Y FINANCIERAS

Las principales necesidades del país para enfrentar los desafíos del cambio climático se relacionan con los siguientes aspectos que se plantean a continuación.

### 7.2.1 Necesidades técnicas

#### 7.2.1.1 Gestión de la información

Con respecto a la generación de información suficiente y confiable para los futuros inventarios de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), es necesario tener acciones dirigidas al fortalecimiento y ajuste de los instrumentos de captura de información sectorial detallada. Tal gestión debe permitir un cálculo más preciso y exacto del inventario de los GEI, además de incluir la mejora en las sinergias para fortalecer el flujo de información entre las instituciones públicas y el sector privado.

Los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para Colombia dejan en claro la necesidad de generar información sectorial con mayor especificidad, detalle y frecuencia para promover la construcción de factores de emisión para el país, con el fin de obtener una estimación más ajustada del inventario de GEI a las condiciones regionales y nacionales. Esta necesidad conlleva el compromiso interinstitucional en la generación y suministro de la información detallada y a las escalas necesarias, porque, aun teniendo la participación de las entidades sectoriales con las funciones y conocimientos en el tema<sup>3</sup> y que fueron soporte y enlace para la entrega de la información, en todos los módulos del inventario se determinó la limitación respecto a información más detallada que permita contar con factores de emisión propios y validados.

<sup>2</sup> PND. 2006-2010. p. 494. Ciencia, tecnología e innovación.

<sup>3</sup> La conformación de las mesas técnicas, el intercambio de información con entidades sectoriales y el desarrollo de talleres para obtener consenso en algunos temas técnicos, permitieron obtener una mejor calidad y volumen de información en comparación con el primer inventario nacional, porque la participación de gremios e instituciones gubernamentales fue determinante para decidir frente a la información y definición de conceptos técnicos.



Con respecto a los análisis de vulnerabilidad, es prioritario tener una base de estudios que respondan a las necesidades de los tomadores de decisión de los sectores más vulnerables. Por lo tanto, se requiere de soportes confiables que permitan su interrelación entre las variables climáticas tomando como base la sostenibilidad de los ecosistemas y sectores productivos del país, entre los cuales los más susceptibles y vulnerables son: a) agropecuario; b) salud; c) litorales marinos; d) sistemas hídricos; e) infraestructura vital, por causa de eventos climáticos extremos; f) orobioma alto y g) ecosistemas secos. Sin duda, el país ganará muchos recursos y tiempo en la medida en que se estructure, tanto nacional como internacionalmente, una base de datos para las diferentes convenciones (CDB, CLD, etc.) y se articulen los objetivos interinstitucionalmente pero en función de los más vulnerables.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta la orientación de la gestión ambiental dentro del ámbito instrumental, soportado con el manejo de la incertidumbre en la toma de decisiones. Al respecto, resulta cada vez más importante y urgente tener la información procesada e interrelacionada de los componentes biofísicos y socioeconómicos para manejo del riesgo en niveles que garanticen un desarrollo a largo plazo. Tal enfoque bien podría asimilarse con el mejoramiento adaptativo según las escalas y elementos sometidos al riesgo.

Con respecto a la mitigación, es necesario contar con información detallada de los costos y las barreras para implementar medidas de mitigación en los sectores, así como con la información confiable y medios de verificación que puedan mostrar cuál ha sido el verdadero impacto de las políticas y medidas que traen como cobeneficios la reducción de emisiones.

Además, es necesario armonizar las líneas bases de desarrollo de mitigación de proyectos con los datos del inventario nacional de los GEI; con ello, se puede potenciar la capacidad del inventario y reducir los costos asociados con la información para la implementación de proyectos.

#### 7.2.1.2 Investigación participativa y aplicada para los sectores más vulnerables

Teniendo en cuenta los efectos potenciales sobre los procesos productivos de las medidas de mitigación de emisiones de GEI, es necesario establecer de manera cuantitativa y comparable, las metodologías que permitan calcular para los diferentes sectores el probable impacto económico de posibles escenarios con los proyectos de mitigación.

Asimismo, es necesario evaluar diferentes modelos que permitan predecir a través de escenarios futuros, el comportamiento y efecto de los potenciales impactos económicos de las emisiones de GEI en los diferentes sectores productivos, especialmente los asociados o dependientes del recurso hídrico.

La investigación relacionada con los escenarios futuros del clima debe seguir avanzando y consolidándose en el país; este requerimiento es uno de los más importantes y más complejos debido a la necesidad de contar con múltiples escenarios en escalas temporales y geográficas distintas, que permitan hacer un análisis con menor incertidumbre sobre las amenazas futuras que Colombia enfrentará. Para esto, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), debe avanzar en sus modelos y considerar la información y los resultados de otros centros de investigación, buscando sinergias y complementaciones.

Es necesario contar con una metodología y protocolos de ejecución claros para los diferentes sectores, que permitan la comparación de los resultados y conclusiones de los diferentes estudios. Ello permitirá, además de alimentar los indicadores de desarrollo sostenible, priorizar la implementación de las recomendaciones o resultados alcanzados.

Se requiere mejorar la infraestructura y capacidad tecnológica del Ideam, así como la formación de equipos técnicos de los ministerios, entidades sectoriales y regionales, para que puedan analizar la información de los escenarios y relacionarla con las dinámicas de sus sectores y municipios. De esta forma, posteriormente, se podrán diseñar los correspondientes planes de adaptación local (Cardona, 2009).

Es importante mencionar que el análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático incluye, de manera no lineal ni aditiva, una serie de factores y condicionantes que modifican el sistema inicialmente planteado. El proceso de integración de los análisis de riesgos bajo diferentes enfoques y perspectivas es un ejemplo de ello. Por lo tanto, es necesario tener presente que un índice o indicador débil o extensamente agregado, puede arrojar escenarios o situaciones que desvían o enmascaran la verdadera criticidad de la amenaza y el riesgo. Por ello, resulta necesario tener una metodología uniforme para el análisis integral y multisectorial.

Al respecto, es necesario lograr la mayor capitalización del conocimiento adquirido a partir de las experiencias obtenidas en los diferentes proyectos de cambio climático, con el fin de estructurar y sistematizar las lecciones aprendidas entre los interesados. Ello permitirá aprovechar las fortalezas.

Una vez se tengan analizados los niveles de riesgos para los diferentes sistemas productivos, áreas y periodos de recurrencia de los fenómenos que más impactan los factores de producción de la población vulnerable, es procedente integrar al sector de seguros con el fin de crear opciones de cubrimiento para las poblaciones que difícilmente tendrían excedentes de producción para gestionar el riesgo que plantea el cambio climático.

Se necesitan mecanismos innovadores para compartir riesgos y hacer frente a los nuevos desafíos que plantean los efectos adversos del cambio climático, incluida la pérdida de biodiversidad y avanzando con la degradación de la tierra. Todo ello valorado con el fin de crear un subsidio por la adicionalidad impuesta de los riesgos del cambio climático, a ser cubierto por los responsables del forzamiento antropogénico externo a Colombia.

El objetivo final de los indicadores, con el respaldo del trabajo científico y técnico, es alertar de manera temprana sobre la evolución de la salud de nuestros ecosistemas y territorios, por ello se requiere de la participación de diferentes disciplinas y capacidades que propongan la integración de conocimientos, inclusive legales, para abogar por la protección y rehabilitación de la biodiversidad afectada por el cambio global.

Si bien es necesario tener en cuenta los indicadores del crecimiento económico, no se debe desconocer la capacidad de los medios naturales para mejorar o mantener la utilidad y sostenibilidad de las generaciones futuras. Es necesario tener presente la perspectiva de una economía ecológica, donde el capital natural y el elaborado, sean vistos de manera complementaria y no alternativa, además de diferenciar el capital natural como factor limitante de los sectores productivos.

Desde el ámbito de la investigación sobre la biodiversidad, es necesario que las investigaciones incluyan consideraciones y criterios de autosostenibilidad económica. Tal directriz permitirá proyectar a largo plazo alianzas estratégicas para asegurar la continuidad, mientras se incentiva la visión de un conocimiento aplicado hacia un enfoque transdisciplinario y empresarial.

Es prioritario diseñar procesos de investigación por fases pero a largo plazo, que permitan la verificación, validación y ajuste de los resultados.

### 7.2.1.3 Cooperación técnica

Es necesario aunar esfuerzos para llevar el tema a las regiones, generar capacidades y lograr un papel más preponderante y activo de las autoridades ambientales regionales (CAR y otras), las alcaldías, las gobernaciones, los productores y los grupos étnicos. Asimismo, existe un reto en cuanto a fortalecer los vínculos entre los diagnósticos y las orientaciones nacionales, con respecto a la capacidad de gestión de los territorios. Las autoridades regionales son actores fundamentales en la implementación de medidas de adaptación y de mitigación, y su papel debe ser preponderante para la tercera comunicación nacional; sin embargo, estas acciones deben estar claramente direccionadas por el nivel nacional, enfocando sus esfuerzos a acciones de cambio climático que no deben ser confundidas con las de gestión ambiental que las corporaciones deben ejecutar por mandato.

En la misma línea, se requiere información cartográfica local sobre los efectos y escenarios del cambio climático, así como orientaciones nacionales, entre otros aspectos para que: 1) los municipios puedan ajustar su ordenamiento territorial y preparar sus comités locales y regionales para la prevención y atención de desastres; 2) las corporaciones autónomas regionales puedan ordenar el territorio, el manejo de cuencas y el acceso y uso de los bienes y servicios ambientales; 3) los parques naturales ajusten su ordenamiento y tomen medidas de adaptación que beneficien a la biodiversidad, asegurando la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas con indicadores que sean verificables objetivamente, en concordancia con los bienes y servicios ambientales que prestan y; 4) los sectores productivos y las comunidades estén preparados y puedan orientar y adaptar sus actividades.

Es necesario contar con una metodología y protocolos de ejecución claros para los diferentes sectores, que permitan la comparación de los resultados y conclusiones de los diferentes estudios. Ello permitirá, además de alimentar los indicadores de desarrollo sostenible, priorizar la implementación de las recomendaciones o resultados alcanzados.

## 7.2.2 Necesidades financieras

Las instituciones colombianas (especialmente del área ambiental) están realizando importantes esfuerzos para financiar los proyectos relacionados con el cambio climático, sin olvidar el apoyo significativo de la cooperación internacional. No obstante, debido a la magnitud y complejidad del tema, a sus efectos potenciales y a la alta vulnerabilidad del país se, tendrán que disponer de más recursos propios e internacionales para comprender el fenómeno y, sobre todo, para diseñar y poner en marcha las medidas de adaptación.

Una vez se logren los acuerdos del alto gobierno, es necesario que la generación de la información con su análisis y divulgación se realice a través de las organismos competentes, para lo cual es necesario que las diferentes entidades ambientales, sectores productivos, centros de investigación y demás ministerios se orienten con propósitos concordantes para avanzar en la adaptación. Todo ello será posible con los recursos financieros y técnicos necesarios para asegurar el logro de los objetivos del plan para la adaptación al cambio climático.

### 7.3 OTRAS NECESIDADES

Es necesario no perder de vista que la variabilidad climática y el cambio climático van a impactar significativamente los recursos naturales en gran parte del país; si no se tienen proyectos de adaptación el nivel de riesgo sobre los diferentes sectores podría aumentar de manera exponencial a medida que se proyecta en el tiempo. Por consiguiente, dada la complejidad ecosistémica, económica y cultural, además de la extensión y el riesgo para los involucrados, es necesario diseñar e implementar de manera coordinada con las personas afectadas, los diferentes proyectos.

Tales proyectos a implementar requieren de la exigencia de conocimientos, inversiones y procesos en lo técnico y social que desbordan la capacidad de las instituciones y condiciones existentes en el país. No obstante, el activismo e incorporación individual y parcial de los criterios y metas para evaluar el impacto en cada proyecto puede conllevar a la pérdida de recursos y esfuerzos. Se requiere de una instancia que oriente en los contenidos mínimos de los objetivos que irían a mejorar los insumos o resultados para las comunicaciones nacionales, más allá del interés particular de cada interesado.

Los proyectos de adaptación deben contar con objetivos sostenibles a largo plazo, partiendo de los resultados iniciales, los ajustes durante el proceso y las holguras determinadas en función de modelos que reduzcan los márgenes de incertidumbre.

En las áreas de bosques protegidos y áreas de reserva forestal:

- a) Establecer una agenda nacional que permita la consolidación del manejo de las áreas de reserva forestal como prioridad nacional y determinante clave en las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático.
- b) Procurar que las empresas industriales y/o extractivas de recursos naturales que afectan el bosque natural, establezcan coberturas vegetales nativas con iguales o mejores condiciones a las encontradas antes de la afectación o intervención del proyecto que requiere la sustracción de la reserva forestal. De ser necesario se debe desarrollar el marco normativo para tal fin.
- c) Considerar en la normativa aplicable la necesidad de exigir a todo proyecto industrial y/o extractivo de recursos naturales que intervenga o afecte los bosques protegidos, junto con los ubicados en áreas de reserva forestal, la presentación y aprobación del estudio de impacto ambiental para la respectiva licencia ambiental.
- d) Compensar a los países tropicales, en especial aquellos que integren cuencas de alto valor o significado estratégico, por sus reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la degradación de los bosques tropicales, así como de la preservación de sus reservas de carbono.
- e) De otra parte, conviene resaltar la importancia de construir indicadores que determinen las ventajas de mantener grandes extensiones de reservorios de carbono (selvas), con el diseño de las medidas para la restauración de los ecosistemas afectados.

En los cuerpos de agua:

- a) El desarrollo de la política para el recurso hídrico debe mantener el “hilo conductor” con los demás recursos, no sólo en lo instrumental sino en lo estructural.
- b) Apoyos o incentivos parcialmente evaluados, sin analizar los potenciales cambios a largo plazo, pueden dificultar el desarrollo de otros sectores y ecosistemas que dependen aguas abajo del recurso hídrico.
- c) Un mejor conocimiento de los recursos de agua subterráneos por lo cual es necesario mejorar su investigación con el fin de revisar las diferentes valoraciones de la vulnerabilidad y riesgos para los sectores y ecosistemas.

En las comunidades más vulnerables:

- a) No es redundante analizar los conflictos con el acceso a recursos naturales y espacios suficientes para asegurar condiciones dignas de la población pobre.
- b) Los indicadores de equidad, más allá de buscar la redistribución de ingresos, son una necesidad imperiosa.
- c) El avance que se realice debe partir del empoderamiento de quienes son el fin y el medio para asegurar la sostenibilidad de las medidas y resultados.

