

Colombia
Primera Comunicación Nacional
ante la Convención Marco de
las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Colombia
Primera Comunicación Nacional
ante la Convención Marco de
las Naciones Unidas sobre Cambio Climático



Bogotá, Colombia 2001

© 2001 Colombia, Primera Comunicación Nacional
ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM

Carlos Castaño Uribe
Director General

Adriana Soto Carreño
Coordinación general del estudio y la edición

Cristina Botero
Coordinadora Administrativa

Producción Editorial

Dirección y Producción de esta edición
Luis Horacio López Domínguez y Asociados

Diseño y diagramación
Alejandro Ospina
Sandra Lara

Revisión de textos y digitación
Hugo González
H. Alejandro Sánchez
Juan Luis Andrés López
Alexander Siabatto Ladino

Cartografía digital
Subdirecciones IDEAM, sobre base cartográfica del IGAC, impresión en escala 1:800.000

Preprensa
Taller editorial ad hoc, sobre archivos digitales y gráficos preliminares del IDEAM

Esta impresión es una edición revisada de la preliminar del 13 de diciembre de 2001

ISBN
958-8067-04-9

Impreso en Colombia - Printed in Colombia

ADVERTENCIA

Esta edición tiene en su origen carácter colectivo y contó con el aporte de numerosos investigadores individuales y de entidades públicas y privadas que se relacionan en otro apartado. El IDEAM actúa en su condición de Editor General de la Comunicación Nacional, pero los juicios e ideas no son de su entera responsabilidad. Se puede citar parcialmente invocando la fuente y previa autorización del Editor.

Los autores

JUAN CARLOS ALARCÓN	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
GERMÁN ANDRADE	MARINAS Y COSTERAS - INVEMAR
JUAN GONZALO ARANGO	OMAR JARAMILLO
LUIS BARRETO	ROMÁN KHOLOSTYAKOV
HENRY BENAVIDES	PABLO LEYVA
NÉSTOR BERNAL	JORGE MANRIQUE
CESAR BUITRAGO	NÉSTOR MARTÍNEZ
CLAUDIA CANO	ZAKIK MURILLO
IRINA CÁRDENAS	DAVID OJEDA
MARÍA CECILIA CARDONA	JOSÉ MIGUEL OROZCO
CARLOS CASTAÑO URIBE	JOSÉ DANIEL PABÓN
JORGE LUIS CEBALLOS	JULIA ESPERANZA PARDO
JEFFER CHAPARRO	SANDRA PÉREZ
RODRIGO CHAPARRO	EUGENIA PONCE
MARÍA PATRICIA CUERVO	FABIO AURELIO RIVAS
HENRY CUEVAS	KIM ROBERTSON
EFRAÍN DOMÍNGUEZ	JAVIER RODRÍGUEZ
CHRISTIAN EUSCÁTEGUI	MARIELA RODRÍGUEZ
FUNDACIÓN BICOLOMBIA	MARÍA LUCIA ROSAS
LILIANA GAMBA	ESTEBAN ROZO
BERNARDO GARCÍA	GABRIEL SILDARRIAGA
MARÍA CLAUDIA GARCÍA	ADRIANA SOTO
MARTHA GARCÍA	OSCAR SUÁREZ
ENRIQUE GARZÓN	THOMAS VAN DER HAMMEN
CARLOS GÓMEZ	GERMÁN VARGAS
HILDA GUTIÉRREZ	LUZ DARY YEPES

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

El IDEAM fue creado en 1994 con la misión de generar conocimiento y producir y suministrar datos e información ambiental, además de realizar estudios, investigaciones, inventarios y actividades de seguimiento y manejo de la información que sirvan para fundamentar la toma de decisiones en materia de política ambiental y para suministrar las bases para el ordenamiento ambiental del territorio, el manejo, el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales biofísicos del país.

El IDEAM es un establecimiento público de carácter nacional adscrito al
Ministerio del Medio Ambiente



JUNTA DIRECTIVA

Juan Mayr Maldonado
Ministro del Medio Ambiente
Presidente

MIEMBROS

Elizabeth Grijalba de Rodado
Representante del señor Presidente de la República

Eduardo Pizano De Narváez
Ministro de Desarrollo Económico

Manuel Rodríguez Becerra
Representante del Consejo Nacional de
Ciencia y Tecnología

José Luis Ramírez Sánchez
Representante de las Corporaciones Autónomas Regionales

DIRECTIVOS

Carlos Castaño Uribe
Director General

Jerónimo Rodríguez
Secretario General

José Daniel Pabón
Subdirector de Meteorología

Martha García
Subdirectora de Hidrología

Mauricio Rincón
Subdirector de Geomorfología y Suelos

David Ojeda
Subdirector de Ecosistemas

Patricia Falla
Subdirectora de Población y Asentamientos Humanos

César Buitrago
Subdirector de Ecología Económica

Agustín Salazar
Subdirector Administrativo y Financiero

Adriana Soto
Jefe de la Oficina de Cambio Global

Mariela Rodríguez
Jefe de la Oficina de Ciencia y Tecnología

Javier Rodríguez
Jefe de la Oficina de Etnias y Culturas

Patricia Parada
Jefe de la Oficina de Documentación y Divulgación

Marco Antonio Dávila
Jefe de la Oficina de Informática y Telecomunicaciones

Ricardo Carrillo
Jefe de la Oficina de Planeación

Guillermo Camelo
Jefe de la Oficina de Control Interno

Agradecimientos

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, quiere agradecer de manera especial el apoyo e información prestados por:



Al Fondo para el Medio Ambiente Mundial, FMAM, por su apoyo financiero para la realización de este documento y al Programa de las Naciones para el Desarrollo, PNUD.

Así mismo el IDEAM agradece a las siguientes entidades y personas:

Por la información aportada

ACADEMIA DE CIENCIAS NATURALES FÍSICAS Y EXACTAS • ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE REFORESTADORES - ACOFORE • CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN FORESTAL - CONIF • ASOCIACIÓN DE CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y AMBIENTALES -ASOCARS • ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE CAÑA DE AZÚCAR - ASOCAÑA • ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES - ANDI • CENTRO DE ESTUDIOS GANADEROS - CEGA • CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR - CENICAÑA • CENTRO DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ - CENICAFE • CENTRO DE INVESTIGACIONES EN PALMA DE ACEITE - CENIPALMA • CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT • CORPORACIONES AUTÓNOMAS REGIONALES Y AMBIENTALES - CARS • DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE ESTADÍSTICA - DANE • DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL • DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION - DNP • DIVISIÓN DE CENSOS Y DE INFORMACIÓN GEOESTADÍSTICA DEL DANE • EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS - ECOPETROL • EXXONMOBIL DE COLOMBIA • FEDERACIÓN DE PRODUCTORES DE ARROZ - FEDEARROZ • FEDERACIÓN DE PRODUCTORES DE PALMA AFRICANA - FEDEPALMA • FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES - FENAVI • FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS • FEDERACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE PAPA - FEDEPAPA • FUNDACIÓN BIOCOLOMBIA • GRUPO DE MODELACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE, CENICAÑA Y CORPOICA • INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO - ICPC • INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL • INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS - ALEXANDER VON HUMBOLDT • INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERÍA Y QUÍMICA - INGEOMINAS • INSTITUTO GEOGRÁFICO AUGUSTÍN CODAZZI • INSTITUTO NACIONAL DE SALUD • MAX PLANCK INSTITUTE FOR METEOROLOGIE - MPI, AND DEUTSCHES KLIMARECHENSENZENTRUM - DKRZ • MINISTERIO DE AGRICULTURA • MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR • MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO • MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE • MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA • MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA • MINISTERIO DE TRANSPORTE • MINISTERIO DE RELACIONES EXTERIORES • NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH - NCAR • NATIONAL OCEAN AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA • ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN - FAO • PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO - IPCC • PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL • PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO - PNUD • SUBDIRECCIÓN DE GEOGRAFÍA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO AUGUSTÍN CODAZZI • SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS • TERPEL DE LA SABANA • TEXACO DE COLOMBIA • UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA - UPME • UNIDAD EJECUTIVA DE SERVICIOS PÚBLICOS BOGOTÁ D.C. • UNIVERSIDAD DE LOS ANDES - CITEC • UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS • UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER - CEIAM • UNIVERSIDAD JAVERIANA - IDEADE • UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Por la información y valioso apoyo

LILIANA ABELLO • DAVID ALONSO • CARLOS ANDRADE • MARIA ALEJANDRA ANZOLA • GLORIA ARANGO • LUIS ENRIQUE ARANGO • FRANCISCO ARIAS • IVAN JAVIER ARREDONDO • CESAR BARBOSA • HENRY BENAVIDES • NÉSTOR BERNAL • CRISTINA BOTERO • SANDRA BROWN • JAVIER DARIO BURGOS • ANDRES FELIPE CALDERÓN • CLAUDIA CANO • LUCIANO CARDENAS • CARLOS CASTAÑO URIBE • ANGELA GONZALEZ • PAULO CESAR CARRANZA • IVAN CARVAJAL • DIEGO JAVIER CASTAÑEDA • MARTHA CASTILLO • RODRIGO CHAPARRO • HERNANDO CHIRIVÍ • FRANCISCO CLARO • ISMAEL CONCHA • IVÁN DARIO CORREA • MAGDALENA CORTÉS • MÓNICA CUELLAR • MARCO ANTONIO DÁVILA • FERNANDO DE LA HOZ • LUZ STELLA DE LA TORRE • GONZALO DE LAS SALAS • JORGE IGNACIO DEL VALLE • MIGUEL DIAGO • MARTHA DUARTE • MARTHA LILIANA FONTALVO • JORGE FORERO • CARLOS ENRIQUE GALEANO • BERNARDO GARCÍA • CARLOS GÓMEZ • ANDRÉS GONZÁLEZ • FABIO GONZÁLEZ • MARÍA CARMENZA GONZÁLEZ • YOLANDA GONZÁLEZ • HILDA GUTIERREZ • ZORAIDA GUEVARA • CLAUDIA HERNÁNDEZ • SARAH HERNÁNDEZ • JORGE HERNÁNDEZ (q.e.p.d) • RAFAEL HERRERA • JAIRO HOMEZ • MARÍA HELENA HOYOS • GONZALO HURTADO • GILBERTO JAIMES • CARMEN LACAMBRA • LUIS LASSO • ANDRES LIBARDO • PATSY LIZARAZO • LUIS LLORENTE • LUZ MARELVIS LONDOÑO • OSCAR LOZANO • PILAR LOZANO • JORGE MANRIQUE • GERMAN MÁRQUEZ • RICARDO MATALLANA • MIGUEL MAZORRA • CARMEN MERCADO • EDGAR MONTEALEGRE • GLADYS MORENO • PEDRO MORENO • ALEJANDRO MUÑOZ • SANTIAGO NICHOLLS • MARIELA NIÑO • CLAUDIA OLARTE • CRISTINA OLARTE • JOSÉ MIGUEL OROZCO • JOSÉ DANIEL PABÓN • ESPERANZA PARDO • RUBIELA PARDO • JAVIER PATIÑO • SANDRA PEREZ • CAMILO PINILLA • JORGE PINTO (q.e.p.d) • LUZ MARY PINZÓN • ALEXANDRA PORRAS • HERNÁN PULIDO • DIANA PATRICIA RAMÍREZ • AMPARO RAMOS • NATALIA RICO • MAURICIO RINCÓN • HUMBERTO RODRÍGUEZ • JULIANA RODRÍGUEZ • LISETH RODRÍGUEZ • PAULA ROJAS • ALBA MARINA ROMERO • FERNANDO RUIZ • JUAN GULLERMO Saldarriaga • CARLOS SÁNCHEZ • HELIODORO SÁNCHEZ • JAIRO SÁNCHEZ • SAUL SANTAMARÍA • ROXANA SEGOVIA • PAULA SIERRA • FLOR SIMANCA • JORGE SOLER • ADRIANA SOTO • HENRY TERÁN • MAX TORO • GLORIA TRIANA • JOSÉ VILLE TRIANA • RAQUEL VANEGAS • GERMÁN VARGAS • MARIA PIEDAD VARGAS • MARCELA VARONA • NELSY VERDUGO • MARTHA VIDES • MARCIA VILLAMIL • LUZ DARY YEPES • Por la producción editorial LUIS HORACIO LÓPEZ DOMÍNGUEZ y su equipo ALEJANDRO OSPINA • SANDRA LARA • HUGO GONZÁLEZ • JUAN LUIS LÓPEZ • HUGO ALEJANDRO SÁNCHEZ • ALEXANDER SIABATTO LADINO •

Nota metodológica de esta edición

En el proceso de preparación editorial de esta Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, los textos originales fueron sometidos a un proceso de normalización y revisión estilísticas de las variadas fuentes. En la diagramación gráfica, se buscó depurar los contenidos de aquellas redundancias, repeticiones y registro de datos, sin que los editores puedan sustraerse a nuevos hallazgos. Para el efecto se trató, hasta donde fue factible, homologar las unidades de superficie a hectáreas (ha) y kilohectáreas (kha). Las demás unidades de medida, expresadas en abreviaturas, se ajustaron de acuerdo con las convenciones internacionales. Se ha elaborado para esta edición y orientación del lector, un repertorio de abreviaturas y convenciones.