La identificación cruzada con la gestión ambiental a largo plazo:

- a) Es importante que los temas de cambio climático y variabilidad climática no se vean como un anexo o condición para el cumplimiento de compromisos puntuales. El enfoque de análisis transversal debe ser una constante en las diferentes gestiones que involucren procesos a largo plazo.
- b) La elaboración de indicadores y formas de monitoreo y seguimiento en los diferentes recursos naturales deberán ser de especial significancia. Una validación cruzada podría servir como guía para abordar la temática.
- c) Dada la ciclicidad y recurrencia de los fenómenos climáticos, junto con la posibilidad de tener efectos significativos en el primer periodo de análisis (2011 a 2040), resultan decisivas las gestiones que se adopten desde ahora para hacer frente a impactos o fenómenos futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cardona, A. (2009). Mapeo institucional. Actores relacionados con el abordaje del cambio climático en Colombia. Proyecto de integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en la programación por países de las Naciones Unidas. Documento digital. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Bogotá: PNUD. p. 31
- Dasgupta, P & Daly, H. (2005). Economía en un mundo repleto. En: Investigación y ciencia. Noviembre, 2005. p. 60-65.
- Departamento Nacional de Planeación. Colombia. (2007). Plan Nacional de Desarrollo (PND). 2006-2010. Capítulo 7. Aprobado con la Ley 1151 de 2007. Bogotá: Autor. p. 431 a 543.







# **CAPÍTULO SIETE**

## **OBSTÁCULOS, CARENCIAS Y NECESIDADES**

---

**AUTORES**

**MAURICIO CABRERA L.**

**MARTHA DUARTE O.**

**MARÍA MARGARITA GUTIÉRREZ A.**

**PEDRO SIMÓN LAMPREA Q.**

**RICARDO J. LOZANO P.**

**Colaboradores**

Juanita González L.  
Omar Jaramillo  
Javier Pava  
Lina Lucía Sánchez

**Coordinación y supervisión**

Martha Duarte O.  
Mauricio Cabrera L.  
María Margarita Gutiérrez A.  
Ricardo J. Lozano P.

Foto 7.1 Portada Capítulo 7. San Andres. 2010. Marcela Sierra.



## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	401
<b>7.1 DESAFÍOS PARA LA COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL</b> .....	401
7.1.1 Plan nacional de adaptación al cambio climático .....	402
7.1.2 Arreglo institucional y lineamiento para los planes nacionales de adaptación y mitigación .....	402
<b>7.2 NECESIDADES TÉCNICAS Y FINANCIERAS</b> .....	403
7.2.1 Necesidades técnicas .....	403
7.2.2 Necesidades financieras .....	405
<b>7.3 OTRAS NECESIDADES</b> .....	406
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	407
<b>CONTENIDO DE FOTOS</b>	
Foto 7.1 Portada Capítulo 7. San Andres. 2010. Marcela Sierra. ....	397





## INTRODUCCIÓN

La Segunda Comunicación Nacional de Colombia (SCN) contó con la financiación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial<sup>1</sup> para el desarrollo de todos sus componentes. Adicionalmente, mediante la conformación de mesas técnicas de trabajo con las instituciones pertinentes en los temas, se lograron espacios de concertación y validación de los resultados obtenidos.

Es preciso destacar el empeño y dedicación de todas las entidades y personas en el proceso, los que sin duda alguna fueron decisivos para alcanzar los resultados que se presentan en este documento que se dirige a la CMNUCC. Tal proceso, adelantado con base en la experiencia adquirida a través de la Primera Comunicación, le permitió al país avanzar en la consolidación de los aspectos ambientales, sociales y económicos frente al cambio climático.

Los resultados obtenidos y que se presentan en la Segunda Comunicación Nacional (SCN), corresponden precisamente a la dinámica lograda por el conjunto de entidades, personas y organismos involucrados. No obstante lo anterior, es procedente presentar una compilación de los aspectos relacionados con los desafíos, limitaciones, carencias y necesidades en materia financiera, técnica y de capacidad que se encontraron en desarrollo de esta última comunicación.

En efecto, en este capítulo se compilan tales aspectos mencionados con el ánimo de mantener y optimizar los procesos y capacidades de forma continua, en aras de asegurar los factores y elementos dinamizadores de mejores resultados para las futuras Comunicaciones Nacionales.

### 7.1 DESAFÍOS PARA LA COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Si duda, uno de los mayores desafíos para enfrentar el cambio climático consiste en la mejora de la coordinación interinstitucional, con el fin de coadyuvar de manera sinérgica con las capacidades técnicas, financieras y de personal. Estas necesidades se desprenden de la cantidad e interrelación de los temas que adelantan las diferentes entidades que tiene relación con el cambio climático.

El gobierno colombiano, a pesar de contar con el apoyo de diferentes entidades y personas para la elaboración de la SCN, necesitó gestionar recursos y diseñar estrategias para obtener los resultados presentados en este documento. El proceso evidenció la necesidad clara de coordinación interinstitucional para cubrir los principales obstáculos, carencias, necesidades conexas de financiación, tecnología y capacidad más relevantes.

En general, en el marco de la coordinación interinstitucional se requiere integrar el cambio climático con los diferentes ejes articuladores de la planeación y ejecución de las entidades ambientales y organismos sectoriales. Por ello, teniendo en cuenta el espacio abonado con la gestión e interés creciente en todos los niveles de trabajo, se debe lograr mantener el impulso alcanzado en la motivación y cooperación de quienes ven las oportunidades y fortalezas del proceso adelantado, como una plataforma sólida para enfrentar todos los desafíos relacionados con el tema del cambio climático en las misiones de cada entidad. En tal contexto, más que mostrar una lista de obstáculos con requerimientos, el enfoque abordado se orienta a mostrar rutas o ejes de integración y capitalización de oportunidades y capacidades.

Para incluir dentro de los planes de mitigación y adaptación del país en las políticas, planes y programas, es necesario el fortalecimiento e implementación continuada de la Estrategia de educación, sensibilización y participación de públicos, es fundamental involucrar a todos los actores de la sociedad para facilitar el proceso de articulación y coordinación interinstitucional; la sociedad es una razón muy fuerte, además de ser motor de las misiones institucionales.

<sup>1</sup> GEF: Global Environment Facility.

En concordancia con lo anterior, las medidas deben permitir reducir el impacto negativo por el cambio climático a través de:

- a) El incremento de la resiliencia de las comunidades, la cual debe partir del trabajo y acuerdo con ellas mismas.
- b) El fortalecimiento de las entidades encargadas de soportar y orientar las medidas de adaptación.
- c) El avance en los modelos regionales y locales que permitan establecer la simulación y determinación de escenarios que conduzcan a una evaluación del riesgo individual y agregado por sectores dependientes de los bienes y servicios ambientales amenazados. Tales modelos deberán permitir la optimización de beneficios y/o la reducción del riesgo, apoyados con la priorización de criterios y metas múltiples, volviéndose en sí una forma de evaluar la eficiencia de la inversión a través de un mejor uso del territorio.
- d) El aumento de la capacidad individual de las economías campesinas más vulnerables, distinguiendo los diferentes cultivos y asociaciones, y mejorando la seguridad alimentaria.
- e) El aumento la capacidad de amortiguación de los efectos de eventos extremos.
- f) La creación y mejoramiento de los grupos regionales de investigación aplicada para optimizar la sinergia entre países con similares retos, además de alcanzar mayor eficiencia en la integración de fortalezas y experiencias de los países más avanzados en el proceso de investigación, aplicación y evaluación de resultados.

### 7.1.1 Plan nacional de adaptación al cambio climático

Si bien el país tomó la iniciativa en la implementación de los proyectos expuestos en el capítulo de adaptación, es prioritario generar una estructura nacional con la participación de las diferentes entidades e involucrados, donde los ejes prioritarios son:

- Gestión del recurso hídrico superficial y subterráneo de manera transversal, en el cual se integran los sectores energético, agrícola, industrial, etc.
- Diseño e implementación de las medidas de adaptación, basadas en una evaluación previa de la vulnerabilidad, de tal forma que involucre: a) los bienes y servicios que prestan los ecosistemas; b) la optimización de la ordenación territorial; c) las variables socioeconómicas e institucionales junto con las condiciones técnicas para establecer la capacidad de adaptación al cambio climático.
- Evaluación de los riesgos asociados con los eventos extremos, relacionados principalmente con las variables hidrometeorológicas.
- Valoración de la vulnerabilidad con base en la metodología presentada en la SCN, con el fin de permitir la interrelación y discusión entre los diferentes sectores, ecosistemas y grupos de interés.

### 7.1.2 Arreglo institucional y lineamiento para los planes nacionales de adaptación y mitigación

Una oportunidad para alcanzar las mejores inversiones costo-efectivas de los recursos, debe ser a partir del Plan nacional de adaptación, soportado en la participación abierta y expedita de los intereses de las poblaciones o comunidades más vulnerables. Este plan debe diseñarse a corto plazo, buscando aprovechar en lo posible las capacidades institucionales existentes, así como las normas, políticas ya formuladas.

Se requiere, dentro de dicho plan de adaptación, concentrarse en una planificación nacional, regional y local que integre, señales claras de la evolución de la capacidad organizativa, la tecnología, el conocimiento y las habilidades de las instituciones. Es decir, se debe lograr una planificación enfocada a mejorar la capacidad del Estado para gestionar el riesgo derivado de los efectos del cambio climático; todo ello con base en estrategias, instrumentos, métodos y herramientas aplicables y eficientes.

Un ejercicio que se requiere adelantar a nivel nacional, regional y local consiste en identificar: cuáles objetivos de los planes de desarrollo podrían resultar más afectados por los efectos del cambio climático. Posteriormente, se requiere avanzar en el análisis de las políticas, objetivos, medidas e instrumentos que deben crearse o modificarse, junto con los procesos y plataformas que deben instrumentarse para llegar a un monitoreo efectivo en los diferentes niveles.

Igualmente se debe realizar la búsqueda de mecanismos y actitudes que permitan efectuar arreglos institucionales y políticas para alcanzar un desarrollo sostenible. Es importante incluir la depreciación o el consumo del capital natural para lograr un bienestar económico sostenible, manteniendo las riquezas más estratégicas (biodiversidad) como el valor de la base productiva de una economía compuesta de capital de origen humano, capital natural, conocimientos, instituciones, capacidades (Dasgupta y Daly, 2005)<sup>2</sup> y que junto con herramientas de optimización del uso del territorio, le permitan a los tomadores de decisiones valorar, con la misma unidad de medida, la decisión más apropiada para los más vulnerables.

En este sentido, el ordenamiento territorial debe involucrar la evaluación de la vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo para identificar de manera cuantitativa si los determinantes ambientales son realmente utilizados como criterios válidos y prácticos, más allá de la simple conceptualización y aceptación dada por cada administrador.

Con el fin de evitar la dispersión de esfuerzos y lograr la mayor efectividad en la implementación de futuros proyectos de adaptación, se deben aplicar las orientaciones y directrices derivadas del Plan Nacional de Adaptación, con el propósito de mantener la unidad de criterio en el desarrollo y obtención de resultados aplicables de manera más coherente dentro de un marco de referencia de resultados con procesos determinados por fases a diferentes plazos.

Adicionalmente, se deben precisar los instrumentos, métodos y sistemas de valoración y análisis costo-eficiente de la implementación de medidas de adaptación que permitan, de manera uniforme, tener resultados comparables, con clara definición de la exactitud y precisión lograda. De nada sirve contar con resultados que posteriormente no permitan dar una adecuada orientación a la gestión de los tomadores de decisión, máxime si no facilitan una optimización de objetivos entre las múltiples necesidades de inserción de recursos.

En resumen, los planteamientos anteriores están orientados hacia: “Producir, difundir y usar el conocimiento para contribuir a la transformación productiva y social del país con el fin de garantizar un mayor nivel de competitividad y desarrollo humano sostenible (DNP, 2006)<sup>2</sup>”.

Es necesario seguir con el apoyo técnico y financiero de organismos de cooperación interacional.

Con tal propósito, se debe buscar un ajuste al desarrollo, de manera que las medidas de adaptación aumenten la resiliencia de las comunidades y de sus medios de vida con la construcción de una seguridad territorial basada en los activos, capitales y servicios ambientales más duraderos. Dicha estrategia, además de necesaria, deberá ser el punto de partida para enfrentar el cambio climático en el país, además que contribuye a la lucha contra la pobreza, la seguridad alimentaria y al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Los análisis de los efectos del cambio climático se deben ampliar en y alcance y plazo a los siguientes ecosistemas: alto andinos, zonas áridas y semiáridas, humedales, ciénagas, estuarios, valles interandinos, al igual que los efectos sobre los recursos pesqueros, los cultivos de subsistencia, las selvas pacífica y amazónica, etc. El avance de las áreas clasificadas como climas semihúmedos sobre los húmedos de la Amazonia, no debería ser pasado por alto, dado el riesgo de los recursos que estarían en juego.

## 7.2 NECESIDADES TÉCNICAS Y FINANCIERAS

Las principales necesidades del país para enfrentar los desafíos del cambio climático se relacionan con los siguientes aspectos que se plantean a continuación.

### 7.2.1 Necesidades técnicas

#### 7.2.1.1 Gestión de la información

Con respecto a la generación de información suficiente y confiable para los futuros inventarios de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), es necesario tener acciones dirigidas al fortalecimiento y ajuste de los instrumentos de captura de información sectorial detallada. Tal gestión debe permitir un cálculo más preciso y exacto del inventario de los GEI, además de incluir la mejora en las sinergias para fortalecer el flujo de información entre las instituciones públicas y el sector privado.

Los resultados obtenidos en el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para Colombia dejan en claro la necesidad de generar información sectorial con mayor especificidad, detalle y frecuencia para promover la construcción de factores de emisión para el país, con el fin de obtener una estimación más ajustada del inventario de GEI a las condiciones regionales y nacionales. Esta necesidad conlleva el compromiso interinstitucional en la generación y suministro de la información detallada y a las escalas necesarias, porque, aun teniendo la participación de las entidades sectoriales con las funciones y conocimientos en el tema<sup>3</sup> y que fueron soporte y enlace para la entrega de la información, en todos los módulos del inventario se determinó la limitación respecto a información más detallada que permita contar con factores de emisión propios y validados.

<sup>2</sup> PND. 2006-2010. p. 494. Ciencia, tecnología e innovación.

<sup>3</sup> La conformación de las mesas técnicas, el intercambio de información con entidades sectoriales y el desarrollo de talleres para obtener consenso en algunos temas técnicos, permitieron obtener una mejor calidad y volumen de información en comparación con el primer inventario nacional, porque la participación de gremios e instituciones gubernamentales fue determinante para decidir frente a la información y definición de conceptos técnicos.



Con respecto a los análisis de vulnerabilidad, es prioritario tener una base de estudios que respondan a las necesidades de los tomadores de decisión de los sectores más vulnerables. Por lo tanto, se requiere de soportes confiables que permitan su interrelación entre las variables climáticas tomando como base la sostenibilidad de los ecosistemas y sectores productivos del país, entre los cuales los más susceptibles y vulnerables son: a) agropecuario; b) salud; c) litorales marinos; d) sistemas hídricos; e) infraestructura vital, por causa de eventos climáticos extremos; f) orobioma alto y g) ecosistemas secos. Sin duda, el país ganará muchos recursos y tiempo en la medida en que se estructure, tanto nacional como internacionalmente, una base de datos para las diferentes convenciones (CDB, CLD, etc.) y se articulen los objetivos interinstitucionalmente pero en función de los más vulnerables.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta la orientación de la gestión ambiental dentro del ámbito instrumental, soportado con el manejo de la incertidumbre en la toma de decisiones. Al respecto, resulta cada vez más importante y urgente tener la información procesada e interrelacionada de los componentes biofísicos y socioeconómicos para manejo del riesgo en niveles que garanticen un desarrollo a largo plazo. Tal enfoque bien podría asimilarse con el mejoramiento adaptativo según las escalas y elementos sometidos al riesgo.

Con respecto a la mitigación, es necesario contar con información detallada de los costos y las barreras para implementar medidas de mitigación en los sectores, así como con la información confiable y medios de verificación que puedan mostrar cuál ha sido el verdadero impacto de las políticas y medidas que traen como cobeneficios la reducción de emisiones.

Además, es necesario armonizar las líneas bases de desarrollo de mitigación de proyectos con los datos del inventario nacional de los GEI; con ello, se puede potenciar la capacidad del inventario y reducir los costos asociados con la información para la implementación de proyectos.

#### 7.2.1.2 Investigación participativa y aplicada para los sectores más vulnerables

Teniendo en cuenta los efectos potenciales sobre los procesos productivos de las medidas de mitigación de emisiones de GEI, es necesario establecer de manera cuantitativa y comparable, las metodologías que permitan calcular para los diferentes sectores el probable impacto económico de posibles escenarios con los proyectos de mitigación.

Asimismo, es necesario evaluar diferentes modelos que permitan predecir a través de escenarios futuros, el comportamiento y efecto de los potenciales impactos económicos de las emisiones de GEI en los diferentes sectores productivos, especialmente los asociados o dependientes del recurso hídrico.

La investigación relacionada con los escenarios futuros del clima debe seguir avanzando y consolidándose en el país; este requerimiento es uno de los más importantes y más complejos debido a la necesidad de contar con múltiples escenarios en escalas temporales y geográficas distintas, que permitan hacer un análisis con menor incertidumbre sobre las amenazas futuras que Colombia enfrentará. Para esto, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), debe avanzar en sus modelos y considerar la información y los resultados de otros centros de investigación, buscando sinergias y complementaciones.

Es necesario contar con una metodología y protocolos de ejecución claros para los diferentes sectores, que permitan la comparación de los resultados y conclusiones de los diferentes estudios. Ello permitirá, además de alimentar los indicadores de desarrollo sostenible, priorizar la implementación de las recomendaciones o resultados alcanzados.

Se requiere mejorar la infraestructura y capacidad tecnológica del Ideam, así como la formación de equipos técnicos de los ministerios, entidades sectoriales y regionales, para que puedan analizar la información de los escenarios y relacionarla con las dinámicas de sus sectores y municipios. De esta forma, posteriormente, se podrán diseñar los correspondientes planes de adaptación local (Cardona, 2009).

Es importante mencionar que el análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático incluye, de manera no lineal ni aditiva, una serie de factores y condicionantes que modifican el sistema inicialmente planteado. El proceso de integración de los análisis de riesgos bajo diferentes enfoques y perspectivas es un ejemplo de ello. Por lo tanto, es necesario tener presente que un índice o indicador débil o extensamente agregado, puede arrojar escenarios o situaciones que desvían o enmascaran la verdadera criticidad de la amenaza y el riesgo. Por ello, resulta necesario tener una metodología uniforme para el análisis integral y multisectorial.

Al respecto, es necesario lograr la mayor capitalización del conocimiento adquirido a partir de las experiencias obtenidas en los diferentes proyectos de cambio climático, con el fin de estructurar y sistematizar las lecciones aprendidas entre los interesados. Ello permitirá aprovechar las fortalezas.

Una vez se tengan analizados los niveles de riesgos para los diferentes sistemas productivos, áreas y periodos de recurrencia de los fenómenos que más impactan los factores de producción de la población vulnerable, es procedente integrar al sector de seguros con el fin de crear opciones de cubrimiento para las poblaciones que difícilmente tendrían excedentes de producción para gestionar el riesgo que plantea el cambio climático.

Se necesitan mecanismos innovadores para compartir riesgos y hacer frente a los nuevos desafíos que plantean los efectos adversos del cambio climático, incluida la pérdida de biodiversidad y avanzando con la degradación de la tierra. Todo ello valorado con el fin de crear un subsidio por la adicionalidad impuesta de los riesgos del cambio climático, a ser cubierto por los responsables del forzamiento antropogénico externo a Colombia.

El objetivo final de los indicadores, con el respaldo del trabajo científico y técnico, es alertar de manera temprana sobre la evolución de la salud de nuestros ecosistemas y territorios, por ello se requiere de la participación de diferentes disciplinas y capacidades que propongan la integración de conocimientos, inclusive legales, para abogar por la protección y rehabilitación de la biodiversidad afectada por el cambio global.

Si bien es necesario tener en cuenta los indicadores del crecimiento económico, no se debe desconocer la capacidad de los medios naturales para mejorar o mantener la utilidad y sostenibilidad de las generaciones futuras. Es necesario tener presente la perspectiva de una economía ecológica, donde el capital natural y el elaborado, sean vistos de manera complementaria y no alternativa, además de diferenciar el capital natural como factor limitante de los sectores productivos.

Desde el ámbito de la investigación sobre la biodiversidad, es necesario que las investigaciones incluyan consideraciones y criterios de autosostenibilidad económica. Tal directriz permitirá proyectar a largo plazo alianzas estratégicas para asegurar la continuidad, mientras se incentiva la visión de un conocimiento aplicado hacia un enfoque transdisciplinario y empresarial.

Es prioritario diseñar procesos de investigación por fases pero a largo plazo, que permitan la verificación, validación y ajuste de los resultados.

### 7.2.1.3 Cooperación técnica

Es necesario aunar esfuerzos para llevar el tema a las regiones, generar capacidades y lograr un papel más preponderante y activo de las autoridades ambientales regionales (CAR y otras), las alcaldías, las gobernaciones, los productores y los grupos étnicos. Asimismo, existe un reto en cuanto a fortalecer los vínculos entre los diagnósticos y las orientaciones nacionales, con respecto a la capacidad de gestión de los territorios. Las autoridades regionales son actores fundamentales en la implementación de medidas de adaptación y de mitigación, y su papel debe ser preponderante para la tercera comunicación nacional; sin embargo, estas acciones deben estar claramente direccionadas por el nivel nacional, enfocando sus esfuerzos a acciones de cambio climático que no deben ser confundidas con las de gestión ambiental que las corporaciones deben ejecutar por mandato.

En la misma línea, se requiere información cartográfica local sobre los efectos y escenarios del cambio climático, así como orientaciones nacionales, entre otros aspectos para que: 1) los municipios puedan ajustar su ordenamiento territorial y preparar sus comités locales y regionales para la prevención y atención de desastres; 2) las corporaciones autónomas regionales puedan ordenar el territorio, el manejo de cuencas y el acceso y uso de los bienes y servicios ambientales; 3) los parques naturales ajusten su ordenamiento y tomen medidas de adaptación que beneficien a la biodiversidad, asegurando la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas con indicadores que sean verificables objetivamente, en concordancia con los bienes y servicios ambientales que prestan y; 4) los sectores productivos y las comunidades estén preparados y puedan orientar y adaptar sus actividades.

Es necesario contar con una metodología y protocolos de ejecución claros para los diferentes sectores, que permitan la comparación de los resultados y conclusiones de los diferentes estudios. Ello permitirá, además de alimentar los indicadores de desarrollo sostenible, priorizar la implementación de las recomendaciones o resultados alcanzados.

## 7.2.2 Necesidades financieras

Las instituciones colombianas (especialmente del área ambiental) están realizando importantes esfuerzos para financiar los proyectos relacionados con el cambio climático, sin olvidar el apoyo significativo de la cooperación internacional. No obstante, debido a la magnitud y complejidad del tema, a sus efectos potenciales y a la alta vulnerabilidad del país se, tendrán que disponer de más recursos propios e internacionales para comprender el fenómeno y, sobre todo, para diseñar y poner en marcha las medidas de adaptación.

Una vez se logren los acuerdos del alto gobierno, es necesario que la generación de la información con su análisis y divulgación se realice a través de las organismos competentes, para lo cual es necesario que las diferentes entidades ambientales, sectores productivos, centros de investigación y demás ministerios se orienten con propósitos concordantes para avanzar en la adaptación. Todo ello será posible con los recursos financieros y técnicos necesarios para asegurar el logro de los objetivos del plan para la adaptación al cambio climático.

### 7.3 OTRAS NECESIDADES

Es necesario no perder de vista que la variabilidad climática y el cambio climático van a impactar significativamente los recursos naturales en gran parte del país; si no se tienen proyectos de adaptación el nivel de riesgo sobre los diferentes sectores podría aumentar de manera exponencial a medida que se proyecta en el tiempo. Por consiguiente, dada la complejidad ecosistémica, económica y cultural, además de la extensión y el riesgo para los involucrados, es necesario diseñar e implementar de manera coordinada con las personas afectadas, los diferentes proyectos.

Tales proyectos a implementar requieren de la exigencia de conocimientos, inversiones y procesos en lo técnico y social que desbordan la capacidad de las instituciones y condiciones existentes en el país. No obstante, el activismo e incorporación individual y parcial de los criterios y metas para evaluar el impacto en cada proyecto puede conllevar a la pérdida de recursos y esfuerzos. Se requiere de una instancia que oriente en los contenidos mínimos de los objetivos que irían a mejorar los insumos o resultados para las comunicaciones nacionales, más allá del interés particular de cada interesado.

Los proyectos de adaptación deben contar con objetivos sostenibles a largo plazo, partiendo de los resultados iniciales, los ajustes durante el proceso y las holguras determinadas en función de modelos que reduzcan los márgenes de incertidumbre.

En las áreas de bosques protegidos y áreas de reserva forestal:

- a) Establecer una agenda nacional que permita la consolidación del manejo de las áreas de reserva forestal como prioridad nacional y determinante clave en las medidas de adaptación y mitigación del cambio climático.
- b) Procurar que las empresas industriales y/o extractivas de recursos naturales que afectan el bosque natural, establezcan coberturas vegetales nativas con iguales o mejores condiciones a las encontradas antes de la afectación o intervención del proyecto que requiere la sustracción de la reserva forestal. De ser necesario se debe desarrollar el marco normativo para tal fin.
- c) Considerar en la normativa aplicable la necesidad de exigir a todo proyecto industrial y/o extractivo de recursos naturales que intervenga o afecte los bosques protegidos, junto con los ubicados en áreas de reserva forestal, la presentación y aprobación del estudio de impacto ambiental para la respectiva licencia ambiental.
- d) Compensar a los países tropicales, en especial aquellos que integren cuencas de alto valor o significado estratégico, por sus reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la degradación de los bosques tropicales, así como de la preservación de sus reservas de carbono.
- e) De otra parte, conviene resaltar la importancia de construir indicadores que determinen las ventajas de mantener grandes extensiones de reservorios de carbono (selvas), con el diseño de las medidas para la restauración de los ecosistemas afectados.

En los cuerpos de agua:

- a) El desarrollo de la política para el recurso hídrico debe mantener el "hilo conductor" con los demás recursos, no sólo en lo instrumental sino en lo estructural.
- b) Apoyos o incentivos parcialmente evaluados, sin analizar los potenciales cambios a largo plazo, pueden dificultar el desarrollo de otros sectores y ecosistemas que dependen aguas abajo del recurso hídrico.
- c) Un mejor conocimiento de los recursos de agua subterráneos por lo cual es necesario mejorar su investigación con el fin de revisar las diferentes valoraciones de la vulnerabilidad y riesgos para los sectores y ecosistemas.

En las comunidades más vulnerables:

- a) No es redundante analizar los conflictos con el acceso a recursos naturales y espacios suficientes para asegurar condiciones dignas de la población pobre.
- b) Los indicadores de equidad, más allá de buscar la redistribución de ingresos, son una necesidad imperiosa.
- c) El avance que se realice debe partir del empoderamiento de quienes son el fin y el medio para asegurar la sostenibilidad de las medidas y resultados.

La identificación cruzada con la gestión ambiental a largo plazo:

- a) Es importante que los temas de cambio climático y variabilidad climática no se vean como un anexo o condición para el cumplimiento de compromisos puntuales. El enfoque de análisis transversal debe ser una constante en las diferentes gestiones que involucren procesos a largo plazo.
- b) La elaboración de indicadores y formas de monitoreo y seguimiento en los diferentes recursos naturales deberán ser de especial significancia. Una validación cruzada podría servir como guía para abordar la temática.
- c) Dada la ciclicidad y recurrencia de los fenómenos climáticos, junto con la posibilidad de tener efectos significativos en el primer periodo de análisis (2011 a 2040), resultan decisivas las gestiones que se adopten desde ahora para hacer frente a impactos o fenómenos futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cardona, A. (2009). Mapeo institucional. Actores relacionados con el abordaje del cambio climático en Colombia. Proyecto de integración de riesgos y oportunidades del cambio climático en los procesos nacionales de desarrollo y en la programación por países de las Naciones Unidas. Documento digital. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Bogotá: PNUD. p. 31
- Dasgupta, P & Daly, H. (2005). Economía en un mundo repleto. En: Investigación y ciencia. Noviembre, 2005. p. 60-65.
- Departamento Nacional de Planeación. Colombia. (2007). Plan Nacional de Desarrollo (PND). 2006-2010. Capítulo 7. Aprobado con la Ley 1151 de 2007. Bogotá: Autor. p. 431 a 543.