La cartografía se diseñó en escala 1:500.000 y escala de trabajo 1:800.000 a partir de la base topográfica del IGAC. Se reproducen aquí mapas a escala de 1:8'000.000 y 1:11'000.000.

Una copiosa bibliografía da cuenta de las fuentes legales, investigativas y de informes técnicos, que enriquecieron el aporte de tan numerosos colaboradores.

Bogotá, diciembre de 2001

Estudios e Investigaciones efectuados para esta Comunicación Nacional

A. INVENTARIO NACIONAL DE GEI

1. Metodología para estimar cambios en la biomasa del aérea boscosa para el periodo 1970-1990 y su relación con la emisión y captura de CO₂ en los bosques de la ecorregión de la Serranía de San Lucas y su área de influencia, usando sistemas de información geográfica. María Cecilia Cardona y Juan Carlos Alarcón. Tesis Universidad Nacional (Instituto IDEA) - IDEAM, 2001.
2. Análisis de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) para los sectores de energía, procesos industriales y residuos en Colombia, en el periodo 1990 - 1994. Rodrigo Chaparro y Eunice Nañez, 1997.
3. Proceso metodológico para la estimación de cambios de uso de la tierra y cambios en stock de biomasa boscosa, mediante uso de sistemas de información geográfica y técnicas de teledetección. IDEAM, 2001.
4. Evaluación comparativa del cambio de las formaciones vegetales de L.R. Holdridge (1962) y el mapa de coberturas vegetales (IDEAM, 1996) a nivel cuencas hidrográficas. IDEAM, Abril 1998.
5. Evaluación comparativa del cambio de las formaciones vegetales de L.R. Holdridge (1962) y el mapa de coberturas vegetales (IDEAM, 1996) a nivel municipal. IDEAM, Mayo 1998.
6. Investigación sobre las tasas de fijación de CO₂ en diversos tipos de vegetación del país. IDEAM, 2001.

B. MITIGACION

1. Opciones de Mitigación - Sector energético y sector transporte. Mariela Niño, IDEAM-PNUD, 2001.
2. Acciones realizadas para mitigar las emisiones de GEI en Colombia. María Claudia García, IDEAM -PNUD, 2001.

3. Evaluación de las políticas y estrategias forestales para mitigar el Cambio Climático. José Miguel Orozco, IDEAM-PNUD, 2001.

4. Prospectiva tecnológica industrial de sectores productivos colombianos - Estudio exploratorio. Convenio Especial de Cooperación IDEAM-Universidad Industrial de Santander, 2001.

C. VULNERABILIDAD Y ADAPTACION

1. Vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible Cambio Climático. Hilda Gutierrez. Tesis Universidad Nacional-IDEAM, 2001.

2. Cambio Climático provocado por el incremento de CO₂ en la atmósfera y su incidencia y magnitud en los ecosistemas colombianos. IDEAM-PNUD, FUNDACION BIOCOLUMBIA, 2001.

3. Vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña ante los posibles efectos del Cambio Climático. Thomas Van der Hammen, IDEAM-PNUD, 2001.

4. Evaluación del impacto y medidas de adaptación en salud al Cambio Climático en Colombia. Henry Cuevas M.D., IDEAM-PNUD, 2000.

5. Metodología para la evaluación de la salud humana frente al Cambio Climático. Fabio Aurelio Rivas M.D., IDEAM-PNUD, 2001.

6. Susceptibilidad y amenaza en la zona litoral colombiana (Pacífico y Caribe) frente al ascenso del nivel del mar. Kim Robertson, Nestor Martínez, Omar Jaramillo, IDEAM-PNUD, 2001.

7. La dinámica fluvial y litoral del delta del Magdalena - Bases para un manejo sostenible frente al ascenso del nivel del mar. Nestor Martínez. Tesis Universidad Nacional-IDEAM, 2001.

8. Modelo para la evaluación, monitoreo y seguimiento del impacto ambiental de las actividades agrícolas intensivas sobre suelos colombianos. Carlos Gómez. Tesis Universidad Nacional - IDEAM, 2001.

9. Impactos socioeconómicos ambientales del ascenso del nivel del mar en la isla de San Andrés. Jeffer Chaparro. Omar Jaramillo. Tesis Universidad Nacional - IDEAM, 2000.

10. Informe técnico de la comisión efectuada al volcán nevado Santa Isabel. Jorge Luis Ceballos y Christian Euscategui, IDEAM, 2000.

11. Informe técnico de la comisión efectuada a la Sierra Nevada del Cocuy. Jorge Luis Ceballos y Christian Euscategui, IDEAM, 1998.

12. Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. Convenio IDEAM-UNIVERSIDAD NACIONAL, 1996.

13. Morfodinámica, población y amenazas naturales en la Costa Pacífica Colombiana. Nestor Martínez y Kim Robertson, Convenio IDEAM-UNIVERSIDAD NACIONAL, 1997.

14. Litoral Caribe: morfodinámica y amenazas naturales. Convenio IDEAM-UNIVERSIDAD NACIONAL, 1997.

15. Degradación de suelos y tierras en Colombia por desertificación. Carlos Gómez y Germán Vargas, 2001.

16. Metodología para la evaluación de la sensibilidad de los sectores económicos productivos ante Cambio Climático de origen antrópico. Victor Kovalenko, IDEAM-PNUD, 2001.
17. Metodología para la evaluación de los efectos del Cambio Climático sobre el componente hidrogeológico. Alberto Lobo-Guerrero Uscategui, IDEAM - PNUD, 2001.
18. Proyecciones para el diseño, desarrollo e implementación de modelos matemáticos para el pronóstico de afluencias a embalses hidroeléctricos en la República de Colombia. Efraín Domínguez (Disertación Doctoral Universidad Estatal Hidrometeorológica Rusa), 2001.
19. Tendencias y proyecciones sobre el ascenso del nivel del mar en las costas colombianas. Nota técnica del IDEAM. José Daniel Pabón y Roman Kholostyakov, IDEAM - PNUD, 2001.
20. Tendencias y proyecciones de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. Nota técnica del IDEAM. José Daniel Pabón e Irina Cardenas, IDEAM - PNUD, 2001.
21. Vulnerabilidad y medidas de adaptación al cambio climático de las actividades agrícolas en Colombia. Luz Dary Yepes Rubiano, IDEAM, 2000.

Abreviaturas y convenciones

ACOFORE	Asociación Colombiana de Reforestación
BA	Bosque Andino
BEP/hab.	Barriles Equivalentes de Petróleo/habitante
BEN	Balance Energético Nacional
Bbam	Bosque basal amazónico
BBo	Bosque Basal orinoco
BBp	Bosque Basal pacífico
Bh-PM	Bosque húmedo Premontano
Bmh-PM	Bosque muy húmedo Premontano
Br	Bosque ripario
CEGA	Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas
CCP	Clasificación Central de Productos
CMCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO ₂	Dióxido de carbono
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ECOPETROL	Empresa Colombiana de Petróleos
FAO	Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FEDEARROZ	Fondo Nacional del Arroz
FINAGRO	Fondo para el Financiamiento del Sector Agrario
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Gg	Gigagramos: 10 ⁹ gramos
GWh	Gigawattios - hora
GWP	Potencial de Calentamiento Global
ha	Hectárea (s)
hab/km ²	Habitante por kilómetro cuadrado
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INAT	Instituto Nacional de Adecuación de Tierras
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MW	Megawattios: 10 ⁶ wattios
msnm	metros sobre el nivel del mar
OLADE	Organismo Latinoamericano de Energía
PIB	Producto Interno Bruto
PJ	Petajoule: 10 ¹⁵ joules
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Sar	Sabana arbustiva
SEFC	Sistema Estadístico Forestal de Colombia
SIG	Sistema de Información Geográfico
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SINCHI	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas
SISAC	Servicio de Información del Sector Agropecuario Colombiano
TG	Teragramos: 10 ¹² gramos
TW	Terawattios: 10 ¹² wattios
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPME	Unidad de Planeación Minero Energético
Xa	Xerofitia andina

PRÓLOGO

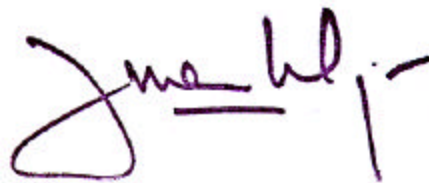
No cabe duda que las actividades asociadas al desarrollo económico, tecnológico, social, político y cultural de la humanidad están afectando el ambiente global. Una buena parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente de dióxido de carbono, son producto de las actividades humanas. La concentración de estos gases en la atmósfera está generando un calentamiento global y un cambio climático. Según la opinión de varios expertos internacionales, para la segunda mitad del siglo XXI habrá un aumento en la temperatura media mundial del aire en superficie en rangos que fluctúan entre 1.4 y 5.8°C con respecto a los valores observados a finales del siglo XX. Este calentamiento podría causar un aumento en el nivel del mar de 14 a 80 cm para esa misma época y afectar los patrones de distribución de la precipitación y otras variables climatológicas. Adicionalmente, la mayor parte de los sistemas naturales así como muchos sistemas humanos sensibles al factor clima y al incremento del nivel del mar, podrían verse considerablemente alterados debido a que no se adaptarían rápidamente al ritmo de cambio de este factor ambiental. El cambio climático es por lo tanto una de las amenazas más serias que atentan contra el bienestar y la salud humana, contra la economía mundial y muchos de los ecosistemas naturales y, finalmente, contra el desarrollo humano sostenible.

Con la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, la comunidad internacional se ha comprometido a estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida efectos peligrosos en el sistema climático. Este nivel debería 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.

Uno de los compromisos asumidos por los países parte en el marco de la Convención es la presentación de Comunicaciones Nacionales. Este tipo de informes es uno de los instrumentos más valiosos para evaluar las emisiones globales y la vulnerabilidad frente al cambio climático. Buena parte de las decisiones que se tomen a nivel internacional estarán fundamentadas por la información que estos documentos provean.

Esta primera Comunicación Nacional de Colombia fue producto de un amplio proceso de consulta coordinado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, que incluyó un número importante de instituciones públicas y privadas quienes le dieron su aprobación técnica. De acuerdo con sus resultados, las emisiones nacionales de dióxido de carbono representan aproximadamente el 0.2% de las globales. Lo anterior demuestra que el país contribuye en una mínima parte al cambio climático. Sin embargo, lo cierto es que nuestro país es vulnerable a los efectos de este fenómeno en las esferas social, económica y ambiental. En las zonas costeras colombianas, el 4% de la población nacional sería altamente vulnerable así como el 75% de las áreas ocupadas por el sector manufacturero y el 49% de los cultivos. La isla de San Andrés desaparecería en un 17%, afectando el área comercial y turística de la isla, así como la infraestructura de transporte. Cerca del 50% del territorio nacional tiene una vulnerabilidad alta frente a cambios en el régimen hídrico generados por el cambio climático. El 8% del país sufriría procesos de desertificación mientras que el 95% de los nevados y el 75% de los páramos (bioma endémico del norte de los Andes) desaparecerían. Los anteriores resultados son preocupantes no solamente en el contexto nacional sino en el internacional si se tiene en cuenta que Colombia cuenta con un área extensa de ecosistemas frágiles que albergan entre el 10 y el 15% de la biodiversidad mundial.

Dada la importancia del análisis y conclusiones de esta primera Comunicación Nacional para responsables de la toma de decisión, el 5 de Diciembre de 2001 el Consejo Nacional Ambiental, máxima instancia de coordinación intersectorial colombiana alrededor de los temas ambientales, le dio su aprobación y respaldo. Con lo anterior, el Consejo resaltó el hecho de que esta Comunicación no es solamente útil en el marco internacional, sino que también es una herramienta fundamental para la elaboración de políticas nacionales y proyectos efectivos que ayuden a mitigar nuestras emisiones y contrarrestar, mediante medidas de adaptación, nuestra vulnerabilidad frente a la amenaza del cambio climático.



JUAN MAYR MALDONADO
Ministro del Medio Ambiente

INTRODUCCIÓN

Uno de los resultados más importantes de la Cumbre sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992 fue la aprobación de tres tratados internacionales jurídicamente vinculantes, entre los cuales se encuentra la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Hasta el momento, cerca de 186 estados hacen parte de la Convención. Colombia la ratificó en 1994. Lo anterior hace que la Convención sea uno de los acuerdos sobre desarrollo sostenible con mayor respaldo político a nivel global.

En la CMNUCC se reconoce que las emisiones de los Gases Efecto Invernadero (GEI) de los países desarrollados han tenido una mayor incidencia en el cambio climático mundial que las de los países no desarrollados. Producto de lo anterior, la Convención establece una serie de obligaciones diferenciadas dependiendo del grado de desarrollo de los países Partes.

Los países del Anexo I (países desarrollados o con economías en transición), en reconocimiento a su mayor grado de responsabilidad histórica y actual frente a las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera, han sido los llamados a liderar las acciones para contrarrestar el fenómeno de cambio climático. Su compromiso implica entre otros, el diseño de una política nacional de reducción o limitación de GEI, la implementación de medidas de mitigación al cambio climático que consideren la disminución de estas emisiones y el mejoramiento de la calidad de sus sumideros. Esta primera aproximación procura lograr los niveles de emisiones de GEI que se tenían en el año 1990.

Los países no Anexo I (países en desarrollo), entre los cuales se encuentra Colombia, no cuentan aún con una meta concreta y obligatoria de reducción de gases efecto invernadero y se les permite incluso un aumento de emisiones, en razón a que se les reconoce su derecho a avanzar en la realización de su modelo desarrollo económico y social. Sin embargo, el hecho de ser los que menos contribuyen al cambio climático, no los salvaguarda de ser los más vulnerables a los efectos de este fenómeno.

Dentro de las obligaciones comunes a todos los países, se encuentra la presentación de un reporte sobre las acciones que desarrollan para cumplir los compromisos adquiridos en el marco de esta Convención. Este reporte recibe el nombre de Comunicación Nacional. En respuesta a los compromisos adquiridos por el país ante la CMNUCC, el Gobierno Nacional encargó al IDEAM la coordinación de la elaboración de la Primera Comunicación Nacional para ser presentada ante el Convenio en Diciembre de 2001. Este informe científico contó con la asistencia financiera del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). También contó con el apoyo técnico de cerca de 70 instituciones privadas y públicas, quienes aportaron valiosa información y participaron en reuniones y talleres para validar los resultados del documento. La Comunicación Nacional fue avalada políticamente el 5 de Diciembre de 2001 en el Consejo Nacional Ambiental, máxima instancia de decisión y coordinación de los temas ambientales colombianos y en el que participan todos los Ministerios así como representantes de la sociedad civil y del sector privado.

Las especificaciones para la presentación de Comunicaciones Nacionales de los países no Anexo 1 fueron aprobadas y perfeccionadas en la segunda y octava reunión de la Conferencia de las Partes, máxima instancia de decisión de la Convención. De acuerdo con lo anterior, esta primera Comunicación de Colombia está dividida en 5 capítulos principales.

El primer capítulo ayuda a contextualizar los resultados de la Comunicación, particularmente los del Inventario y Vulnerabilidad. Para ello se hace una descripción de las condiciones geográficas y climáticas así como de las coberturas vegetales, los ecosistemas, la diversidad biológica colombiana, el recurso hídrico y las condiciones de la población. El contexto nacional también incluye una descripción de la economía colombiana y del marco legal e institucional.

El capítulo 2 contiene el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (GEI) para 1990 y 1994, el cual actualiza el Inventario presentado por Colombia en marzo de 1999, y está basado en las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático -IPCC año 1996. En el Inventario se reportan las emisiones de los tres gases principales de efecto invernadero directo (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) y otros tres de efecto indirecto (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos diferentes al metano) para cinco categorías: energía, procesos industriales, agricultura, cambio en el uso del suelo y disposición de residuos. También se reporta la captura de dióxido de carbono en el módulo de cambio en el uso del suelo, para los años especificados anteriormente.

El capítulo 3 hace un recuento de las acciones realizadas por Colombia, desde 1994 hasta hoy, que de alguna manera contribuyen a mitigar directa o indirectamente los efectos de las emisiones de GEI. En el capítulo 4 se presentan los análisis y resultados de los estudios de vulnerabilidad y las correspondientes medidas de adaptación para zonas costeras e insulares, recurso hídrico, coberturas vegetales, ecosistemas continentales colombianos (bosque húmedo tropical, sabanas, selvas andinas, ecosistemas acuáticos continentales y agroecosistemas), páramos, zonas glaciares, sector agrícola y salud humana.

Finalmente, en el capítulo 5 se hace un recuento de las principales limitaciones encontradas en el proceso de elaboración de la Comunicación Nacional y que de alguna manera incrementan el grado de incertidumbre de los resultados. También se incluyen algunas recomendaciones para mejorar las futuras comunicaciones nacionales.

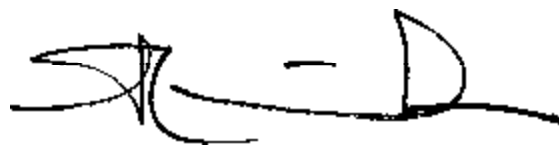
Durante los dos años que duró la elaboración de la Comunicación Nacional, el equipo científico y técnico se esforzó para que los análisis, particularmente los de vulnerabilidad, tuvieran en cuenta toda la compleja diversidad natural y cultural del país. Lo anterior arrojó resultados que muestran por primera vez al país cifras y argumentos contundentes sobre las implicaciones que tiene para nuestro territorio el cambio de las condiciones climáticas y globales. Los efectos en las alteraciones mundiales del régimen climático producirán serias transformaciones en Colombia, particularmente, en una gran cantidad de ecosistemas o biomas endémicos, yendo más allá de las implicaciones previstas desde hace algún tiempo por los científicos para las zonas costeras y litorales. Los análisis determinaron que, hoy por hoy, los ecosistemas de alta montaña (estratos nivales, paramos, subparamos y bosques de niebla) son altamente vulnerables y que no será necesario esperar cambios sustanciales en el clima para que estos desaparezcan. Los efectos indirectos de esto no son menos preocupantes: muchos de estos ecosistemas aportan las mayores concentraciones de biodiversidad del país así como una oferta importante de bienes y servicios ambientales, entre los cuales está principalmente la oferta hídrica de la nación.

Los resultados de esta primera Comunicación Nacional son sin duda un aporte valioso para la toma de decisiones, tanto nacionales como internacionales, que servirán para contrarrestar los efectos adversos del cambio climático. Sin embargo, los retos que deja son igualmente importantes. En primer lugar, son necesarios estudios y aproximaciones más detalladas a las aquí presentadas, para que en el corto plazo se precisen hipótesis y estrategias para poder salvaguardar los ecosistemas más vulnerables en nuestro país y para identificar puntualmente los problemas que están generando y generarán los efectos directos e indirectos del cambio climático sobre la población y sobre el desarrollo económico en Colombia. Lo anterior servirá para que las políticas nacionales de desarrollo y de prevención de desastres incorporen la variable del cambio climático a través de medidas de mitigación y adaptación.

También es indispensable continuar con el ajuste de los modelos para poder entender mejor, incluso frente a los propios compromisos de la Convención, la relación entre las emisiones nacionales y la capacidad de almacenamiento o captura de gases efecto invernadero. La interpretación de los parámetros del IPCC 1996 hacen que las emisiones colombianas sean ostensiblemente mayores a las capturas de nuestras plantaciones y programas de reforestación. Sin embargo, esta relación cambia drásticamente, en proporciones superiores de 4 partes de captura por 1 de emisión, cuando el modelo incorpora el resto de nuestros bosques, nuestros océanos e incluso nuestros agroecosistemas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es indispensable que la Convención de Cambio Climático canalice apoyo y recursos para disminuir la incertidumbre actual de la información base para la elaboración de las Comunicaciones Nacionales y disponga medidas para prevenir y mitigar la vulnerabilidad de nuestros ecosistemas y sus funciones, la de la biodiversidad y la de las poblaciones humanas.

La elaboración de esta primera comunicación nacional ha sido una experiencia importante en la que el país, y en particular el IDEAM, ha aprendido y fortalecido su capacidad. Lo anterior debe verse como un proceso dinámico, que no termina con la entrega de este informe el 15 de Diciembre de 2001. Como se mencionó anteriormente, las futuras comunicaciones nacionales seguramente contribuirán a especificar, mediante análisis más detallados, aquellas áreas de la primera que por el nivel de información existente y la disponibilidad de recursos no alcanzaron a concluirse.