# ANEXOS

---

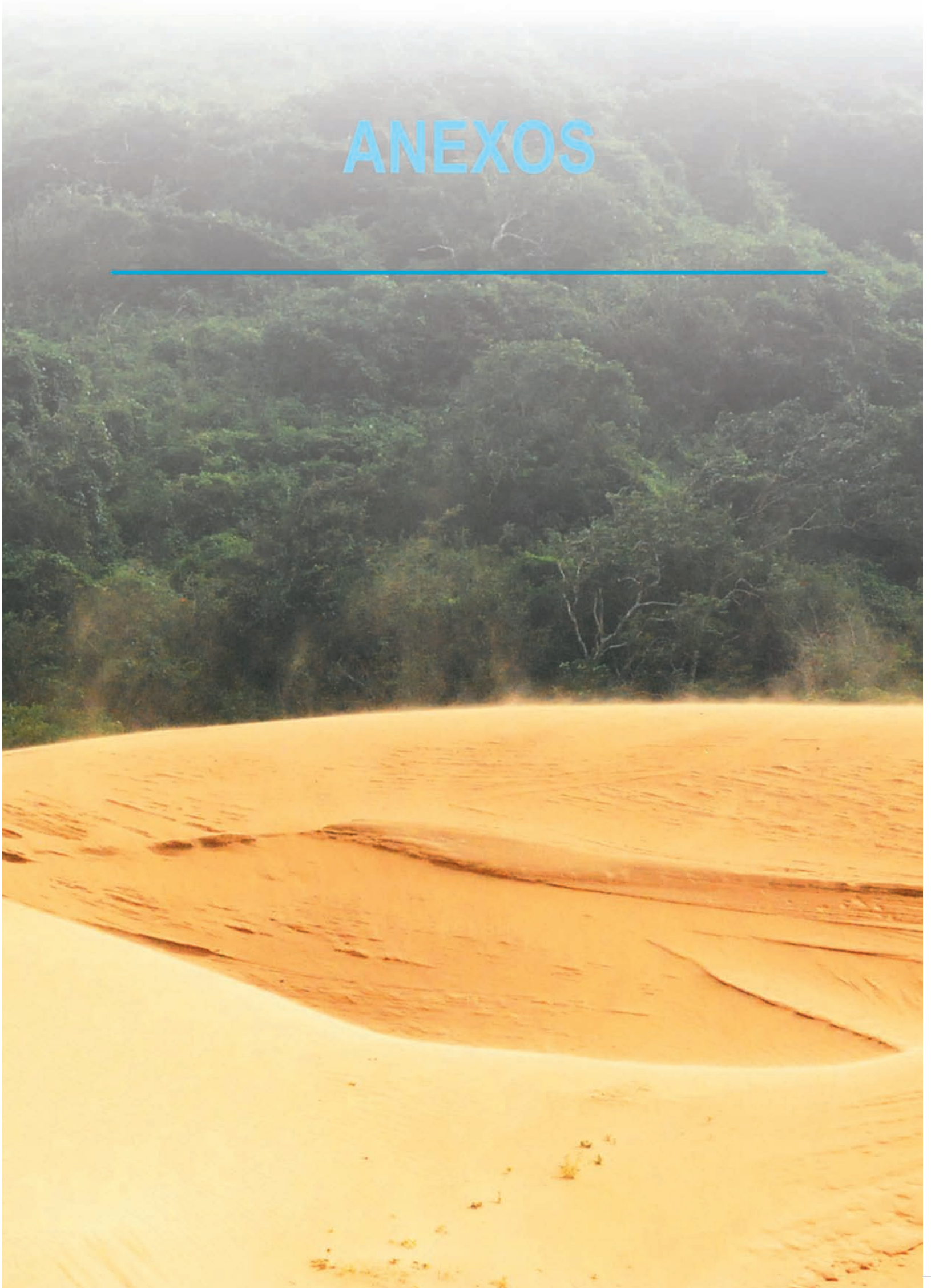
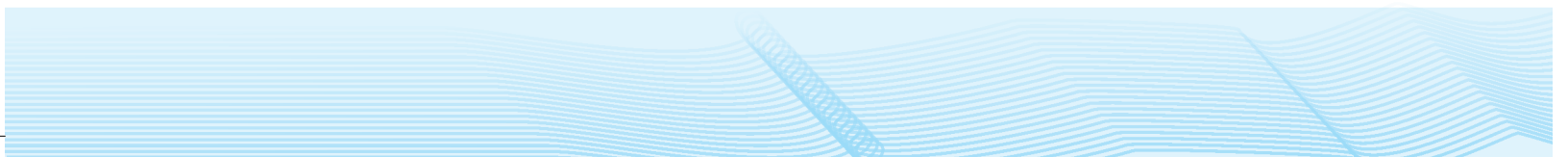


Foto A.1 Portada Anexos. PNN la Macuira, Juan Carlos Gutiérrez. 2009



## CONTENIDO ANEXO CAPÍTULO DOS

	Página
<b>ANEXO A 2.1 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO .....</b>	<b>411</b>
Tabla A2.1 Resultados del inventario de gases de efecto invernadero, año 2000 .....	411
Tabla A2.2 Resultados del inventario de gases de efecto invernadero, año 2004 .....	416





# ANEXO A21 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Tabla A2.1 Resultados del inventario de gases de efecto invernadero, año 2000

Categoría fuente y sumideros de Gases Efecto Invernadero Año 2000	Emisión de CO <sub>2</sub>	Remoción de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO2M	SO <sub>2</sub>	HFC				HFC		PFC	SF <sub>6</sub>	Og CO <sub>2</sub> eq	% en el Módulo	% del Total
									HFC 125	HFC 145a	HFC 152a	HFC 22	HFC 32	HFC 23					
<b>Total Nacional de Emisiones y Remociones</b>	59 309,23	-150,47	2 350,21	107,35	319,26	2 485,30	578,20	153,33	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	177 375,35		33,83%
<b>1. ENERGIA</b>	57 342,32	0,00	345,32	1,01	310,53	2 245,41	349,24	143,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55 507,35		100,00%
A. Quemar de combustibles fósiles	55 851,05	0,00	7,94	0,45	295,35	1 688,04	302,08	101,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57 255,11		87,42%
A.1. Industria de Construcción y Transformación de la Energía	16 810,58	0,00	0,35	0,05	46,46	5,03	1,31	18,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16 845,83		25,72%
a. Centrales Térmicas	6 507,50		0,11	0,04	19,30	2,16	0,54	11,19									6 522,31		
b. Otros centros de transformación	10 002,58		0,24	0,05	27,16	2,87	0,77	7,54									10 023,52		
A.2. Industria Manufacturera y de la Construcción.	13 285,45		1,17	0,16	41,57	15,09	2,22	62,85									13 340,65		21,25%
A.3. Transporte	19 533,90	0,00	4,25	0,19	150,51	1 570,59	255,77	14,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19 597,37		30,51%
a. Aviación Nacional	1 079,22		0,01	0,03	4,55	1,53	0,75	1,13									1 085,29		
b. Automotor	17 770,23		4,15	0,15	145,22	1 555,50	252,30	11,32									17 805,01		
c. Ferrovial	65,10		0,01	0,00	1,01	0,84	0,17	0,16									65,62		
d. Navegación Nacional	924,25		0,06	0,01	19,09	12,72	2,54	1,57									925,61		
A.4. Comercial / Institucional	1 195,41		0,15	0,01	1,56	0,48	0,09	1,28									1 201,87		1,83%
A.5. Residencial	3 723,11		1,35	0,03	4,85	7,79	0,88	1,92									3 760,76		5,74%
A.6. Agricultura / Pesca / Forestal	1 527,47		0,05	0,01	10,30	9,06	1,81	2,17									1 531,62		2,34%
A.7. Otros (no identificados)	0,00																0,00		
B. Quemar de Biomasa	0,00		26,40	0,52	14,33	537,37	47,16	46,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	715,60		1,05%
B.1. Industria de Construcción y Transformación de la Energía	0,00		0,17	0,02	0,57	5,67	0,28	3,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,17		0,01%
a. Centrales Térmicas			0,17	0,02	0,57	5,67	0,28	3,41									9,17		
B.2. Industria Manufacturera y de la Construcción.			1,49	0,20	4,36	157,44	2,48	34,89									30,29		0,14%
B.3. Transporte																	0,00		
B.4. Comercial / Institucional			2,39	0,01	1,19	53,55	1,19	0,94									53,29		0,05%
B.5. Residencial			14,45	0,18	4,86	254,04	26,81	6,62									302,95		0,54%
B.6. Agricultura / Pesca / Forestal			8,20	0,11	2,73	138,57	16,40	2,72									205,30		0,31%
B.7. Otros (no identificados)																	0,00		
C. Total Emisiones Fugitivas	980,45	0,00	311,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7 525,84		11,45%
C.1. Actividades del Carbon	155,19																3 279,58		5,01%
C.2. Actividades del Petróleo y Gas Natural	825,26		311,58														4 246,26		6,46%
<b>Total Producción de Minerales no Metálicos</b>	5 571,51	0,00	0,83	1,10	2,27	14,42	238,35	9,55	0,18	0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7 343,39		100,00%
Producción de Cemento y Clinker	3 149,58																3 149,58		
Producción de Cal	50,32																50,32		
Usos de Carbonato de Sodio	52,45																52,45		
Producción de Asfalto para Techarlo						0,0002	0,04										0,01		
Producción de Asfalto para Pavimentación						0,02	0,01	0,03									0,01		
Pavimentación							173,28										0,01		
Producción de vidrio							0,63										0,01		
<b>Total Producción de Químicos</b>	123,01	0,00	0,89	1,10	1,67	1,13	6,291	2,012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	462,70		6,57%
Producción de Amoníaco	123,01					0,65	0,39	0,002									123,01		
Producción de Ácido Nítrico				1,10	1,65												341,00		
Usos de Cloruro de Calcio	0,001																0,01		
Producción de Nitrato de Hierro																	11,13		
Producción de Cloruro de Polivinilo			0,53		0,02	0,48	1,92	0,15									0,01		
Producción de Cloruro de Polietileno							1,76										0,01		



Categoría, fuente y sumatoria de Gases Efecto Invernadero Año 2000	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub> MI	SO <sub>2</sub>	HFC 134	HFC 125	HFC 140b	HFC 152a	HFC 22	HFC	PFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Gg CO <sub>2</sub> -eq	% en el Módulo	% del Total
GANADO																		
Ganado bovino no lechero	23.22															487.62		
Bovino	0.31															6.51		
Ovino	0.46															10.08		
Cabras	0.75															16.76		
Cerdos y lecheros	0.00															0.00		
Caballos	4.78															88.88		
Mulas y Asnos	0.76															15.96		
Cerdos	4.14															86.94		
Aves de corral	6.20															133.20		
Alambicos	0.00															0.00		
Sistemas Líquidos	0.00															0.00		
Almacenamiento en silos	0.82															254.20		
Otro (especificar)	0.00															0.00		
<b>C. Cultivos de arroz</b>	<b>68.71</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1,274.91</b>	<b>1.98%</b>	
Inundado	27.94															795.74		
Seco	22.77															493.17		
Agua profunda	0.00															0.00		
<b>D. Suelos agrícolas</b>	<b>102.25</b>															<b>31,877.50</b>	<b>48.84%</b>	
<b>E. Quema prescrita de sabanas</b>	<b>2.50</b>			<b>1.12</b>	<b>65.64</b>											<b>61.80</b>	<b>0.09%</b>	
<b>F. Quema en campo de residuos agrícolas (1)</b>	<b>2.39</b>			<b>2.06</b>	<b>50.15</b>											<b>68.79</b>	<b>0.11%</b>	
<b>5. CAMPO EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>	<b>12.87</b>	<b>0.69</b>	<b>3.15</b>	<b>110.88</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>30,238.90</b>	<b>100.00%</b>	<b>17.08%</b>
<b>A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa</b>	<b>6,412.76</b>															<b>6,412.76</b>	<b>21.21%</b>	
<b>B. Conversión de bosques y praderas</b>	<b>16,345.70</b>			<b>110.88</b>												<b>16,838.87</b>	<b>55.03%</b>	
<b>C. Abandono de tierras cultivadas</b>	<b>-150.47</b>															<b>-150.47</b>	<b>-0.50%</b>	
<b>D. Emisiones de CO<sub>2</sub> de los suelos</b>	<b>7,358.94</b>															<b>7,358.94</b>	<b>24.26%</b>	
<b>A. Residuos Sólidos</b>	<b>0.00</b>	<b>410.86</b>	<b>2.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>9,515.64</b>	<b>100.00%</b>	<b>5.26%</b>
<b>B. Aguas Residuales</b>	<b>382.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>8,298.62</b>	<b>88.42%</b>	
<b>C. Residuos líquidos</b>	<b>18.54</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>8,280.62</b>	<b>88.42%</b>	
<b>D. Residuos gaseosos</b>	<b>14.40</b>															<b>302.46</b>	<b>4.29%</b>	
<b>E. Otros</b>	<b>4.24</b>															<b>88.04</b>	<b>1.18%</b>	
<b>Tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales</b>	<b>2.22</b>															<b>88.04</b>	<b>1.18%</b>	
<b>Tratamiento de aguas residuales industriales y comerciales</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>43.38</b>	<b>7.63</b>	<b>4.90</b>	<b>2.54</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1,831.01</b>	<b>100.00%</b>	<b>0.77%</b>
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>	<b>889.52</b>	<b>0.02</b>	<b>3.88</b>	<b>1.22</b>	<b>0.61</b>	<b>0.88</b>										<b>889.52</b>	<b>44.88%</b>	
<b>1. Industria de Generación y Transformación de la Energía</b>	<b>482.88</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>9.63</b>	<b>6.42</b>	<b>1.29</b>	<b>1.61</b>									<b>484.72</b>	<b>39.82%</b>	
<b>2. Industria Manufacturera y Construcción</b>	<b>10,893.48</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>10,893.48</b>	<b>100.00%</b>	<b>6.02%</b>
<b>3. Transporte</b>	<b>414.17</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>414.17</b>	<b>3.98%</b>	
<b>4. Comercial Industrial</b>	<b>414.17</b>															<b>414.17</b>	<b>4.44%</b>	
<b>5. Residencial</b>	<b>3,806.16</b>															<b>3,806.16</b>	<b>33.75%</b>	
<b>6. Agricultura/ Pesca/ forestal</b>	<b>915.93</b>															<b>915.93</b>	<b>8.57%</b>	
<b>7. Otros</b>	<b>3,746.76</b>															<b>3,746.76</b>	<b>35.07%</b>	
<b>8. Otros</b>	<b>2,000.46</b>															<b>2,000.46</b>	<b>18.72%</b>	