CARLOS CASTAÑO URIBE
Director del IDEAM

Contenido

1 Resumen Ejecutivo

1.1 Circunstancias nacionales	3
1.1.1 Geografía y clima	3
1.1.2 Coberturas vegetales, ecosistemas y diversidad biológica	4
1.1.3 Oferta hídrica	4
1.1.4 Población y desarrollo	4
1.1.5 Aspectos generales de la economía colombiana	5
1.1.6 Marco legal, institucional y político	8
1.2 Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, años 1990 y 1994	9
1.2.1 Emisión y captura de dióxido de carbono (CO ₂)	9
1.2.2 Emisiones en equivalentes de dióxido de carbono	9
1.2.3 Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, años 1990-1994 (Gg)	10
1.3 Acciones realizadas para mitigar las emisiones de GEI en Colombia	12
1.3.1 Políticas y estrategias sectoriales	12
1.3.2 Medidas para implementar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático-el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	12
1.4 Vulnerabilidad y adaptación	13
1.4.1 Zonas costeras e insulares	13
1.4.2 Recursos hídricos	14
1.4.3 Coberturas vegetales	15
1.4.4 Aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas continentales colombianos	15
1.4.5 Ecosistemas de páramo	17
1.4.6 Zonas glaciares	18
1.4.7 Sector agrícola	18
1.4.8 Suelos y tierras en desertificación	19
1.4.9 Salud humana	20
1.5 Limitaciones, recomendaciones y necesidades	20
1.5.1 Problemas con el uso de la metodología IPCC 1996 en el capítulo de inventarios	21

1.5.2 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996 en el capítulo de vulnerabilidad y adaptación	21
1.5.3 Recomendaciones específicas para el mejoramiento de las guías del IPCC 1996 para el capítulo de inventarios	22
1.5.4 Recomendaciones para el mejoramiento de las guías del IPCC 1996 para el capítulo de vulnerabilidad y adaptación	22
1.5.5 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	23
1.5.6 Costos asumidos por el IDEAM para la realización de la Primera Comunicación Nacional ante la UNFCCC	23

1 Executive Summary of Colombia's First National Communication to the United Nations Convention on Climate Change

1.1 National Circumstances	25
1.1.1 Geography and Climate	25
1.1.2 Vegetation cover, ecosystems and biodiversity	25
1.1.3 Water Resources	26
1.1.4 Population and development	26
1.1.5 Economic Background	27
1.1.6 Legislation, Institutions and Policies	29
1.2 National Inventory of Greenhouse Gases sources and sinks, 1990-1994	30
1.2.1 CO ₂ Emission and Capture	30
1.2.2 CO ₂ Equivalent Emissions	30
1.2.3 Summary of the National Inventory of Greenhouse Gases, 1990-1994 (Gg)	31
1.3 Colombia's actions to mitigate Greenhouse Gases emissions	32
1.3.1 Sector Policies and Strategies	33
1.3.2 Measures to implement the UN Framework Convention on Climate Change: the Clean Development Mechanism	33
1.4 Vulnerability and Adaptation	33
1.4.1 Coastal and island zones	33
1.4.2 Water resources	35
1.4.3 Vegetation Covers	35
1.4.4 Approach to the vulnerability of mainland ecosystems	36
1.4.5 Paramo ecosystems	37
1.4.6 Glacier zones	38
1.4.7 Agriculture	38
1.4.8 Soils and land in a process of desertification	39
1.4.9 Human health	40
1.5 Limitations, recommendations and needs	40
1.5.1 Problems with the IPCC method for inventories	40
1.5.2 Problems encountered with the IPCC vulnerability and adaptation method	41
1.5.3 Recommendations for the improvement of IPCC 1996 guidelines for inventories.	41
1.5.4 Recommendations for the improvement of IPCC 1996 guidelines for vulnerability and adaptation	42

1.5.5 Recommendations for obtaining information and for research in the context of future Country Reports.	42
1.5.6 Costs borne by IDEAM in the preparation of the First National Communication	43
2 Circunstancias nacionales	
2.1 Aspectos biogeográficos	48
2.1.1 Marco geográfico	48
2.1.2 Los mares, las costas y las áreas insulares	48
2.1.3 El territorio continental	48
2.1.4 Suelos	48
2.1.5 Clima	49
2.1.6 Hidrología y recursos hídricos	50
2.2 La diversidad biológica, las coberturas vegetales y los ecosistemas	51
2.2.1 Ecosistemas boscosos y sus unidades de coberturas vegetales	53
2.2.2 Ecosistemas no boscosos	53
2.2.3 Ecosistemas acuáticos continentales	54
2.2.4 Agroecosistemas	54
2.2.5 Ecosistemas marinos y costeros	54
2.3 Población	56
2.3.1 Aspectos demográficos	56
2.3.2 Diversidad étnica y cultural	57
2.3.3 Indicadores de desarrollo humano	57
2.3.4 Esperanza de vida	58
2.3.5 Acceso a la educación	58
2.3.6 Cobertura de los servicios públicos	59
2.3.7 Necesidades básicas insatisfechas y miseria	59
2.4 Marco legal, institucional y político	59
2.4.1 Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables	59
2.4.2 La Constitución de 1991 y el medio ambiente en Colombia	60
2.4.3 Institucionalidad ambiental	60
2.4.4 Instrumentos internacionales adoptados por Colombia que se relacionan con el cambio climático	61
2.4.4.1 Instrumentos internacionales de carácter global	61
2.4.4.2 Procesos multilaterales	63
2.4.4.3 Otras políticas ambientales relacionadas con el cambio climático	64
2.5 Aspectos generales de la economía	66
2.5.1 Producto interno bruto	66
2.5.2 Estructura del PIB por ramas de actividad económica	67
2.5.3 Sector energía	68
2.5.3.1 Sector energía en Colombia años 1990 y 1994	68
2.5.3.2 Consumo per cápita de energía e intensidad energética	71
2.5.4 Sector transporte	72
2.5.4.1 Movimiento de carga	72
2.5.4.2 Transporte de pasajeros	72
2.5.4.3 Parque automotor	73
2.5.4.4 Vehículos particulares	73

2.5.4.5 Vehículos de transporte público	74
2.5.4.6 Vehículos de carga	74
2.5.5 Sector agrícola	74
2.5.5.1 Las políticas de protección y el sector agropecuario	79
2.5.5.2 El sector agropecuario en los noventas	75
2.5.6 Comercio	77
2.5.6.1 Exportaciones	77
2.5.6.2 Importaciones	79
3 Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero 1990-1994	
3.1 Metodología utilizada	85
3.2 Consolidado	86
3.2.1 Emisiones de GEI expresadas en GWP	87
3.2.2 Incertidumbres de los componentes del inventario	88
3.3 Ajustes a la metodología del IPCC	88
3.4 Módulo de energía	91
3.4.1 Consolidado de las emisiones del módulo	91
3.4.1.1 Emisiones de dióxido de carbono (CO ₂)	91
3.4.1.2 Emisiones sectoriales de dióxido de carbono (CO ₂) por uso de combustibles fósiles	93
3.4.1.3 Emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) por tipo de combustible fósil	93
3.4.1.4 Comparación de los resultados de la metodología del análisis sectorial (bottom up) y del análisis aproximado (Top down)	94
3.4.2 Emisiones de otros gases diferentes al CO ₂ por uso de combustibles fósiles y biomasa	94
3.4.3 Emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) por uso de biomasa (no incluidas en el consolidado nacional)	96
3.4.4 Emisiones del transporte internacional (no incluidas en el consolidado nacional)	96
3.4.5 Emisiones de dióxido de carbono (CO ₂) por tipo de vehículo (cálculo detallado)	96
3.5 Módulo de procesos industriales	97
3.6 Módulo de agricultura	99
3.6.1 Fermentación entérica	100
3.6.2 Manejo de estiércol	101
3.6.3 Cultivo de arroz bajo riego	101
3.6.4 Quema de sabanas	101
3.6.5 Quema de residuos agrícolas	102
3.6.6 Emisiones de suelos agrícolas	102
3.7 Módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura	103
3.7.1 Cambios en bosques y otros stocks de biomasa leñosa	103
3.7.2 Conversión de bosques y pastizales	104
3.7.3 Abandono de tierras cultivadas	104
3.7.4 Emisiones y absorciones por los suelos minerales	105
3.8 Módulo de disposición de residuos	105
3.8.1 Disposición de residuos sólidos	105
3.8.2 Aguas residuales domésticas	106
3.8.3 Aguas residuales industriales	106
3.8.4 Aguas residuales humanas	106

4 Acciones realizadas para mitigar las emisiones del GEI	
4.1 Políticas y estrategias sectoriales	114
4.1.1 Sector energía	114
4.1.1.1 Sector eléctrico	114
4.1.2 Sector transporte	118
4.1.3 Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	121
4.1.3.1 Sector forestal	121
4.1.4 Sector agrícola	123
4.1.5 Procesos industriales	124
4.1.5.1 Producción más limpia	124
4.1.6 Sector residuos	126
4.1.7 Medidas para Implementar el CMCC - El Mecanismo de Desarrollo Limpio	126
4.1.8 Proyectos	127
5 Vulnerabilidad y adaptación	
5.1 Introducción	137
5.1.1 Aspectos conceptuales	137
5.1.2 Marco metodológico	138
5.2. Vulnerabilidad y adaptabilidad de la zona costera	139
5.2.1 Consideraciones metodológicas para la evaluación de la vulnerabilidad	141
5.2.1.1 Adquisición y compilación de la información	141
5.2.1.2 Selección de escenarios	141
5.2.1.3 Evaluación y zonificación costera preliminar	142
5.2.1.4 Escenarios de vulnerabilidad	142
5.2.2 Caracterización de las zonas expuestas	142
5.2.2.1 Litoral Caribe	142
5.2.2.2 Litoral Pacífico	143
5.2.3 Posibles efectos sobre las zonas expuestas	143
5.2.3.1 Litoral Caribe	143
5.2.3.2 Litoral Pacífico	144
5.2.3.3 Zona insular Isla de San Andrés	145
5.2.4 Vulnerabilidad de los elementos naturales costeros	145
5.2.5 Vulnerabilidad de la población y asentamientos humanos	146
5.2.5.1 Análisis y resultados	147
5.2.5.2 Litoral Pacífico	149
5.2.5.3 Litoral Caribe	149
5.2.6 Vulnerabilidad de las viviendas	149
5.2.7 Vulnerabilidad de las actividades económicas	151
5.2.7.1 Vulnerabilidad de los sistemas de producción	152
5.2.8 Adaptación de la zona costera al ascenso del nivel del mar	152
5.3 Vulnerabilidad del recurso hídrico	153
5.4 Vulnerabilidad de las coberturas vegetales y de los ecosistemas ante el cambio climático	158
5.4.1 Vulnerabilidad de las coberturas vegetales	158
5.4.1.1 Metodología	158
5.4.1.1.1 Primera fase: Zonas de vida de Holdridge actual	159
5.4.1.1.2 Segunda fase: Zonas de vida de Holdridge con cambio climático	160

5.4.1.1.3 Tercera fase: Vulnerabilidad de las coberturas vegetales	160
5.4.1.2 Resultados a partir de Planteamiento de función directa para la evaluación de vulnerabilidad de las coberturas vegetales (Metodología IPCC)	161
5.4.1.2.1 Modelo de desplazamiento de las zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO ₂	161
5.4.1.2.2 Coberturas vegetales, IDEAM/96, afectadas por desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO ₂	163
5.4.1.3 Zonificación del territorio colombiano en grados de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia frente a un cambio climático 2xCO ₂	165
5.4.1.4 Conclusiones	166
5.4.2 Vulnerabilidad de los ecosistemas	168
5.4.2.1 Contexto ecológico y biológico de Colombia	168
5.4.2.2 Marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad de los ecosistemas	169
5.4.2.3 Aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas continentales colombianos	169
5.4.2.4 Lineamientos para la adaptación al cambio climático	172
5.4.3 Vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña ante el cambio climático	172
5.4.3.1 Introducción	172
5.4.3.2 Metodología	172
5.4.3.3 Conceptos generales y nomenclatura	173
5.4.3.4 Caracterización general de los páramos	173
5.4.3.5 El cambio climático en perspectiva histórica	174
5.4.3.6 Los impactos potenciales del cambio global sobre los ecosistemas de alta montaña	175
5.4.3.7 La vulnerabilidad de los ecosistemas de páramo	175
5.4.3.8 Conclusiones	176
5.4.3.9 Recomendaciones sobre medidas de adaptación y mitigación	177
5.5 Vulnerabilidad de las zonas glaciares al cambio climático	177
5.5.1 Presentación	177
5.5.2 Aspectos metodológicos	178
5.5.3 Resultados obtenidos	179
5.5.4 Posibles efectos de la deglaciación en la población	180
5.6 Vulnerabilidad del sector agrícola	181
5.6.1 Generalidades	181
5.6.2 Desarrollo del análisis	181
5.6.2.1 Incertidumbres	181
5.6.2.2 Ajustes de la metodología para complementar la metodología del IPCC.	182
5.6.3 Resultados	182
5.7 Vulnerabilidad de los suelos y tierras por desertificación	184
5.7.1 La desertificación en Colombia	184
5.7.2 Impactos de la desertificación en Colombia	186

5.8 Vulnerabilidad de la salud humana asociada al cambio climático global	187
5.8.1 Generalidades	187
5.8.2 Metodología	189
5.8.3 Metodología para la medición de la susceptibilidad por condiciones climáticas	190
5.8.4 Metodología para evaluar la susceptibilidad por tasas de incidencia de las enfermedades	190
5.8.4.1 Fuentes de información	191
5.8.5 Resultados	191
5.8.5.1 Caracterización de la incidencia de las enfermedades seleccionadas	191
5.8.5.2 Zonas susceptibles óptimas y mínimas para el desarrollo de la malaria y el dengue según variables climáticas	193
5.8.6 Evaluación de la vulnerabilidad de la salud humana	196
5.8.7 Medidas de adaptación	196
5.8.8 Conclusiones	197
6 Limitaciones, recomendaciones y necesidades	
6.1 Recomendaciones Generales	201
6.1.1 Recomendaciones para el mejoramiento de las guías del IPCC 1996	201
6.1.2 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	202
6.2 Limitaciones, recomendaciones y necesidades para el capítulo de Inventarios	202
6.2.1 Módulo de energía	202
6.2.2 Procesos industriales	203
6.2.2.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996	203
6.2.2.2 Problemas encontrados en la consecución de la información	203
6.2.3 Agricultura	203
6.2.3.1 Problemas encontrados en la consecución de la información	203
6.2.3.2 Recomendaciones para la consecución de información, para la investigación y el fortalecimiento institucional dentro del marco de futuras Comunicaciones Nacionales	204
6.2.4 Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	204
6.2.4.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996	204
6.2.4.2 Problemas encontrados en la consecución de la información	205
6.2.4.3 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	205
6.2.4.4 Recomendaciones para el fortalecimiento institucional y la generación de capacidad dentro del marco de futuras Comunicaciones Nacionales	207

6.2.4.5	Recomendaciones específicas para el mejoramiento de las guías, IPCC 1996	207
6.2.5	Residuos	207
6.2.5.1	Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996	207
6.2.5.2	Problemas con la consecución de información nacional	208
6.2.5.3	Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	208
6.2.5.4	Recomendaciones para el mejoramiento de las guías, IPCC 1996	208
6.3	Limitaciones, recomendaciones y necesidades para el Capítulo de Vulnerabilidad y Adaptación	208
6.3.1	Elaboración de escenarios climáticos	209
6.3.1.1	Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996 para zonas costeras	209
6.3.1.2	Recomendaciones para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	210
6.3.2	Recursos hídricos	210
6.3.2.1	Problemas metodológicos con la aplicación de las guías IPCC 1996	210
6.3.2.2	Problemas encontrados en la consecución de la información	211
6.3.2.3	Recomendaciones para la generación de capacidad en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	211
6.3.3	Coberturas vegetales	211
6.3.4	Agricultura	211
6.3.4.1	Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996	211
6.3.4.2	Recomendaciones para la consecución de información, para la investigación y el fortalecimiento de la capacidad institucional en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	212
6.3.5	Salud humana	212
6.3.5.1	Problemas metodológicos	212
6.3.5.2	Recomendaciones para la consecución de información, para la investigación y el fortalecimiento de la capacidad institucional en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales	213
6.4	Costos asumidos por el IDEAM para la realización de la primera Comunicación Nacional ante la UNFCC.	214

Bibliografía	217
--------------	-----

Índice de tablas, gráficos y mapas

1 Resumen Ejecutivo

Tabla 1.1	Estimación de las emisiones en equivalentes de dióxido de carbono, año 1990 (Gg)	9
-----------	--	---

Tabla 1.2	Estimación de las emisiones en equivalentes de dióxido de carbono, año 1994 (Gg)	9
Tabla 1.3	Emisiones de GEI y otros gases - año 1990 (Gg)	10
Tabla 1.4	Emisiones de GEI y otros gases - año 1994 (Gg)	11

1 Executive Summary

Table 1.1	Carbon dioxide equivalent emissions, 1990 (Gg)	30
Table 1.2	Carbon dioxide equivalent emissions 1994 (Gg)	30
Table 1.3	Sectorial report for national greenhouse gas inventories - 1990 (Gg)	31
Table 1.4	Sectorial report for national greenhouse gas inventories - 1994 (Gg)	32

2 Circunstancias nacionales

Tabla 2.1	Superficies de coberturas vegetales, uso y Ocupación del territorio nacional	52
Tabla 2.2	Colombia, tamaño de la población, tasas de urbanización y distribución por sexo	56
Tabla 2.3	Índice de Desarrollo Humano	58
Tabla 2.4	Colombia, necesidades básicas Insatisfechas y miseria	59
Tabla 2.5	Instrumentos internacionales más relevantes que ha ratificado Colombia relacionados directamente con la atmósfera y el cambio climático	62
Tabla 2.6	Producto Interno Bruto por ramas de actividad económica	68
Tabla 2.7	Movimiento de carga nacional por modo de transporte	72
Tabla 2.8	Movimiento de pasajeros en el país	73
Tabla 2.9	Número de vehículos particulares	73
Tabla 2.10	Número de vehículos de transporte público	74
Tabla 2.11	Número de vehículos de carga	74
Tabla 2.12	Colombia, exportaciones y destinos	78
Tabla 2.13	Colombia, exportaciones por sector económico	78
Gráfico 2.1	Colombia, tasa de crecimiento poblacional 2000-2050.	56
Gráfico 2.2	Variación del Producto Interno Bruto (1985-2000)	66
Gráfico 2.3	Participación porcentual de los sectores primario, secundario y terciario de la economía en el PIB total	67
Gráfico 2.4	Participación por tipo de fuente de energía en la producción de energía para los años 1990 y 1994	69
Gráfico 2.5	Comercio exterior de combustibles para los años 1990 y 1994	69
Gráfico 2.6	Capacidad de generación de electricidad para los años 1990 y 1994	70
Gráfico 2.7	Consumos finales de energía para los años 1990 y 1994	70
Gráfico 2.8	Participación porcentual de los energéticos en el consumo del sector industrial	71
Gráfico 2.9	Consumo per cápita de electricidad en América Latina	71

Gráfico 2.10	Consumo de energía final per cápita	71
Gráfico 2.11	Intensidad energética	72
Gráfica 2.12	Número de cabezas de ganado doméstico en Colombia	76
Gráfica 2.13	Cultivos evaluados para el inventario de GEI	77

3 Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero 1990-1994.

Tabla 3.1	Estimación de las emisiones de GEI y otros gases, 1990 (Gg)	86
Tabla 3.2	Estimación de las emisiones de GEI y otros gases, 1994 (Gg)	86
Tabla 3.3	Emisión de GEI en equivalentes de dióxido de carbono, año 1990.	87
Tabla 3.4	Emisión de GEI en equivalentes de dióxido de carbono, año 1994	88
Tabla 3.5	Incertidumbre global de los componentes del inventario	88
Tabla 3.6	Emisiones del módulo de energía en Colombia para el año de 1990 (Gg).	92
Tabla 3.7	Emisiones del módulo de energía en Colombia para el año de 1994 (Gg)	92
Tabla 3.8	Emisiones fugitivas de metano en Colombia para los años 1990 y 1994 (Gg)	95
Tabla 3.9	Emisiones de CO ₂ por uso de biomasa y del transporte aéreo y marítimo internacional en Colombia, año 1990 (Gg)	96
Tabla 3.10	Emisiones de CO ₂ por uso de biomasa y el transporte aéreo y marítimo internacional en Colombia, año 1994 (Gg)	96
Tabla 3.11	Emisiones del módulo de procesos industriales en Colombia para el año 1990 (Gg)	98
Tabla 3.12	Emisiones del módulo de procesos industriales en Colombia para el año 1994 (Gg)	98
Tabla 3.13	Emisiones del módulo de agricultura en Colombia para el año 1990 (Gg)	99
Tabla 3.14	Emisiones del módulo de agricultura en Colombia para el año 1994 (Gg)	100
Tabla 3.15	Número de cabezas por especie para los años 1990 y 1994	100
Tabla 3.16	Área sembrada de arroz bajo riego para los años 1990 y 1994 (ha)	101
Tabla 3.17	Emisiones por quema de sabanas para los años 1990 y 1994 (Gg)	102
Tabla 3.18	Emisiones por quema de residuos agrícolas para los años 1990 y 1994 (Gg)	102
Tabla 3.19	Emisiones e inmisiones del módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura para el año 1990 (Gg)	103
Tabla 3.20	Emisiones e inmisiones del módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura para el año 1994 (Gg)	103
Tabla 3.21	Emisiones del módulo de disposición de residuos en Colombia para el año 1990 (Gg)	105

Tabla 3.22	Emisiones del módulo de disposición de residuos en Colombia para el año 1994 (Gg)	105
Gráfico 3.1	Emisión y captura de dióxido de carbono en Colombia, para los años 1990 y 1994.	87
Gráfico 3.2	Correlación de las fracciones de biomasa quemada dentro y fuera del sitio y degradación de la biomasa abandonada	91
Gráfico 3.3	Participación porcentual por sector en las emisiones	93
Gráfico 3.4	Participación porcentual por tipo de combustible en las emisiones de CO ₂	94
Gráfico 3.5	Participación por tipo de vehículo en las emisiones de CO ₂ del cálculo detallado	97

4 Acciones realizadas para mitigar las emisiones del GEI.

Tabla 4.1	Metas Plan Verde.	123
-----------	-------------------	-----

5 Vulnerabilidad y adaptación

Tabla 5.1	Susceptibilidad a la erosión marina de la línea de costa colombiana	142
Tabla 5.2	Amenaza por inundación marina en el litoral colombiano.	143
Tabla 5.3	Grado de vulnerabilidad y área de exposición de los elementos naturales.	145
Tabla 5.4	Distribución de la población expuesta a la amenaza por inundación en el litoral Caribe.	148
Tabla 5.5	Distribución de la población expuesta a la amenaza por inundación en el litoral Pacífico.	148
Tabla 5.6	Caracterización de los corredores industriales de las zonas costeras.	151
Tabla 5.7	Número de terminales portuarios identificados por regiones.	152
Tabla 5.8	Posibles cambios climáticos en temperatura y precipitación con escenario moderado síntesis Hulme 2xCO ₂ para 24 regiones de Colombia.	160
Tabla 5.9	Porcentaje del territorio colombiano afectado por desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge por posible cambio climático 2xCO ₂	161
Tabla 5.10	Coberturas vegetales de Colombia, IDEAM/96, afectadas por desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO ₂	164
Tabla 5.11	Porcentajes de las áreas de las coberturas vegetales de Colombia según el grado de vulnerabilidad frente a un cambio climático con escenario futuro 2xCO ₂	165
Tabla 5.12	Megadiversidad de Colombia (Según Mittermeier et al. 1997)	168
Tabla 5.13	Límite térmico y pluviométrico de las unidades bioclimáticas en la alta montaña	173
Tabla 5.14	Cambios en las áreas de vegetación de la alta montaña colombiana en dos escenarios climáticos con simulación de los cambios de las formaciones vegetales del sistema de Holdridge	175