Fuente: Ideam, 2008



Tabla A2.2 Resultados del inventario de gases de efecto invernadero, año 2004

Categoría Fuente y sumideros de Gases Efecto Invernadero Año 2004	Emisión de CO <sub>2</sub>		Remoción de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO2E	SO <sub>2</sub>	HFC			HFC			PFC	SF <sub>6</sub>	Gg CO <sub>2</sub> eq	% en el Medio	% del Total
	HFC 134a	HFC 125								HFC 143a	HFC 152a	HFC 23	HFC 32	HFC 125	HFC 143a					
<b>Total Nacional de Emisiones y Remociones</b>	887782.23	-100.39	2578.08	116.98	335.16	2374.99	415.20	142.81	0.37	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.03	180,008.18		
<b>1. ENERGÍA</b>	57,001.92	0.00	412.48	0.95	325.39	2,087.36	324.79	132.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85,971.11	100.00%	38.35%
A. Quemar de combustibles fósiles	55,932.05	0.00	7.29	0.43	310.79	1,530.23	297.70	83.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95,208.44	85.26%	
A.1. Industria de Generación y Transformación de la Energía	15,240.84	0.00	0.32	0.08	41.18	4.41	1.16	17.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15,281.57	23.16%	
a. Centrales Térmicas	5,435.74	0.00	0.09	0.03	15.51	1.70	0.43	9.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5,446.93		
b. Otros centros de transformación	9814.10	0.00	0.24	0.05	25.67	2.71	0.72	7.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9,834.64		
A.2. Industria Manufacturera y de la Construcción	13,037.62	0.00	1.08	0.12	38.01	12.22	1.85	44.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13,097.50	19.85%	
A.3. Transporte	21,814.49	0.00	4.39	0.20	215.20	1,487.21	282.11	17.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21,789.69	30.00%	
a. Aviación Nacional	1,015.16	0.00	0.01	0.03	4.30	1.43	0.72	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,022.96		
b. Automotor	19,340.46	0.00	4.28	0.16	185.35	1,478.54	277.94	14.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19,480.16		
c. Ferroviano	80.33	0.00	0.01	0.00	1.26	1.05	0.21	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.54		
d. Neopneumático Nacional	1,183.95	0.00	0.08	0.01	24.28	16.19	3.24	1.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,183.33		
A.4. Comercial/Institucional	707.27	0.00	0.08	0.00	0.85	0.40	0.06	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	709.95	1.07%	
A.5. Residencial	3,968.27	0.00	1.27	0.02	4.73	7.67	0.85	1.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,941.14	5.97%	
A.6. Agricultura/Pasca/Forestal	1,404.95	0.00	0.14	0.01	10.76	8.32	1.87	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,410.60	2.14%	
A.7. Otros (no identificados)	0.00	0.00	20.76	0.55	14.60	587.13	37.09	48.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	609.56	0.92%	
B. Quemar de Biomasa	0.00	0.00	0.68	0.05	2.20	2.95	1.10	5.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.76	0.06%	
B.1. Industria de Generación y Transformación de la Energía	0.00	0.00	0.68	0.05	2.20	2.95	1.10	5.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.76	0.06%	
a. Centrales Térmicas	0.00	0.00	0.68	0.05	2.20	2.95	1.10	5.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.76	0.06%	
b. Otros centros de transformación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
B.2. Industria Manufacturera y de la Construcción	0.00	0.00	1.76	0.24	5.88	194.94	2.94	34.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	111.38	0.17%	
B.3. Transporte	0.00	0.00	2.07	0.01	1.04	72.52	1.04	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
B.4. Comercial/Institucional	0.00	0.00	81.4	0.11	2.77	142.19	15.75	3.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.57	0.07%	
B.5. Residencial	0.00	0.00	81.3	0.11	2.71	135.53	16.26	3.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	205.04	0.31%	
B.6. Agricultura/Pasca/Forestal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	204.83	0.31%	
B.7. Otros (no identificados)	0.00	0.00	384.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	
C. Total emisiones ligeras	1,079.87	0.00	216.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9,153.11	13.87%	
C.1. Actividades de Carbono	1,079.87	0.00	216.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,517.27	7.06%	
C.2. Actividades de Petróleo y Gas Natural	0.00	0.00	164.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,555.84	6.88%	
<b>2. PROCESOS INDUSTRIALES</b>	6,965.36	0.00	0.87	1.35	2.72	34.04	50.41	10.72	0.37	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.01	0.03	9,179.61	100.00%	5.10%
<b>Total Producción de Metales no Ferrosos</b>	3,505.59	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	30.37	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,505.59	38.19%	
Producción de Cemento y Otros	3,245.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,245.46		
Producción de Cál	103.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	103.13		
Usos de Carbono de Sodio	57.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.32		
Producción de Asfalto para Paveda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de Asfalto para Pavimentación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Pavimentación	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de vidrio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
<b>Total Producción de Químicos</b>	164.02	0.00	0.87	1.35	2.04	1.35	2.20	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	600.79	5.54%	
Producción de Aluminio	164.02	0.00	0.87	1.35	2.04	1.35	2.20	1.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	164.02		
Producción de Acido Nítrico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Usos de Carbono de Calcio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de Negro de Humo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de Oxuro de Polivinilo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de Formaldehído	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de Polietileno bajo densidad	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Producción de Polietileno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Categorías Fuentes y sumideros de Gases Efecto Invernadero Año 2020																				
	Emisión de CO <sub>2</sub>	Remoción de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO2M1	SO <sub>2</sub>	HFC	HFC	HFC	HFC	HFC	PFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Gg CO <sub>2</sub> eq	% en el Módulo	% del Total	
									HFC134f	HFC125	HFC143a	HFC152a	HFC	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>					
Producción de Prologizano							3.34										0.00			
Producción de Acido Sulfúrico							0.010	178									0.00			
Producción de Anhidrido Físico			0.27														0.00			
Producción de Cogase			0.05														5.67			
Producción de Metanol								0.05									1.05			
Producción de Dióxido de Titanio																	0.00			
<b>Total Producción de Metales</b>	<b>3,235.41</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.18</b>	<b>25.94</b>	<b>0.08</b>	<b>2.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.07</b>	<b>0.010</b>	<b>0.00</b>	<b>3,182.41</b>		<b>41.29%</b>	
Producción de Hierro	1,028.60				0.04	0.06	1.23										1,028.60			
Producción de Acero	846.63				0.03	0.01	0.04										846.63			
Producción de Aleaciones Ferrosas	70.38				0.10	25.10	0.71							0.07	0.010		617.38			
<b>Total Producción de Bebidas</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>15.83</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>			
Producción de Vino							0.01										0.00			
Producción de Whisky							0.02										0.00			
Producción de Bebidas Espirituosas							45.65										0.00			
Producción de Cerveza							0.54										0.00			
Producción de Brandy							0.21										0.00			
<b>Total Producción de Alimentos</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>31.91</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>			
Producción de Carne, Peces y Pollo							0.17										0.00			
Producción de Tortas, Biscochos y Cereales							25.14										0.00			
Producción de Azúcar							1.61										0.00			
Producción de Pan							0.03										0.00			
Producción de Café Tostado							2.99										0.00			
Producción de Comida Animal							1.77										0.00			
Producción de Margarina							0.03										0.00			
<b>Total Producción de Pulpa para Papel</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.48</b>	<b>6.73</b>	<b>2.94</b>	<b>6.67</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.03</b>	<b>717.00</b>		<b>7.81%</b>
<b>Total Utilización de SF<sub>6</sub></b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.03</b>	<b>717.00</b>		<b>7.81%</b>
Uso de SF <sub>6</sub> en Equipos Eléctricos							0.00										0.00	0.03	717.00	
<b>Total Utilización de Sustancias de SAO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.3550</b>	<b>0.020</b>	<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	<b>0.01</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>573.46</b>		<b>6.25%</b>	
Uso para Producción de Estireno								0.0010									0.00			
Uso como Solventes								0.18									1.30			
Uso para Refrigeración Móvil								0.18									234.00			
Uso para Refrigeración Fija								0.18	0.020	0.010	0.01	0.0001					329.47			
Uso como Aerosoles								0.004									5.20			
Uso para Estufas de Incubación								0.004									3.51			
<b>3. SOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS</b>																	<b>0.00</b>			
<b>4. AGRICULTURA</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1,899.28</b>	<b>106.06</b>	<b>3.90</b>	<b>132.71</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>68,565.56</b>		<b>100.00%</b>	<b>38.09%</b>
<b>A. Fertilización entrera</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1,899.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>33,299.54</b>		<b>48.31%</b>	
Ganado bovino lechero			43.80														919.80			
Ganado bovino no lechero			1,441.26														30,126.54			
Eléctro			9.27														84.67			
Ovejas			14.15														297.15			
Cabras			18.95														336.06			
Camaridos y Leiras																	0.00			
Caballos			46.54														979.44			
Mulas y Asnos			6.59														138.18			
Cerdos			3.18														66.78			
Aves de corral																	0.00			
<b>B. Manteo del establo</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>44.81</b>	<b>0.81</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1,187.91</b>		<b>1.73%</b>	
Ganado bovino lechero			1.15														24.15			
Ganado bovino no lechero			24.15														507.15			
Eléctro			0.32														672			
Ovejas			0.51														10.71			

Categoría fuente y sumideros de Gases Efecto Invernadero Año 2000	Emisión de CO <sub>2</sub>		Remoción de CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDIE	SO <sub>2</sub>	HFC	HFC	HFC	HFC	HFC	HFC	PFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Gg CO <sub>2</sub> eq	% en el Módulo	% del Total	
	HFC124 <sup>a</sup>	HFC125	HFC143a	HFC143a																			HFC152a
Cabras					0,79																		
Carreteras y Llanos					4,95																		
Cabeallos					0,71																		
Muleros y Asnos					4,13																		
Cerdos					7,90																		
Aves de corral																							
Acuario																							
Salmónes Líquidos																							
Almacenamiento en sólido					0,81																		
Otro (especificar)																							
<b>C. Cultivos de arroz</b>		0,00		0,00	65,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,372,14	2,00%	
Impasto					34,98																	734,69	
Secado					30,36																	637,45	
Agua profunda																						0,00	
<b>D. Suelos agrícolas</b>					105,14																		
<b>E. Quemadura de sabanas</b>		2,50		0,03	1,12	65,54																32,893,40	47,54%
<b>F. Quemadura en campo de residuos agrícolas (1)</b>		3,19		0,08	2,76	67,07																61,80	0,09%
<b>F. Quemadura en campo de residuos agrícolas (1)</b>		12,67		0,09	3,15	110,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,79	0,13%	
<b>5. CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>		25,820,95		-100,39																		26,914,63	100,00%
<b>A. Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación nativa</b>		21,930,90																				21,930,90	81,9%
<b>B. Conversión de bosques y praderas</b>		16,346,70		-100,39																		16,839,67	63,9%
<b>C. Abandono de tierras cultivadas</b>		7,344,35																				-100,39	-0,39%
<b>D. Emisiones de CO<sub>2</sub> de los suelos</b>		0,00		0,00	452,67	2,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,344,35	28,23%	
<b>A. Residuos Sólidos</b>		0,00		0,00	430,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,277,35	100,00%
Residuos sólidos depositados en tierra					430,87																	9,048,25	88,04%
<b>B. Agua Residual</b>		0,00		0,00	21,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	467,82	4,45%	
Tratamiento de agua residual doméstico y comercial					15,46																	324,05	
Tratamiento de agua residual industrial					6,34																	133,16	
<b>C. Manejo de aguas servidas humanas</b>		1,442,83		0,05	0,03	16,10	9,58	2,26	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	771,28	7,50%	
<b>BURNERS INTERNACIONALES</b>		817,49		0,02	3,47	8,42	0,58	0,88	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,453,18	100,00%	
Asociación					0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	523,90	56,70%	
México					629,34																	629,28	66,30%
<b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR QUEMA DE BIOMASA</b>		10,887,16		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,887,16	100,00%	
<b>1. Industria de Generación y Transformación de la Energía</b>		1,664,49		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,664,49	15,29%	
a. Centrales Térmicas																						0,00	
b. Otros centros de transformación		1,664,49																				1,664,49	
<b>2. Industria Manufacturera y Construcción</b>		4,215,26																				4,215,26	38,64%
<b>3. Transporte</b>																						0,00	
<b>4. Comercial/Industrial</b>		795,06																				795,06	7,30%
<b>5. Residencial</b>		21,026,02																				21,026,02	19,95%
<b>6. Agricultura Pesca y forestal</b>		1,994,31																				1,994,31	18,23%

Fuente: Ideam, 2008

## CONTENIDO ANEXO DEL CAPÍTULO TRES

	Página
<b>3.1 PROYECTOS URE (USO RACIONAL DE ENERGÍA) DESARROLLADOS POR LA UPME .....</b>	<b>421</b>
<b>3.2 DISPOSICIONES LEGALES TENDIENTES A MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN .....</b>	<b>421</b>
<b>3.3 PROYECTOS DEL PLAN ESTRATÉGICO AMBIENTAL DEL SECTOR AGROPECUARIO .....</b>	<b>422</b>
<b>3.5 ESTIMACIÓN DE METANO GENERADO EN RELLENOS SANITARIOS .....</b>	<b>423</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS</b>	
Tabla A3.1 Proyectos URE y sus principales actividades .....	421
Tabla A3.2 Normatividad relacionada con la eficiencia energética en la iluminación .....	421
Tabla A3.3 Proyectos de tecnologías limpias para la generación de energía eléctrica en ZNI .....	422
Tabla A3.4 Principales proyectos del PEASA en agroforestería .....	422
Tabla A3.5 Principales proyectos del PEASA en gestión integral del suelo .....	422
Tabla A3.6 Metano generado y potencial de reducción para los principales rellenos sanitarios de Colombia .	423





### 3.1 PROYECTOS URE (USO RACIONAL DE ENERGÍA) DESARROLLADOS POR LA UPME

Tabla A3.1 Proyectos URE y sus principales actividades

Proyecto	Principales actividades
Formulación estratégica del Plan de URE y FNCE 2007-2025.	Evaluar programas realizados en Colombia para promover el URE y el desarrollo de FNCE.
Iluminación eficiente.	Caracterizar técnicamente las bombillas que se comercializan en Colombia. Elaborar guías didácticas de iluminación eficiente.
Ahorro de energía en centros hospitalarios	Brindar información a los gerentes de hospitales en torno a las gestiones que deben realizar para iniciar un programa URE. Presentar una guía metodológica para el personal técnico y de mantenimiento de los hospitales.
SGIE – Guía para la implementación	Reducir consumos y costos energéticos impactando positivamente a corto plazo la productividad y competitividad de las empresas.
Sector transporte	Movilidad eficiente y estrategias de conducción.
Guía didáctica para el desarrollo de auditorías energéticas	Diagnóstico básico de los consumos energéticos y su eficiencia. Brindar herramientas que permitan fortalecer la productividad y competitividad de las empresas del país.
Sector industrial	Gestión integral de la energía (GIE)
Promoción	Educación y divulgación.
Sector residencial	Iluminación eficiente. Sustitución de refrigeradores. Uso racional de energía en vivienda de interés social. Hornillas eficientes de gas natural
Etiquetado	Programa <i>Conoce</i> . Etiquetado en países andinos.
Sector comercial y terciario	Iluminación y refrigeración eficiente.
Financiamiento	Línea de crédito URE Bancoldex
Apoyo a la creación de ESCOS	Proyecto de la Cámara de Comercio de Bogotá.