Tabla 5.15	Cambios en la cobertura vegetal en el área del páramo de Laguna Verde	176
Tabla 5.16	Porcentaje de rangos bioclimáticos en cada categoría edáfica	182
Tabla 5.17	Distribución de la desertificación por áreas departamentales	187
Tabla 5.18	Carga de enfermedad mundial	189
Tabla 5.19	Enfermedades de mayor importancia en Colombia.	189
Tabla 5.20	Colombia. Eventos sin y con relación aparente con el cambio climático	190
Tabla 5.21	Colombia. Susceptibilidad según variables climáticas zonas óptimas y mínimas para el desarrollo de los parásitos y vectores de la malaria	190
Tabla 5.22	Colombia. Susceptibilidad según zonas óptimas y mínimas para el desarrollo ideal de los parásitos y vectores del dengue según variables climatológicas	190
Tabla 5.23	Susceptibilidad por tasas de incidencia de la malaria y el dengue	190
Tabla 5.24	Colombia. Municipios ubicados en zonas mínimas para el desarrollo de la malaria	194
Tabla 5.25	Colombia. Temperaturas óptimas para el desarrollo de la malaria	194
Tabla 5.26	Colombia. Zonas mínimas para el desarrollo del dengue	194
Tabla 5.27	Colombia. Zonas óptimas para el desarrollo del dengue según incidencia	195
Tabla 5.28	Colombia. Municipios con incidencia de malaria 1980-1991	195
Tabla 5.29	Colombia. Distribución de los municipios con incidencia de dengue 1980-1991	196
Tabla 5.30	Matriz de posibles estrategias de adaptación para el impacto del cambio climático sobre la malaria y el dengue.	197
Gráfico 5.1	Flujo metodológico para la evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico	155
Gráfico 5.2	Diagrama de flujo del modelo de evaluación del grado de vulnerabilidad de las coberturas vegetales ante un cambio climático	159
Gráfico 5.3	Historia de la vegetación en la Sabana de Bogotá	174
Gráfico 5.4	Modelo de evaluación de la gravedad y sostenibilidad de la desertificación	185
Gráfico 5.5	Porcentaje de áreas afectadas por distintos grados de desertificación en Colombia	186
Gráfico 5.6	Área afectada por desertificación en Colombia	186
Gráfico 5.7	Diagrama del esquema metodológico utilizado para abordar el estudio de vulnerabilidad de la salud humana al cambio climático	189
Gráfico 5.8	Colombia. Mortalidad por malaria 1979 - 1997	192
Gráfico 5.9	Colombia. Morbilidad por malaria 1959 -1999	192
Gráfico 5.10	Colombia. Morbilidad por dengue clásico 1980-1998	192
Gráfico 5.11	Colombia. Morbilidad por dengue hemorrágico 1990-1998	193
Gráfico 5.12	Colombia. Mortalidad por dengue hemorrágico 1990-1998	193

6. Limitaciones, recomendaciones y necesidades

Tabla 6.1	Porcentajes quinquenales sobre la presencia de malaria en el país (1960 - 1997)	213
Tabla 6.2	Costos asumidos por el IDEAM para la realización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, años 1990 y 1994	215
Tabla 6.3	Costos asumidos por el IDEAM para la realización del Análisis de Vulnerabilidad de la Comunicación Nacional de Colombia a la Convención Marco de Cambio Climático	215

Mapas

Colombia, localización general y regiones naturales de Colombia.	4-5
Colombia, General Location and Natural Regions	26-27
Índice potencial de producción de biomasa.	90-91
Producción potencial de biomasa.	90-91
Afectación de la escorrentía anual multianual.	156-157
Vulnerabilidad del régimen hidrológico ante posibles efectos del cambio climático	156-157
Rangos climáticos con el escenario actual	182-183
Rangos climáticos con el escenario de duplicación de dióxido de carbono	182-183
Susceptibilidad de la oferta edáfica al proceso de desertificación según escenario actual	184-185
Susceptibilidad de la oferta edáfica al proceso de desertificación según escenario de duplicación de dióxido de carbono	184-185
Zonas con temperaturas óptima y mínima para el desarrollo del dengue en Colombia	196-197
Zonas con temperaturas óptima y mínima para el desarrollo de la malaria en Colombia	196-197

1 Resumen Ejecutivo

1.1 Circunstancias nacionales

1.1.1 Geografía y clima

Colombia tiene un área total de 207'040.800 ha, de estas 114'174.800 corresponden al área continental y 92'866.000 ha a la superficie marítima. Las zonas insulares comprenden un conjunto de islas y cayos en el mar Caribe (archipiélago de San Andrés y Providencia así como numerosos cayos, islotes y bajos) y en el océano Pacífico (islas de Malpelo y Gorgona). La zona marina, en el océano Pacífico es de 33'930.000 ha y en el mar Caribe de 58'936.000 ha. Estas cifras ubican a Colombia como el cuarto país más grande de Suramérica y el único con zonas marinas en el Pacífico y en el mar Caribe. En el territorio continental colombiano se identifican cinco regiones naturales: Caribe, Andina, Pacífica, Orinoquia y Amazonia (Ver mapa: *Colombia, Localización general y regiones naturales*).

La mayor parte del país presenta una temperatura media anual entre los 24 y los 28°C, que incluye la zona oriental, formada por las llanuras del Caribe y una franja en el litoral Pacífico. Las temperaturas medias anuales superiores a 28°C, se encuentran en la parte baja, media y en un sector de la parte alta del río Magdalena. En un área considerablemente menor que la anterior, y que incluye las zonas andina e interandina, hay una variedad de pisos térmicos debido a las grandes variaciones de la temperatura del aire con la altura. El piso nival, correspondiente a temperaturas menores de 0°C, se encuentran sobre los 4.600 msnm y es el área de menor extensión de todo el territorio colombiano.

1.1.2 Coberturas vegetales, ecosistemas y diversidad biológica

De la extensión territorial colombiana se estima que 63'886.012 ha están cubiertas por bosques; 20'618.423 ha por otros tipos de vegetación no boscosa (nieve, páramos, xerofitias, sammofitias, especial ruopícola, entre otras), 238.867 ha por aguas continentales, 124.532 ha por asentamientos humanos y 29'090.731 ha por uso agrícola y procesos de colonización. Estas categorías de cobertura albergan una gran diversidad ecosistémica que se ha atribuido a factores geológicos, geomorfológicos, hídricos, de suelo y relieve, así como a la localización altitudinal del país entre los dos trópicos y la variedad de condiciones edafoclimáticas. Lo anterior se manifiesta en una gran multiplicidad de espacios geográficos diferentes a los Andes y de espacios aislados por levantamientos orográficos que incluyen la Sierra Nevada de Santa Marta, las serranías de la Macarena, Chiribiquete, Darién, Baudó y Macuira, entre otros.

La diversidad ecosistémica colombiana es de tal magnitud, que no son muchos los ecosistemas que existen en el mundo que no se encuentren en Colombia. La gran diversidad biogeográfica y ecológica, expresada en variedad de especies de algunas comunidades bióticas, permiten suponer, razonablemente, que el país puede tener una diversidad de especies entre las más altas del planeta. De esta manera, Colombia tiene entre el 10 y el 15% de la biodiversidad global con tan sólo el 0,77% de la superficie continental mundial.

Los puntos focales de biodiversidad en Colombia son la región del oriente Amazónico (cuenca del Alto Caquetá), los bosques húmedos tropicales del Chocó en la región Pacífica, y la región tropical de Los Andes, incluida la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de San Lucas.

1.1.3 Oferta hídrica

Colombia tiene una escorrentía muy cercana a los 2.000 mm/año y una oferta hídrica que supera los 2.000 kms³ al año, con un valor por habitante de 57.000 m³ anuales. Lo anterior clasifica al país con una de las mayores ofertas hídricas naturales en el mundo, aunque esta relación se ve afectada por la heterogénea distribución del recurso. Más del 95% del agua que emplea el país para abastecer las actividades domésticas y productivas se extrae de la cuenca de los ríos Magdalena - Cauca y las que drenan al Caribe, pero que en conjunto, representan menos del 25% del volumen de agua anual de Colombia.

La región Pacífica muestra una gran abundancia de escorrentía, con rangos que van desde los 4.000 hasta los 12.000 mm/año, existiendo sitios que registran valores anuales superiores a los 14.000 mm/año. Sin embargo, también hay zonas excesivamente deficitarias en escorrentía, con deficiencias entre el 70 y el 90% con respecto al promedio nacional. Entre ellas se destacan las cuencas o regiones hidrológicas de la Alta y Baja Guajira, San Andrés y Providencia, río Cesar y la Sabana de Bogotá. La Alta y Baja Guajira presentan la condición más desfavorable desde el punto de vista de la norma de escorrentía (200 a 300 mm/año), aunque el área más crítica es la Sabana de Bogotá debido a su baja oferta natural (500 mm/año) y al hecho de que tiene la mayor presión antrópica del país.

1.1.4 Población y desarrollo

Colombia tiene una población estimada que supera los 42 millones de habitantes y ocupa el tercer lugar demográfico de América Latina, luego de México y Brasil. Desde 1985, el número de habitantes ha crecido en más de diez millones y quizás supere los 70 millones en el 2050.

COLOMBIA

LOCALIZACION GENERAL Y REGIONES NATURALES



En 1995 la población concentrada en zonas urbanas alcanzaba el 69,3% y se estima que para el año 2050 esta proporción llegue al 84,5%, con una población urbana y rural total de 71'549,568 personas.

En 1993, la densidad territorial promedio se estimaba en 32,7 habitantes por km², cifra bastante baja comparada con la de países de Europa o Asia e inclusive con algunas islas del Caribe donde la densidad supera los 1.000 hab/km². Sin embargo, Bogotá, con más de 3.500 hab/km², y la isla de San Andrés con 1.170 hab/km², se destacan por la alta densidad y por los problemas ambientales a causa de la concentración de población. Vale la pena anotar que la dimensión de ambas no es comparable, dado que la capital concentra el 17,4% de la población del país y San Andrés sólo el 0,16% de la población. Las regiones con menor densidad poblacional son la Orinoquia y la Amazonia, particularmente en los departamentos de Amazonas, Guainía, Vaupés y Vichada con un índice inferior a los 0,4 hab/km². En la región del Pacífico, el departamento del Chocó cuenta con 7,05 hab/km².

Veinticinco millones de colombianos, es decir el 60% de la población, viven en situación de pobreza. La tasa de desempleo nacional se estima en 17,8% y el 46% de los desempleados corresponde a los colombianos más pobres. Según el Informe sobre Desarrollo Humano 2000 del PNUD, Colombia se ubica en el 68º lugar.

1.1.5 Aspectos generales de la economía colombiana

Durante casi 70 años (1932-1998), Colombia tuvo un crecimiento positivo constante. Entre 1980 y 1999 fue del 3.1%. En la década de los años ochenta, mientras la mayoría de las economías latinoamericanas sufrieron dificultades económicas debido a la crisis de la deuda, el Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia creció a una tasa del 3,7%, más del triple del promedio regional de 1,2%. El crecimiento real de la economía se desaceleró hacia finales de los años noventa hasta un promedio de 2,6%, cercano al de Latinoamérica y el Caribe.

La liberalización de la economía en los años de 1990 propició un crecimiento, entre 1993 y 1995, por encima del 5%, superior al latinoamericano. Sin embargo, fue interrumpido en 1996 debido al desbalance macroeconómico en las cuentas fiscal y corriente y a la crisis internacional que comenzó en Asia y se transmitió a otros mercados emergentes, como Rusia y América Latina. Como resultado, el crecimiento económico se redujo entre 1996 y 1998 y declinó en 1999 hasta un nivel de -4,3%. Esta situación se considera atípica, dado el fuerte récord económico de la economía colombiana. Sin embargo, mediante un proceso de ajuste en el gasto público, una inyección de capital para invertir en entidades públicas y privadas, la reactivación del crédito y la reducción de las tasas de interés, se logró una recuperación del 3,0% en el año 2000. Todo parece indicar que las proyecciones de crecimiento para los próximos años, aunque positivas, no se asemejarán a las tendencias del pasado. El PIB para el 2001 será de 1.7% y los pronósticos para el 2002 oscilan entre 2,2 y 2,5%.