Fuente: UPME, 2008.

### 3.2 DISPOSICIONES LEGALES TENDIENTES A MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

Tabla A3.2 Normatividad relacionada con la eficiencia energética en la iluminación

Tipo de norma	Número	Fecha	Sector	Objeto
Ley	697	Oct-01	Todos	URE: Asunto de conveniencia nacional
Decreto	2331	Jun-07	Oficial	Sustitución de bombillas incandescentes por bombillas fluorescentes compactas
Decreto	895	Mar-08	Oficial	Sustitución de bombillas de baja eficiencia por bombillas de mayor eficiencia.
Resolución	180606	Abr-08	Oficial	Requisitos técnicos de bombillas de alta eficiencia.
Decreto	3450	Sep-08	Todos	Sustitución de bombillas de baja eficiencia por bombillas de mayor eficiencia.
Resolución	181331	Ago-09	Todos	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público.

Fuente: IPSE, 2008

### 3.3 PROYECTOS DEL PLAN ESTRATÉGICO AMBIENTAL DEL SECTOR AGROPECUARIO

Dentro del Plan estratégico ambiental del sector agropecuario (PEASA) se han desarrollado diferentes proyectos, según lo descrito en el cuerpo principal del documento (capítulo de Mitigación). En las siguientes tablas (A3.4 y A3.5) se presentan los principales proyectos.

Tabla A3.4 Principales proyectos del PEASA en agroforestería

Proyecto agroforestería		
Subproyectos	Metas	Actividades
Investigar, desarrollar y transferir, sistemas agroforestales, como alternativas de uso de la tierra con criterios de competitividad, social y ambientalmente sostenibles.	Conformar tres núcleos experimentales (NE) para investigación en SSP.	Conformar un mínimo de tres fincas, para el desarrollo de investigación en sistemas silvopastoriles
Desarrollo de herramientas tecnológicas para el manejo nutricional de dos especies arbóreas: <i>Gmelina arborea</i> y <i>Pachira quinata</i> en el Caribe colombiano.	1) Curvas de crecimiento y biomasa por especie. 2) Análisis económicos de tratamientos de fertilización. 3) Software para el manejo nutricional de especies arbóreas.	1) Medición de biomasa y crecimiento de especies forestales. 2) Estructura de costos por tratamiento.
Evaluación en las primeras fases vegetativas de las especies forestales bajo sistema tradicional y agroforestal en la región Caribe.	1) Evaluación de indicadores de productividad de sistemas agroforestales. 2) Última fase de evaluación de parámetros de desarrollo de siete especies forestales.	1) Evaluación de indicadores de productividad de sistemas agroforestales. 2) Evaluación de parámetros de desarrollo de siete especies forestales.
Prácticas de manejo de suelos en plantaciones de <i>Gmelina arborea</i> y <i>Pachira quinata</i> en el Caribe colombiano.	1) Evaluación final de coberturas leguminosas como fuente de nitrógeno para plantaciones de <i>Gmelina</i> y <i>Pachira</i> 2) Estructura de costos y análisis financiero para las alternativas de manejo de suelos en plantaciones forestales.	1) Establecimiento y evaluación de coberturas leguminosas en plantaciones forestales. 2) Levantamiento de la línea base de la estructura de costos de las alternativas de manejo de suelos.
Reducción de pérdidas de producción de plántulas de vivero y trasplante por medio del uso de micorrizas arbusculares (MA) en dos especies forestales de alto potencial en el Caribe colombiano.	Estudios y caracterizaciones de la producción en vivero.	1) Análisis de la diversidad de micorrizas relacionada con características edafoclimáticas del Caribe. 2) Evaluaciones en invernadero.

Fuente: MADR, 2008. Grupo de sostenibilidad agropecuaria y gestión animal.

Es necesario tener en cuenta que el verdadero impacto de este tipo de medidas está asociado con la capacidad de réplica, transferencia de tecnologías, nivel de aceptación social y número total de proyectos implementados a nivel nacional; adicionalmente, se requerirán estudios científicos a escala detallada que permitan evaluar cuantitativamente las reducciones de emisiones de GEI generadas por estas actividades, y analizar la posibilidad de reportarlas y verificarlas en futuros inventarios nacionales de GEI.

Tabla A3.5 Principales proyectos del PEASA en gestión integral del suelo

Proyecto gestión integral del suelo		
Subproyectos	Metas	Actividades
Producción de un fertilizante biológico mixto con base en bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadores de fosfato para potenciar la producción de los sistemas silvopastoriles en la región Caribe de Colombia.	1) Colecciones biológicas. 2) Estudios y Caracterizaciones, 3) Metodologías o procesos. 4) Bioproducto. 5) Recomendaciones técnicas y prácticas de manejo.	1) Búsqueda de accesiones de bacterias fijadoras de nitrógeno. 2) Análisis microbiológicos de suelos del Valle del Cesar. 3) Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno a partir de diferentes especies componentes del sistema silvopastoril.
Desarrollo y evaluación de arreglos silvopastoriles como estrategia de recuperación de suelos y praderas en sistemas de producción de leche especializada del altiplano cundiboyacense.	Caracterización de 10% de los predios vinculados con las asociaciones de productores incluidas en el proyecto.	Caracterización socioeconómica, ambiental y productiva de predios
Valoración integral de los beneficios de los sistemas silvopastoriles de estratos múltiples sobre la estacionalidad del suelo y la productividad animal en el sistema doble propósito de la Región Caribe	Establecimiento de indicadores físicos, químicos y biológicos en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples.	1) Levantamiento de indicadores físicos, químicos y biológicos de los suelos 2) Medición de indicadores de productividad primaria y efecto de la sombra.
Producción de fertilizantes biológicos a partir de microorganismos nativos del género <i>Azospirillum</i> para mejorar la productividad y sostenibilidad de las gramíneas en suelos del Valle del Cesar	1) Colecciones Biológicas. 2) Estudios y Caracterizaciones. 3) Metodologías o procesos. 4) Bioproducto. 5) Recomendaciones técnicas y prácticas de manejo.	1) Realizar recuento de bacterias fijadoras de nitrógeno en muestras de suelos del Valle del Cesar y de Sabana. 2) Elaborar un manual de recomendaciones técnicas para el uso de bacterias fijadoras de nitrógeno asociativas. 3) Identificar genéticamente las cepas. 4) Evaluar en invernadero sobre las dos cepas más eficientes

Fuente: MADR, 2008. Grupo de sostenibilidad agropecuaria y gestión animal.

### 3.4 ESTIMACIÓN DE METANO GENERADO EN RELLENOS SANITARIOS

En el desarrollo de la investigación, con el apoyo del BID (ETEISA, 2006), se realizó un diagnóstico sobre la disposición de residuos en el país, de tal forma que por cada relleno sanitario seleccionado, se analizaron variables como la composición, ingresos y acumulación de residuos, vida útil y años de operación, tasa de generación anual de metano (k) y potencial de generación de metano (Lo). A partir del análisis de estas variables se determinó la capacidad de producción y aprovechamiento de este gas, según las características de cada relleno sanitario para el periodo 2006-2021. La Tabla A3.6, presenta los resultados estimados según el tipo de relleno sanitario.

Tabla A3.6 Metano generado y potencial de reducción para los principales rellenos sanitarios de Colombia

No.	Relleno sanitario		Metano generado línea base (m <sup>3</sup> )			Eficiencia de recolección de metano 75% (m <sup>3</sup> )		
	Nombre	Ubicación	2006	2006-2021	Promedio anual	2006	2006-2021	Promedio anual
1	La Pradera	Valle de Aburrá	4.244.220	128.962.530	8.054.820	3.183.165	96.721.898	6.041.115
2	La Esmeralda	Manizales	2.706.840	56.777.940	3.547.800	2.030.130	42.583.455	2.660.850
3	Los Ángeles	Neiva	788.400	11.077.020	689.850	591.300	8.307.765	517.388
4	Villa Karina	Calarcá	367.920	6.050.970	381.060	275.940	4.538.228	285.795
5	Guayabal	Cúcuta	1.596.510	21.102.840	1.320.570	1.197.383	15.827.130	990.428
6	La Glorita	Pereira	2.818.530	26.463.960	1.655.640	2.113.898	19.847.970	1.241.730
7	El Carrasco	Bucaramanga	2.536.020	71.764.110	4.487.310	1.902.015	53.823.083	3.365.483
8	Curva de Rodas	Valle de Aburrá	13.888.980	130.434.210	8.153.370	10.416.735	97.825.658	6.115.028
9	La Miel	Ibagué	60.444	742.410	45.990	45.333	556.808	34.493
10	El Henequén	Barranquilla	170.820	3.101.040	197.100	128.115	2.325.780	147.825
11	Carmen de Bolívar	Cartagena	4.934.070	46.331.640	2.897.370	3.700.553	34.748.730	2.173.028
12	Palangana	Santa Marta	545.310	39.236.040	2.450.610	408.983	29.427.030	1.837.958
13	Navarro	Cali	7.686.900	102.216.060	6.386.040	5.765.175	76.662.045	4.789.530
14	Presidente	San Pedro (Valle del Cauca)	1.202.310	33.572.700	2.095.830	901.733	25.179.525	1.571.873
15	Don Juanito	Villavicencio	1.228.590	14.611.680	913.230	921.443	10.958.760	684.923
16	Antanas	Pasto	1.340.280	42.560.460	2.660.850	1.005.210	31.920.345	1.995.638
17	El Ojito	Popayán	1.287.720	18.028.080	1.130.040	965.790	13.521.060	847.530
18	Macondo	Yopal	118.260	3.869.730	243.090	88.695	2.902.298	182.318
19	El Oasis	Sincelejo	137.970	12.699.810	794.970	103.478	9.524.858	596.228
20	Los Corazones	Valledupar	1.189.170	19.282.950	1.202.310	891.878	14.462.213	901.733

Fuente: Datos adaptados de ETEISA, 2006

Los resultados obtenidos para los 20 rellenos sanitarios analizados, indican que existe un potencial de generación de metano de alrededor de 48,8 millones de m<sup>3</sup> para el año base 2006; lo cual obedece a un promedio anual de 2,5 millones y 788,8 millones de m<sup>3</sup> para el año 2021. Finalmente, el estudio concluye que la magnitud en las reducciones de emisiones que puedan evitarse, dependerá de la facilidad con que los sitios de disposición final puedan mejorar su capacidad de recolección y quema de biogás, lo que, a su vez, depende de los incentivos existentes en el sector para esta actividad, algunos de los cuales se podrían obtener con la participación en el MDL.





# GLOSARIO

---

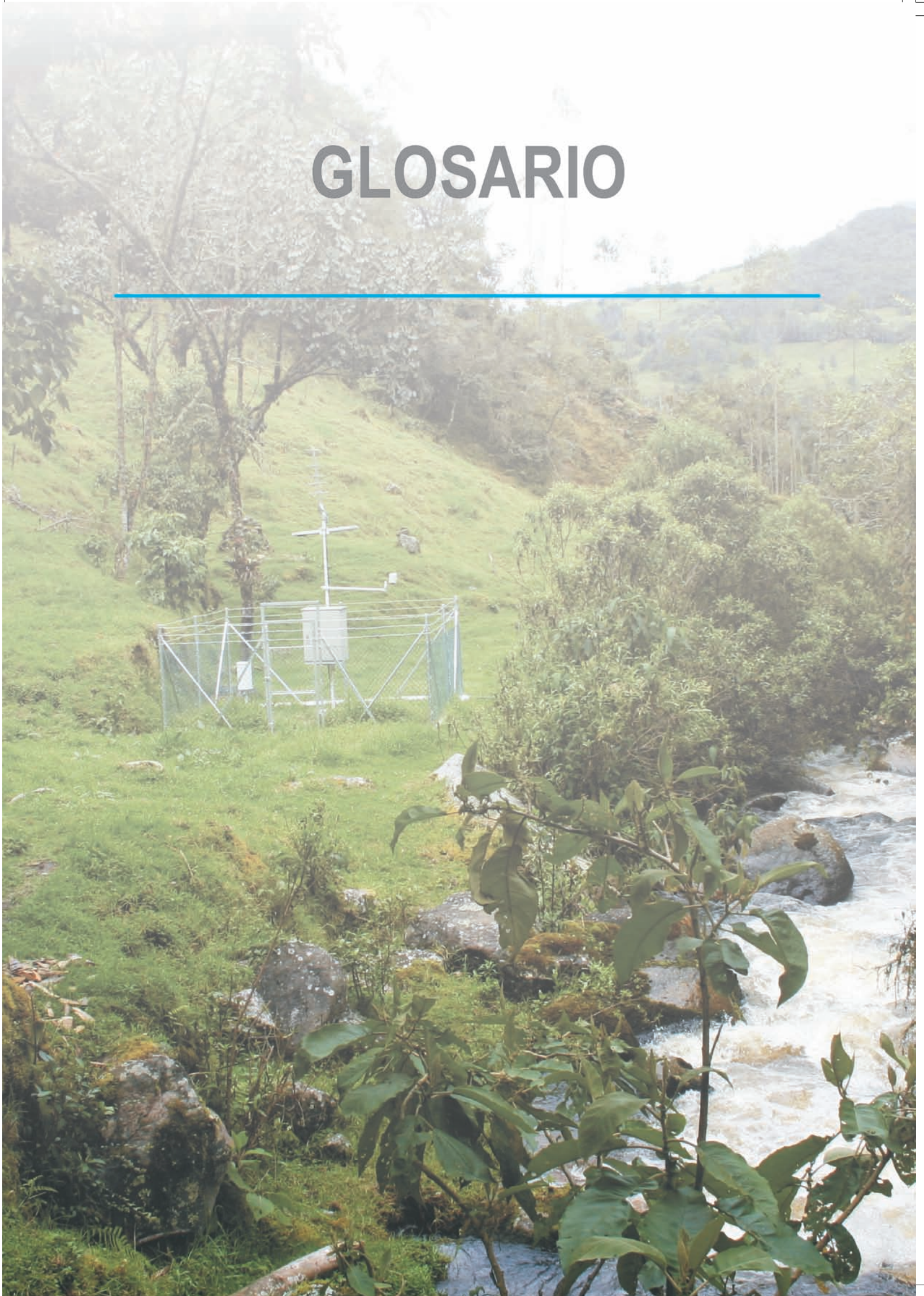
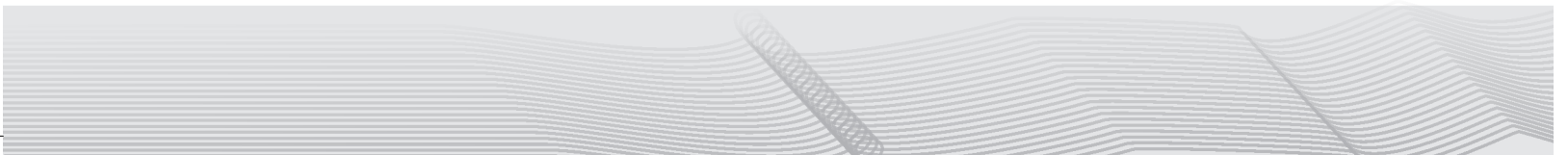




Foto Portada Glosario: Quebrada Calostros, La Calera. Mauricio Cabrera. 2010.



## GLOSARIO

El presente glosario presenta diferentes términos, tal como los autores y comunidad científica desean que se interpreten en la Segunda Comunicación Nacional ante la CMNUCC.

Las palabras en *cursiva* denotan que el término aparece adicionalmente definido en otra parte de este glosario.

**Adaptación:** Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas. Cabe distinguir varios tipos de adaptación, en particular la anticipatoria, la autónoma y la planificada (IPCC, 2007a).

**Adaptación anticipadora:** Se produce antes de que se observen impactos del cambio climático. También se denomina adaptación pro-activa.

**Adaptación autónoma:** No constituye una respuesta consciente a los estímulos climáticos, sino que es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales y cambios en el mercado o el bienestar en los sistemas humanos. También se denomina adaptación espontánea.

**Adaptación planificada:** Resulta de una decisión política deliberada, basada en la comprensión de que las condiciones han cambiado o están por cambiar y de que se requieren medidas para volver a un estado deseado, mantenerlo o lograrlo

**Adaptación reactiva:** Se produce después de haberse observado los impactos del cambio climático (IPCC, 2007a).

**Aerosoles:** Conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en el aire, con un tamaño comprendido entre: 0,01  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ , las cuales permanecen en la atmósfera durante varias horas o días. Los aerosoles pueden ser de origen natural o *antropógeno*. Pueden influir en el clima directamente, dispersando y absorbiendo radiación, o indirectamente, actuando como núcleos de condensación para la formación de nubes o modificando las propiedades ópticas y el periodo de vida de las nubes (IPCC, 2007).

**Albedo:** Medida del poder reflector de una superficie como fracción de la radiación incidente (total o monocromática) que es reflejada por aquella (IPCC, 2007a).

**Amenaza:** Peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa y puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura y los bienes y servicios. Es un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido (PREDECAN, 2008).

**Análisis de Riesgo:** En su forma más simple, es el postulado de que el riesgo resulta de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económica y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio y con referencia a grupos o unidades sociales y económicas particulares. Análisis de amenazas y de vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes. Un análisis de vulnerabilidad es imposible sin un análisis de amenazas, y viceversa (PREDECAN, 2008).



- Antropógeno:** También denominado antrópico. Es el resultado de las actividades del ser humano o producido por éste.
- Bioma:** Uno de los principales elementos regionales de la biósfera, claramente diferenciado, generalmente constituido por varios ecosistemas (bosques, ríos, estanque, pantanos, etc.) de una misma región con condiciones climáticas similares. Los biomas están caracterizados por determinadas comunidades vegetales y animales típicas (IPCC, 2007a). Para Colombia se identifican tres grandes biomas definidos por Walter (1985; en Ideam *et al.*, 2007), como ambientes uniformes pertenecientes a un zobioma, orobioma o pedobioma: gran bioma del desierto tropical, gran bioma del seco tropical y gran bioma del bosque húmedo tropical. (Ideam *et al.*, 2007)
- Biomasa:** Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; el material vegetal recientemente muerto suele estar conceptualizado como biomasa muerta. La cantidad de biomasa se expresa mediante su peso en seco o mediante el contenido de energía, de carbono o de nitrógeno (IPCC, 2007a).
- Caloría:** Una caloría equivale a la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14,5 a 15,5 °C. Equivale a: 4,186 joules; 3,968 • 10<sup>-3</sup> Btu; 1,163 • 10<sup>-6</sup> kWh; 4,186 • 10<sup>7</sup> ergios (ALEMANY,1986).
- Cambio climático:** Según el uso de este término en el IPCC, se refiere a cualquier cambio climático producido en el tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana. Dicho término difiere del de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde el cambio climático se refiere a un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables (IPCC, 2007a).
- Capacidad adaptativa al cambio climático:** Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los episodios extremos) para mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2007a). También se define como Capacidad adaptativa: Conjunto de capacidades, recursos e instituciones que permitirían a un país o a una región implementar medidas de adaptación eficaces (IPCC, 2008).
- Certificados de Reducción de Emisiones (CER):** Es el compromiso de eliminar en un proyecto determinada cantidad de gases efecto invernadero por medio de la implementación de mecanismos de desarrollo limpio (MDL). Los CER pueden ser vendidos a los países que tienen obligaciones de reducir la emisión de carbono, como los firmantes del Protocolo de Kioto.
- CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés). Fue adoptada en Nueva York, el 9 de mayo de 1992 y firmada ese mismo año en la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro) por más de 150 países más la Comunidad Europea. Su objetivo último es la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el *sistema climático*. La Convención entró en vigor en marzo de 1994 (IPCC, 2007a).
- Dato de actividad:** Dato sobre la magnitud de las actividades humanas que dan lugar a las emisiones o absorciones que se producen durante un período de tiempo determinado.
- DBO:** Demanda biológica de oxígeno. Cantidad de oxígeno consumido por la materia orgánica en aguas residuales durante la descomposición.
- DBO<sub>5</sub>:** Demanda biológica de oxígeno, con prueba de cinco días, expresada en miligramos por litro.
- Desarrollo sostenible:** Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender a sus propias necesidades (IPCC, 2007a).
- Desastre:** Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, social-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada (PREDECAN, 2008).

- Desertificación:** Es la degradación de tierras en condiciones áridas, semiáridas y subhúmedas secas a causa de diversos factores, en particular por las variaciones climáticas y las actividades humanas. La Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (CNULD) define la degradación de la tierra como la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra por una combinación de procesos, incluidos los resultantes de las actividades humanas, tales como: 1) erosión del suelo causada por el viento y/o agua; 2) deterioro de las propiedades fisicoquímicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo; y 3) pérdida duradera de la vegetación natural (IPCC, 2007a).
- Desierto:** Región de muy bajos niveles de precipitación, entendiéndose generalmente por ello un valor inferior a 100 mm de precipitación en el año (IPCC, 2007a).
- Ecosistema:** Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional materializada en un territorio, la cual se caracteriza por presentar homogeneidad en sus condiciones biofísicas y antrópicas (IAvH, 2003 citado por Ideam et al, 2007)
- Escenario climático:** Representación plausible y en ocasiones simplificada del clima futuro, sobre la base de una serie intrínsecamente coherente de relaciones climatológicas, elaborada para ser expresamente utilizada en la investigación de las posibles consecuencias de los cambios climáticos antropógenos y que suele utilizarse como instrumento auxiliar para la elaboración de modelos de impacto. Las proyecciones climáticas sirven a menudo como materia prima para la creación de escenarios climáticos, pero éstos suelen requerir información adicional, como datos sobre el clima observado en la actualidad (IPCC, 2007).
- Escenarios de emisiones:** Desarrollados en Nakicenovic and Swart (2000) y utilizados, en particular, como base para algunas de las proyecciones climáticas indicadas en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. Los términos siguientes ayudarán a comprender mejor la estructura y la manera en que se utiliza el conjunto de escenarios IE-EE:
- **Familia de escenarios:** Escenarios con líneas argumentales demográficas, sociales, económicas y técnicas similares. El conjunto de escenarios IE-EE está integrado por cuatro familias de escenarios, denominadas A1, A2, B1 y B2.
  - **Escenario ilustrativo:** Escenario que tipifica alguno de los seis grupos de escenarios referidos en el Resumen para responsables de políticas de Nakicenovic and Swart (2000). Contiene cuatro escenarios testimoniales revisados para los grupos de escenarios A1, A2, B1 y B2 y dos escenarios adicionales para los grupos A1FI y A1T. Todos los grupos de escenarios son igualmente consistentes.
  - **Escenario testimonial:** Borrador de escenario insertado originalmente en el sitio web del IE-EE para representar una familia de escenarios dada. Su selección se determinó en función de las cuantificaciones iniciales que mejor reflejaban la línea argumental y las particularidades de determinados modelos. Los escenarios testimoniales no son más verosímiles que otros escenarios, pero el equipo de redacción del IE-EE los consideró ilustrativos de determinada línea narrativa. Figuran, en versión revisada, en Nakicenovic and Swart (2000). Estos escenarios fueron meticulosamente analizados por todo el equipo de redacción y mediante el proceso abierto del IE-EE. Se seleccionaron también escenarios ilustrativos de los otros dos grupos de escenarios (IPCC, 2008).
  - **Línea argumental:** Descripción textual de un escenario (o familia de escenarios) que expone sus principales características, las relaciones entre las principales fuerzas dinamizantes y la dinámica de su evolución.
- Estrés hídrico:** Se dice que un país padece estrés hídrico cuando la cantidad de agua dulce disponible en comparación con el agua que se extrae constriñe de manera importante el desarrollo. En las evaluaciones de escala mundial, se considera frecuentemente que una cuenca padece estrés hídrico cuando su disponibilidad de agua por habitante es inferior a 1.000 m<sup>3</sup>/año (en base al promedio de la escorrentía por largos períodos). Un indicador de estrés hídrico utilizado también en ocasiones es un volumen de detracción de agua superior al 20% del agua renovable disponible. Un cultivo experimenta estrés hídrico cuando la cantidad de agua

disponible en el suelo, y por ende la evapotranspiración real, son menores que la demanda de evapotranspiración potencial (IPCC, 2008).

**Factor de emisión:** Coeficiente que relaciona las emisiones reales con los datos de actividad como tasa estándar de emisión por unidad de actividad. También se define como: Coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones. Los factores de emisión se basan a menudo en una muestra de datos sobre mediciones, calculados como promedio para determinar una tasa representativa de las emisiones correspondientes a un determinado nivel de actividad en un conjunto dado de condiciones de funcionamiento (*Directrices del IPCC, versión revisada en 1996*).

**Fenómeno meteorológico extremo:** Fenómeno meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque hay diversas definiciones de «raro», la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería inferior o superior a los percentiles 10 ó 90 (respectivamente) de la función de densidad de probabilidad (fdp) observada. Por definición, las características de un estado del tiempo extremo pueden variar en función del lugar en sentido absoluto. Un fenómeno extremo, por sí solo, no puede ser atribuido simple y llanamente a un cambio climático antropógeno, ya que hay siempre una probabilidad finita de que haya sucedido de manera natural. Cuando una pauta de actividad atmosférica extrema persiste durante algún tiempo (por ejemplo, durante una estación), puede clasificarse como episodio climático extremo, especialmente si arroja un promedio o un total que es en sí mismo un valor extremo (por ejemplo, sequías o lluvias intensas a lo largo de una estación) (IPCC, 2008).

**Fermentación entérica:** Proceso de la digestión de los herbívoros que genera metano como subproducto.

**Forzamiento radiativo:** Es la medida de la influencia que un factor ejerce en el cambio del balance de la energía entrante y saliente en el sistema atmosférico terrestre y es un índice de la importancia del factor como mecanismo potencial del cambio climático. El forzamiento positivo tiende a calentar la superficie, mientras que el negativo tiende a enfriarla. Sus unidades son:  $W m^{-2}$  (IPCC, 2007).

**Gg:** Gigagramo; unidad de medida de masa equivalente a mil millones de gramos. Véase cuadro del capítulo 2, Visión general del inventario de GEI, donde se encuentran otras equivalencias.

**Impactos (de un cambio climático):** Efectos de un cambio climático sobre los sistemas humanos y naturales (IPCC, 2008). Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales:

- **Impactos potenciales:** Todo impacto que podría materializarse si sobreviniera un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación.
- **Impactos residuales:** Impactos del cambio climático que sobrevendrían después de una adaptación.

**Incertidumbre:** Expresión del grado de desconocimiento de un determinado valor (por ejemplo, el estado futuro del sistema climático). Puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible. Puede reflejar diversos tipos de situaciones, desde la existencia de errores cuantificables en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una proyección incierta de la conducta humana. Por ello, la incertidumbre puede representarse mediante valores cuantitativos (por ej. en intervalos de valores calculados por diversos modelos), o mediante asertos cualitativos (que reflejen por ej. una apreciación de un equipo de expertos) (IPCC, 2007a).

Cuando se evalúa en términos cualitativos, la incertidumbre permite hacerse una idea relativa del volumen y calidad de la evidencia (es decir, de la información obtenida de teorías, observaciones o modelos con respecto al carácter verdadero o válido de una convicción o de una proposición) y del nivel de concordancia (es decir, del grado de coincidencia de las publicaciones científicas acerca de una conclusión determinada). Éste es el planteamiento adoptado por el Grupo de Trabajo III (GTIII), con base en una serie de términos descriptivos: nivel de concordancia alto, evidencia abundante; nivel de concordancia alto, nivel de evidencia medio; nivel de concordancia medio, nivel de evidencia medio; etc.

Cuando la incertidumbre se evalúa en términos más cuantitativos, en base a un criterio experto sobre el grado de validez de los datos, modelos o análisis de los que se ha partido,

se utiliza la escala de niveles de confianza siguiente para expresar hasta qué punto se considera que una conclusión es correcta: grado de confianza muy alto (como mínimo 9/10); grado de confianza alto (en torno a 8/10); grado de confianza medio (5/10); grado de confianza bajo (2/10); y grado de confianza muy bajo (< 1/10). Cuando la incertidumbre de determinados resultados se evalúa mediante el criterio de expertos y mediante un análisis estadístico de una serie de evidencias (por ejemplo, observaciones o resultados de modelos), se utilizan los tramos de probabilidad siguientes para expresar la verosimilitud conjeturada de un suceso: virtualmente cierto (>99%); extremadamente probable (>95%); muy probable (>90%); probable (>66%); más probable que improbable (>50%); aproximadamente tan probable como improbable (33% a 66%); improbable (<33%); muy improbable (<10%); extremadamente improbable (<5%); excepcionalmente improbable (<1%). El GTII ha efectuado evaluaciones mixtas de confianza y de probabilidad, mientras que el GTI ha realizado principalmente evaluaciones de probabilidad (IPCC, 2008).