Los datos disponibles sobre el PIB revelan que la estructura de la economía colombiana no ha cambiado sustancialmente durante los últimos años. Los sectores de comercio y servicios, conjuntamente, son los que más contribuyen, con aproximadamente el 50% del PIB real. Le siguen las actividades agropecuarias y de minería, con cerca de 22% y la industria manufacturera con 13% de participación en el PIB. La cifra correspondiente a la construcción en 1999 revela el impacto negativo de la recesión en este sector, que fue uno de los más perjudicados en ese período.

En 1990, el consumo final de energía fue de 849,6 Petajoules (PJ), de los cuales 11,4% corresponde a electricidad, 42,6% a petróleo y derivados, 7,6% a carbón mineral, 5,2% a gas natural y 26% a biomasa. Otros productos de la cadena energética que incluyen los no-energéticos (como los lubricantes), participaron con 7,3%. En ese año, el mayor consumidor fue el sector transporte con 269,7 PJ (31,7%), seguido del residencial con 230,1 PJ (27,1%), y el industrial con 212,9 PJ (25,1%). Los demás sectores contribuyeron con 136,8 PJ, (16,1%), que incluyen el agropecuario con una participación de 7% del total; el comercial con 3%; la construcción con 4% y otros con 2,1%.

En 1994 el consumo final de energía creció 4,5% como promedio anual y alcanzó la cifra de 1.013,7 PJ. De estos, el 42,5% corresponde a petróleo y derivados; 11,9% a electricidad; 8,6% a carbón mineral; 5,3% a gas natural; 25,8% a biomasa y 6,1% a otros productos de la cadena, incluidos los no energéticos. En 1994 la estructura del consumo por sectores cambia con respecto a la de 1990. Como mayor consumidor continúa el sector transporte con 27,9% del total, le sigue el sector industrial, con una participación de 27,1% y el sector residencial con 23,1% del total. Los demás sectores consumieron 223 PJ lo que representa 22% del total, e incluyen el agropecuario con una participación de 7%, el comercial con 4%, la construcción 1% y otros con el 10%.

El consumo de energía final per cápita ascendió a 3,93 Barriles Equivalentes de Petróleo (BEP) por habitante en el año 2000, cifra que está por debajo del promedio latinoamericano que es de 5 BEP/habitante.

El consumo final de energía en el país sigue la tendencia del PIB y su crecimiento se mantuvo continuo hasta 1996. En ese año el consumo fue de 6,6 millones de calorías por habitante, mientras que en 1998 pasó a menos de 6 millones. La intensidad energética en 1996 era de 2,36 BEP para producir mil dólares de 1990 del PIB. En 1999 este valor se incrementó a 2,50 BEP, superando la intensidad energética de Argentina, Chile, Brasil, Panamá, México, Uruguay y Perú.

En 1990, el Sistema Interconectado Nacional-SIN contaba con 8.350,9 MW de capacidad de generación de electricidad. De estos, 78% eran hidráulicos, 8% de carbón y 14% de gas natural. En total, se generaron en el sistema interconectado 33.863 GWh. De ellos, 80% provenían de generación hidráulica y los restantes de generación térmica. En 1994 en el SIN, la capacidad instalada era de 10.119 MW. De estos 77,7% era hidráulico, 12,4% de gas natural y 8,7% de carbón. En ese mismo año, el 1,2% de la capacidad de generación correspondía a derivados del petróleo (fuel oil y ACPM). Así mismo, se generaron 39.490,2 GWh de los cuales el 80,6% corresponde a hidráulicos y los restantes a térmicos.

El transporte por carretera movilizó en 1999 el 87% de pasajeros, el aéreo 7,5%, el fluvial 5,4% y el férreo apenas un 0,1%. El movimiento de pasajeros internacionales por vía aérea tuvo un incremento entre 1990 y 1994 del 85,7%.

En 1999, el parque automotor colombiano era de 2'616.752 vehículos. De estos, 84,2% eran vehículos particulares, 9,8% transporte público y 6% vehículos de carga. La apertura económica generó un ingreso alto de vehículos en los años de 1990. En 1995 entraron en circulación 200.871 vehículos.

Desde la década de los años cincuenta hasta principios de los noventa, un segmento considerable de la agricultura se desarrolló al amparo de las políticas de sustitución de importaciones de materias primas. Esto propició cultivos cuya sostenibilidad económica se basaba en el mantenimiento de barreras de

protección frente a la competencia extranjera, de transferencias de ingresos a los productores por medio de los precios de los productos y de tasas subsidiadas de interés, así como de subsidios directos pagados con recursos del presupuesto nacional. La mayoría de los cultivos transitorios transables, que conformaron buena parte del sector agrícola moderno tuvo ese origen. Es el caso de los cultivos de sorgo, algodón, soya, maíz amarillo, cebada e, incluso, arroz. Estas mismas condiciones se aplicaron, hasta cierto punto, al desarrollo de las industrias pecuarias intensivas (avicultura y porcicultura tecnificada).

La década de los noventa fue difícil para la agricultura colombiana. A raíz de la implantación de medidas tendientes a liberalizar y abrir la economía, el sector agropecuario ha experimentado un proceso, relativamente intenso, de ajuste estructural que se manifiesta en cambios de los patrones de producción y uso de recursos. Así, los cultivos transitorios transables, entraron en crisis debido a la competencia internacional. El arroz y el azúcar han mantenido su esquema de protección, mientras que otros productos como algodón, soya, maíz, sorgo y cebada se han enfrentado a una virtual eliminación de la protección. Otros sectores, como la ganadería extensiva, la producción pecuaria intensiva, los cultivos permanentes y los no transables, han aumentado la producción. La ganadería bovina extensiva ocupó la mayor parte de las tierras que dejaron de ser cultivadas con granos y oleaginosas. Por otra parte, el cultivo de café sufrió una reducción apreciable en el área cultivada y la producción, al tiempo que se transformaba su estructura hacia esquemas de fincas pequeñas.

Las nuevas oportunidades de mercado impulsadas por la reducción de costos, la ampliación del consumo y la modernización de las estructuras de comercialización han favorecido principalmente el crecimiento de las frutas, hortalizas y tubérculos en la producción agrícola. Los cultivos de palma de aceite, caña de azúcar, se han beneficiado de los altos precios y/o mejoras tecnológicas. En actividades pecuarias como la piscicultura y la avicultura se generaron nuevas oportunidades de mercados por disminuciones logradas en los costos de producción y en el mejoramiento de la infraestructura de comercialización.

Además, se registran desarrollos hacia una mayor integración de los mercados internacionales y regionales, con lo cual se comienza a superar el carácter de no transables de ciertos productos.

Un mercado por afianzar es el forestal. Cerca de tres millones de hectáreas están disponibles para producción. Colombia tiene el potencial para producir madera, en rotaciones de ocho a veinte años con rendimientos que superan los veinticinco metros cúbicos por hectárea/año. Una adecuada estrategia de expansión forestal permitirá incursionar en el mercado de captura de CO₂. Adicionalmente, se tiene capacidad de expansión para productos como cacao, aceites exóticos, flores, alimentos procesados y para el cultivo de camarón y explotación de especies promisorias.

El crecimiento dinámico de las exportaciones en los años 90, comparado con la década anterior, muestra los efectos de la desregulación y apertura, así como los esfuerzos del país por penetrar nuevos mercados y fortalecer su posición en los existentes. Durante los últimos 20 años (1980 - 2000), las exportaciones tradicionales (café, petróleo y sus derivados, carbón y otros) han cedido lugar a bienes no tradicionales (textiles, manufacturas, etc.). El fuerte comportamiento de los bienes industriales es la principal causa de esta diversificación. En los años 80 las exportaciones tradicionales representaron el 56% del total, de las cuales el café contribuía con la mayor proporción. En los años 90, esta proporción se redujo al 50%, con las exportaciones de café que cedieron espacio a las de petróleo. En contraste,

las exportaciones no tradicionales como porcentaje del total se incrementaron de un 44% en los años 80, a 50% en los años 90.

1.1.6 Marco legal, institucional y político

La Constitución de 1991 reemplazó en su totalidad la que había regido en el país desde 1886. En la nueva Constitución se consagraron, aproximadamente, 60 disposiciones relacionadas con el tema ambiental. A diferencia de la Carta de 1886, que no contenía artículos específicos sobre la materia, la nueva integró por primera vez la dimensión ambiental a los planes de desarrollo. De esta manera, las políticas ambientales tienen la misma importancia que las económicas y sociales.

La Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente como ente rector de la política y gestión ambientales del país. La ley también organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA-, del cual hacen parte los ministerios, los organismos de control y las instancias estatales, cuyas actuaciones pueden tener efectos directos o indirectos en la conservación de las condiciones ambientales del país. Hacen parte también del SINA las organizaciones no gubernamentales -ONGs-, las organizaciones comunitarias, las universidades, el sector privado y los gremios de la producción.

De manera adicional, la Ley 99 creó cinco institutos de investigación como apoyo científico y técnico del Ministerio y sentó las bases para la estructuración de un Sistema Nacional de Información y de Investigaciones Ambientales que debe generar y suministrar, a las diversas entidades públicas y a la ciudadanía, la información requerida para la toma de decisiones. Entre estas entidades se encuentra el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam.

Al IDEAM le corresponden el levantamiento y el manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas estratégicos del país, así como establecer las bases técnicas para la zonificación y el uso del territorio nacional. Además, también es función suya obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la nación. Tiene, asimismo a su cargo el establecimiento y funcionamiento de las infraestructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad. El IDEAM efectúa el seguimiento de los recursos biofísicos, especialmente en lo referente a la contaminación y la degradación, para apoyar con instrumentos a las autoridades ambientales en la toma de decisiones. El Instituto es el nodo del Sistema de Información Ambiental del país.

El IDEAM también debe apoyar al Ministerio del Medio Ambiente en la definición y desarrollo de la política ambiental internacional, mediante la realización de investigaciones científicas sobre el cambio global y sus efectos en el territorio colombiano. El Instituto coordinó la elaboración de esta Primera Comunicación Nacional, que incluye una actualización de los inventarios de gases de efecto invernadero.

Además del IDEAM, el SINA cuenta con el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis, INVEMAR, cuyos trabajos sobre vulnerabilidad en zonas litorales y costeras contribuyeron a esta Comunicación; el Instituto de Investigaciones de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI, y el Instituto de Investigaciones del Pacífico John von Neumann.

1.2 Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, años 1990 y 1994

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Colombia se realizó, para los años de 1990 y 1994, siguiendo las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), revisión de 1996.

1.2.1 Emisión y captura de dióxido de carbono (CO₂)

Las actividades relacionadas con el uso de combustibles fósiles, los procesos industriales y el cambio en el uso de la tierra y silvicultura emitieron 63.510,4 Gigagramos (Gg) de CO₂ en 1990 y 77.103,9 Gg de CO₂ en 1994. Por el cambio en el uso de la tierra se capturaron 1.010,8 Gg y 2.034,7 Gg de dióxido de carbono, en 1990 y en 1994 respectivamente.

En el año de 1990, las emisiones de dióxido de carbono por la utilización de combustibles fósiles para generar energía produjo el 73,8% de este gas, seguido por el cambio en el uso de la tierra y silvicultura con el 18,7% y por último las actividades relacionadas con los procesos industriales con 7,5%. Para el año de 1994 el empleo de combustibles fósiles generó el 71,8% de las emisiones de CO₂, el cambio en el uso de la tierra y silvicultura 21,5% y los procesos industriales 6,8%.