- MDL:** Mecanismo de Desarrollo Limpio. El MDL permite ejecutar proyectos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en los países que siendo signatarios del PK de la CMNUCC, no tienen asignados objetivos de emisión en virtud de ese Protocolo (Ideam et al., 2007).
- Mitigación:** Intervención humana destinada a reducir las fuentes o intensificar o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2007). Intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático (IPCC, 2007a).
- Modelo climático:** Representación numérica del estado del sistema climático, basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroefecto, que recoge todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático se puede representar mediante modelos de diverso grado de complejidad; en otras palabras, para cada componente o conjunto de componentes, es posible identificar un espectro o jerarquía de modelos que difieren en aspectos tales como el número de dimensiones espaciales, el grado en que aparecen representados los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de *parametrizaciones* empíricas (IPCC, 2007).
- OECD:** Organización para la cooperación económica y el desarrollo, por sus siglas en inglés (*Organisation for economic cooperation and development*). Incluye 30 países miembros (THE WORLD BANK, 2009).
- Parametrización:** En un modelo climático, es la técnica utilizada para representar procesos que no es posible resolver explícitamente como consecuencia de la resolución espacial o temporal del modelo (procesos a escala de subretícula), mediante relaciones existentes entre el flujo a mayor escala resuelto por el modelo y el efecto promediado en área a lo largo del tiempo, de tales procesos a escala subreticular (IPCC, 2007).
- ppm:** Partes por millón. Es la relación del número de moléculas de gas de efecto invernadero respecto al número total de las moléculas de aire seco. Ej.: 300 ppm equivale a decir 300 moléculas de GEI por millón de moléculas de aire seco.
- Predicción climática:** Una predicción climática o un pronóstico climático es el resultado de un intento de obtener una estimación de la evolución real del clima en el futuro, por ejemplo a escala de tiempo estacionales, interanuales o más prolongadas. Como la evolución futura del sistema climático puede ser muy sensible a las condiciones iniciales, estas predicciones suelen ser probabilísticas (IPCC, 2007a). Estadísticamente, aunque el problema de predicción es conceptualmente distinto del de estimación, ambos se resuelven con los mismos principios. En la estimación se trata de obtener una función de los valores muestrales que esté cerca, en promedio de un parámetro desconocido pero fijo. En predicción el valor desconocido a prever es variable, al ser una variable aleatoria, y la muestra es fija (IPCC, 2008).
- Protocolo de Kioto:** El Protocolo de Kioto (PK) fue adoptado en 1997, en Kioto, Japón, en el 3<sup>er</sup> periodo de sesiones de la COP de la CMNUCC. Contiene los compromisos jurídicamente vinculantes que vienen a sumarse a los contenidos en la CMNUCC. Los países señalados en el Anexo B del PK (la mayoría de los países de la Organización de cooperación y desarrollo económicos (OCDE) y los países de economía de transición acordaron reducir entre 2008 y 2012, sus emisiones antropógenas de GEI, en un 5% como mínimo respecto a los niveles de 1990. El PK entró en vigor el 16 de febrero de 2005 (IPCC, 2007a).



<b>Proyección:</b>	Evolución potencial de una cualidad o de un conjunto de magnitudes, frecuentemente calculada con la ayuda de un modelo. Las proyecciones se diferencian de las <i>predicciones</i> , en que las primeras están basadas en determinados supuestos (por ej., sobre el futuro socioeconómico y tecnológico, que podrían no cumplirse) y por consiguiente adolecen de un grado de <i>incertidumbre</i> considerable (IPCC, 2007a).
<b>Proyección climática:</b>	Proyección de la respuesta del <i>sistema climático</i> a diversos escenarios de emisiones o de concentraciones de gases y aerosoles de efecto invernadero, o a escenarios de <i>forzamiento radiativo</i> , frecuentemente basada en simulaciones mediante modelos climáticos. La diferencia entre proyecciones climáticas y <i>predicciones climáticas</i> , estriba en que las primeras dependen absolutamente del escenario de emisiones (concentraciones, <i>forzamiento radiativo</i> utilizado) y por consiguiente, de unos supuestos de desarrollo socioeconómico y tecnológico que adolecen de un alto grado de incertidumbre (IPCC, 2007a).
<b>Reducción de escala:</b>	Método consistente en extraer información en escalas local a regional (de 10 a 100 km) de modelos o análisis de datos de mayor escala. Existen básicamente dos métodos: el dinámico, y el empírico/estadístico. El método dinámico está basado en los resultados de modelos climáticos regionales, de modelos mundiales con resolución espacial variable, o de modelos mundiales de alta resolución. El método empírico/estadístico está basado en el desarrollo de relaciones estadísticas que vinculen las variables atmosféricas de gran escala con las variables climáticas de escala local/regional. En todos los casos, la calidad del producto obtenido dependerá de la calidad del modelo utilizado (IPCC, 2008).
<b>Resiliencia:</b>	Capacidad del sistema social o ecológico de absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de auto-organización ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio (IPCC, 2007a).
<b>Retroefecto climático:</b>	Mecanismo de interacción entre procesos del sistema climático en virtud del cual el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, influye en el proceso inicial. Un retroefecto positivo intensifica el proceso original, mientras que un retroefecto negativo lo reduce (IPCC, 2008). También se utiliza el término retroefecto como realimentación.
<b>Sensibilidad:</b>	Grado en que un sistema resulta afectado positiva o negativamente por la <i>variabilidad</i> o el <i>cambio climático</i> . Los efectos pueden ser directos (por ej.: una variación del rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperatura o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (por ej.: los daños causados por un aumento de la frecuencia de las inundaciones costeras como consecuencia del aumento del nivel del mar) (IPCC, 2007a).
<b>Sequía:</b>	En términos generales, la sequía es una «ausencia prolongada o insuficiencia acentuada de precipitación», o bien una «insuficiencia que origina escasez de agua para alguna actividad o grupo de personas», o también «un período de condiciones meteorológicas anormalmente secas suficientemente prolongado para que la ausencia de precipitación ocasione un serio desequilibrio hidrológico» (Heim, 2002). La sequía ha sido definida en términos diversos. La sequía agrícola se evidencia en el déficit de humedad existente en el metro más externo de espesor del suelo (la zona radicular), que afecta a los cultivos; la sequía meteorológica se manifiesta principalmente en un déficit prolongado de precipitación; y la sequía hidrológica se caracteriza por un caudal fluvial o por un nivel de lagos y aguas subterráneas inferior a los valores normales. Las mega-sequías son sequías prolongadas y extensas que duran mucho más de lo normal, generalmente un decenio o más (IPCC, 2008).
<b>Sistema climático:</b>	Está compuesto por cinco componentes principales (atmósfera, hidrosfera, criosfera, superficie terrestre -geosfera- y biosfera) y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de los forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones del comportamiento solar, y de los forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio en el uso de la tierra (IPCC, 2007)
<b>Sistema dinámico:</b>	Proceso o conjunto de procesos cuya evolución en el tiempo está regida por un conjunto de leyes físicas determinísticas. El sistema climático es un sistema dinámico (IPCC, 2007).
<b>Sumidero:</b>	Todo proceso, actividad o mecanismo que sustrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de cualquiera de ellos (IPCC, 2007).

**Tasas de emisiones de otros gases:** Las tasas de los compuestos de carbono son la masa de carbono liberada como CH<sub>4</sub> ó CO (en unidades de C) con respecto a la masa total de carbono liberado por combustión (en unidades de C). La emisión de compuestos de nitrógeno se expresa como nitrógeno liberado en forma de N<sub>2</sub>O y NOx en relación con el contenido de nitrógeno del combustible (en unidades de N).

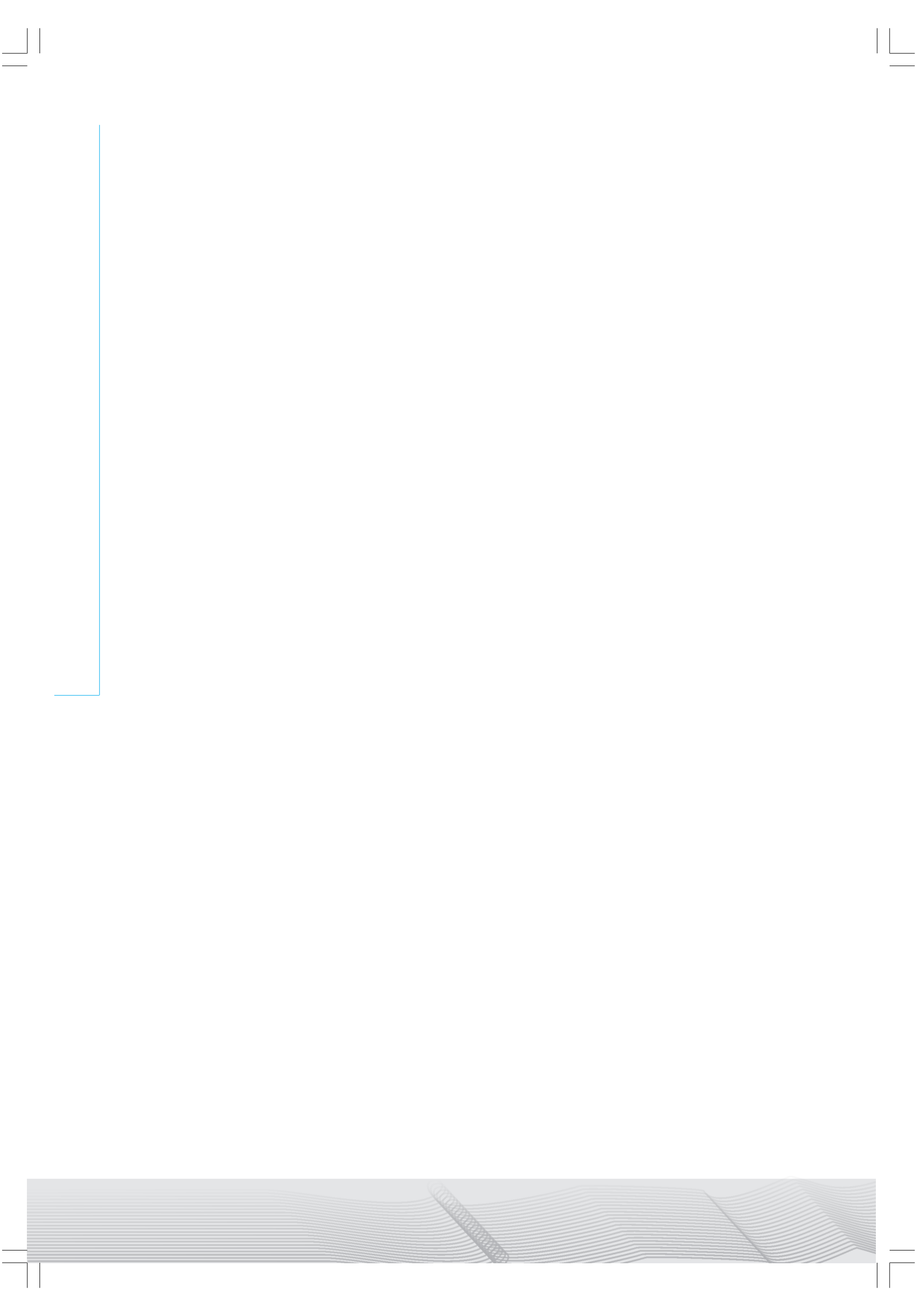
**Teracaloría:** Unidad de energía que equivale a un billón de calorías.

**TJ:** Unidad de energía, significa terajulio o terajoule. Equivalen a un billón de julio o joules (10<sup>12</sup> J).

**Uso del Suelo y cambio de uso del suelo:** El término hace referencia al conjunto de disposiciones, actividades e insumos (actividades humanas) adoptadas para cierto tipo de cobertura terrestre. Este término se utiliza también en el sentido de los fines sociales y económicos que persigue la gestión de los suelos (pastoreo, extracción y conservación de madera). Un cambio de uso del suelo es un cambio del uso o gestión del mismo por los seres humanos, que puede originar una modificación de la cubierta terrestre. Las modificaciones de la cubierta terrestre y del uso del suelo pueden afectar el albedo de la superficie terrestre, la evapotranspiración, las fuentes y sumideros de GEI o a otras propiedades del sistema climático y pueden producir por consiguiente, un forzamiento radiativo y/u otros efectos sobre el clima en diferentes escalas. En el documento se adoptó el término suelo que es equivalente a tierra, con el fin de mantener el acrónimo en español (IPCC, 2007a).

**Variabilidad climática:** Hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, coeficiente de variación, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (Var. Interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o *antropógeno* (Var. Externa). Véase *cambio climático* (IPCC, 2007a).

**Vulnerabilidad:** Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación (IPCC, 2007a).



## BIBLIOGRAFÍA

1. ALEMANY de, Catalá. (1986). Diccionario de Meteorología. [Ed.] C. Coello. Madrid: Alhambra S.A. 270 p.
2. HEIM, R.R. (2002). A review of twentieth century drought indices used in the United States. Bull. Am. Meteorol. Soc.
3. IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI & IIAP (2007). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales; Instituto Geográfico Agustín Codazzi; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés; Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi; Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann.
4. IPCC. (2007). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2007: Base de ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Cuarto Informe de Evaluación de IPCC. [Ed.] Solomon, D., Quin, D., Manning, Z., Marquis, M., Avery, K., Tignor, M. y Miller H. Cambridge, U. K. & N. Y. USA. : Cambridge, University. 114 p.
5. IPCC. (2007a). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2007. Impacto, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC. [Ed.] Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., Linden, v der P. y Hanson, C. Cambridge, R. U.: Cambridge, University Press. 153 p.
6. IPCC. (2008). Bates, B. C.; Kundzewicz, Z. W.; Wu, S. y Palutikof, J. P. [Eds.]. El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Unidad Técnica de Apoyo al Grupo de Trabajo II, Secretaría del IPCC, Ginebra, Suiza: IPCC. 224 p. Recuperado en abril de 2010, de: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>
7. PEÑA-SANCHEZ de RIVERA, D. (1991). *Estadística. Modelos y métodos*. Vol. 1. Fundamentos. Segunda edición. Madrid: Alianza Editorial S.A. 571 p.
8. PREDECAN. (2008). Agenda Estratégica para el Fortalecimiento de la Gestión del Riesgo en Colombia. Glosario. Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina. 55 p. Documento para discusión. Recuperado en febrero de 2010, de: <http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/r1/agendas/AgEstraPrelimCol.pdf>.
9. THE WORLD BANK. (2009). World Development Indicators 2009. Washington: WB. 434 p.