La utilización de combustibles fósiles también tuvo una gran participación en las emisiones de gases como el monóxido de carbono (53,9% en 1990 y 56,5% en 1994), óxidos de nitrógeno (84,5% en 1990 y 86,3% en 1994), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (94,0% en 1990 y 93,5% en 1994) y dióxido de azufre (95,6% en 1990 y 95,5% en 1994). Se destacan, igualmente, las actividades relacionadas con la agricultura en las emisiones de metano (77,3% en 1990 y 77,2% en 1994), óxido nitroso (95,7% en 1990 y 95,8% en 1994) y monóxido de carbono (45,3% en 1990 y 42,8% en 1994).

1.2.2 Emisiones en equivalentes de dióxido de carbono

Para determinar el efecto agregado de los diferentes gases de efecto invernadero directo sobre el cambio climático, las emisiones se expresan en términos equivalentes de dióxido de carbono (Tablas 1.1 y 1.2)

Tabla 1.1
Estimación de las emisiones en equivalentes de dióxido de carbono, año 1990 (Gg)

Sectores	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Energía	46.886,1	5.634,3	407,5	52.927,0
Procesos industriales	4.744,5	4,2	62,0	4.810,7
Agricultura		31.862,0	23.557,8	55.419,9
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	11.879,8	88,7	9,0	11.977,5
Residuos		3.651,9	580,6	4.232,5
Totales(Gg)	63.510,4	41.241,1	24.617,0	129.368,4

Tabla 1.2
Estimación de las emisiones en equivalentes de dióxido de carbono, año 1994 (Gg)

Sectores	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Energía	55.351,7	5.972,4	476,6	61.800,7
Procesos industriales	5.212,3	8,2	77,5	5.298,0
Agricultura		34.319,5	27.126,6	61.445,1
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	16.540,0	88,7	9,0	16.637,7
Residuos		4.061,4	625,0	4.686,4
Totales (Gg)	77.103,9	44.450,1	28.313,7	149.867,8

1.2.3 Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, años 1990-1994 (Gg)

Módulo/Submódulo	Gases de efecto Invernadero			Otros gases			Precursor de aerosoles
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
1. Energía*	46.886,1	268,3	1,3	2.602,5	249,9	394,4	135,5
A. Combustibles Fósiles							
Energía / Industrias de transformación	11.977,9	0,2	0,1	3,4	34,6	0,9	24,9
Centrales térmicas	5.894,1						15,1
Otros centros de transformación	6.083,8						9,8
Industria Manufacturera	11.646,9	0,9	0,1	11,5	34,9	1,7	54,5
Comercial / Institucional	788,0	0,1	0,0	0,2	1,1	0,1	1,7
Residencial	3.019,4	1,9	0,0	11,2	3,9	1,2	4,0
Agropecuario / minero	869,1	0,1	0,0	0,2	1,2	0,1	1,9
Construcción	284,2	0,0	0,0	0,0	0,8		0,7
Otros (no especificados anteriormente)	1.203,3						1,4
Transporte Aéreo	976,6	0,0	0,0	1,4	4,1	0,7	1,0
Transporte Automotor (cálculo global)	14.777,7	3,8	0,1	1.470,3	134,5	276,1	11,7
Transporte Automotor (cálculo detallado)	12.853,6	5,2	0,2	1.129,6	71,9	188,9	
Transporte Férreo	72,9	0,0	0,0	0,9	1,1	0,2	0,0
Transporte Marítimo	525,4	0,0		7,4	11,0	1,5	0,8
B. Biomasa							
Energía / Industrias de transformación							
Industria Manufacturera		1,2	0,2	163,2	4,1	2,1	6,4
Comercial / Institucional							
Residencial		42,8	0,6	722,4	14,3	84,7	20,5
Agropecuario / minero		12,6	0,2	210,3	4,2	25,2	6,0
Otros (no especificados anteriormente)							
C. Emisiones Fugitivas							
Minería		88,4					
Petróleo		3,3					
Gas		79,6					
Venteo y flameado	744,7	33,3					
2. Procesos Industriales	4.744,5	0,2	0,2	2,4	0,9	25,3	6,3
A. Productos Minerales	3.141,5					0,5	1,9
B. Industria Química	28,5	0,2	0,2	0,2	0,5	2,2	1,4
C. Producción de Metales	1.574,5					0,1	1,3
D. Producción de alimentos y bebidas						21,7	
E. Otras Industrias				1,4	0,4	0,9	1,7
3. Agricultura		1.517,2	76,0	2.184,9	44,0		
A. Ganado doméstico		1.265,7	0,1				
B. Cultivo de arroz bajo riego		168,3					
C. Quema de sabanas		72,9	0,9	1.912,4	32,6		
D. Quema de residuos agrícolas		10,4	0,3	272,5	11,4		
E. Suelos agrícolas			74,7				
4. Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	10.869,1	4,2	0,0	37,0	1,0		
A. Cambios en los bosques y otros stocks de biomasa maderera	8.654,0						
B. Conversión de bosques y praderas	3.225,6	4,2	0,0	37,0	1,0		
C. Abandono de tierras cultivadas	-1.010,8						
D. Emisión y remoción de CO ₂ por suelos	0,2						
5. Residuos		326,6	1,9				
A. Residuos sólidos dispuestos en tierra		311,9					
B. Manejo de aguas residuales domésticas		10,6					
C. Manejo de aguas residuales industriales		4,0					
D. Manejo de aguas servidas humanas			1,9				
Total de Emisión Neta - Gg	62.499,7	2.116,6	79,4	4.826,7	295,9	419,7	141,8
Memo items: Estos valores no están incluidos dentro del consolidado							
Transporte Internacional	583,6	0,0	0,0	2,6	4,8	0,7	0,9
Aéreo	439,4	0,0	0,0	0,6	1,9	0,3	0,5
Marítimo	144,2	0,0	0,0	1,9	2,9	0,4	0,4
Biomasa	16.999,9						

Nota: Las sumas podrían no coincidir debido a las aproximaciones.

* Las emisiones de CO₂ del módulo de energía incluyen en los totales, el cálculo global del transporte automotor.

Tabla 1.3
Emisiones de GEI y
otros gases año
1990 (Gg)

Módulo/Submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			Precursor de aerosoles
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
1. Energía	55.351,7	284,4	1,5	2.874,5	289,5	423,6	162,5
A. Combustibles fósiles							
Energía / Industrias de transformación	13.250,3	0,3	0,1	3,7	38,7	1,0	24,9
Centrales térmicas	6.536,5						17,0
Otros centros de transformación	6.713,8						7,9
Industria Manufacturera	14.709,6	1,2	0,2	15,0	43,9	2,3	70,5
Comercial / Institucional	1.043,4	0,1	0,0	0,3	1,4	0,1	1,9
Residencial	2.952,6	2,3	0,0	14,2	3,7	1,5	4,1
Agropecuario / minero	1.185,1	0,2	0,0	0,3	1,6	0,1	2,6
Construcción	234,5	0,0		0,0	0,7		0,6
Otros (no especificados anteriormente)	2.623,8						1,0
Transporte Aéreo	1.293,7			1,8	5,5	0,9	1,4
Transporte Automotor (cálculo global)	16.620,8	4,1	0,1	1.574,6	153,0	295,7	14,2
Transporte Automotor (cálculo detallado)	16.974,1	6,9	0,3	1.472,6	93,6	245,1	
Transporte Férreo	42,8	0,0	0,0	0,5	0,6	0,1	0,1
Transporte Marítimo	671,0	0,0	0,0	9,3	14,0	1,9	1,1
B. Biomasa							
Energía / Industrias de transformación							
Industria Manufacturera		2,1	0,3	266,9	6,7	3,4	10,2
Comercial / Institucional							
Residencial		42,2	0,6	712,6	14,2	83,7	20,3
Agropecuario / minero		16,5	0,2	275,2	5,5	33,0	8,3
Otros (no especificados anteriormente)							1,3
C. Emisiones fugitivas							
Minería		94,9					
Petróleo		3,4					
Gas		82,4					
Venteo y flameado	724,1	34,6					
2. Procesos Industriales	5.212,3	0,4	0,3	2,9	1,1	29,8	7,8
A. Productos Minerales	3.918,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,5
B. Industria Química	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	2,2	1,9
C. Producción de Metales	1.293,5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	1,1
D. Producción de alimentos y bebidas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0
E. Otras Industrias	0,0	0,0	0,0	1,8	0,5	1,2	2,2
3. Agricultura		1.634,3	87,5	2.178,8	43,8		
A. Ganado doméstico		1.403,6	0,1				
B. Cultivo de arroz bajo riego		145,1					
C. Quema de sabanas		72,9	0,9	1.912,8	32,6		
D. Quema de residuos agrícolas		12,6	0,3	265,2	11,2		
E. Suelos agrícolas			86,2				
4. Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	14.505,3	4,2	0,0	37,0	1,0		
A. Cambios en los bosques y otros stocks de biomasa maderera	13.314,0						
B. Conversión de bosques y praderas	3.225,6	4,2	0,0	37,0	1,0		
C. Abandono de tierras cultivadas	2.034,7						
D. Emisión y remoción de CO ₂ por suelos	0,4						
5. Residuos		374,4	2,0				
A. Residuos sólidos dispuestos en tierra		343,4					
B. Manejo de aguas residuales domésticas		21,2					
C. Manejo de aguas residuales industriales		9,8					
D. Manejo de aguas servidas humanas			2,00				
Total de Emisión Neta - Gg	75.069,3	2.297,6	91,3	5.092,3	335,4	453,3	170,2
Memo items: estos valores NO están incluidos dentro del consolidado							
Transporte Internacional	1.002,7	0,019	0,0247	3,76	7,38	1,10	1,58
Aéreo	811,1	0,0058	0,0231	1,16	3,47	0,58	0,88
Marítimo	191,6	0,0130	0,0016	2,61	3,91	0,52	0,70
Biomasa	20.177,6						

Nota: Las sumas podrían no coincidir debido a las aproximaciones.

* Las emisiones de CO₂ del módulo de energía incluyen en los totales, el cálculo global del transporte automotor.

Tabla 1.4
Emisiones de GEI y
otros gases - año
1994 (Gg)

1.3 Acciones realizadas para mitigar las emisiones de GEI en Colombia

Colombia ha realizado, desde 1994 hasta hoy, diferentes acciones para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y fortalecer su captura a través de sumideros. La mayoría de estas acciones, con excepción de las relacionadas con el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), han sido diseñadas e implementadas con propósitos diferentes al de enfrentar el cambio climático o reducir las emisiones de GEI. Sin embargo, sus efectos se relacionan con lo establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

1.3.1 Políticas y estrategias sectoriales

Las políticas y estrategias acordadas por el gobierno colombiano directamente referidas a aspectos ambientales y factores que pueden influir en el cambio climático, fueron las siguientes:

Sector energía: Para el sector eléctrico se formuló el Plan Energético Nacional en 1994. Además se contemplan políticas como la disminución de la vulnerabilidad del sistema frente a factores hidrológicos; la ampliación del número de agentes participantes y el estímulo a la competencia entre ellos; la utilización en forma eficiente de los energéticos disponibles en el país y el incremento de la disponibilidad de instalaciones de generación.

Sector transporte: Programas de reconversión vehicular a gas; control de las emisiones vehiculares; restricción de la circulación de vehículos automotores e implementación de sistemas masivos de transporte, entre los cuales se incluyen los casos de grandes centros urbanos como Bogotá y Medellín con los proyectos de Metro y Transmilenio, respectivamente.

Sector procesos industriales: La Política Nacional de Producción más Limpia en 1997.

Sector agricultura: El sector agrícola colombiano ha venido incursionando en el mercado de productos agrícolas ecológicos desde hace cinco años. Con más de veinte empresas certificadas (y unas 20 más en conversión), cuenta con un área certificada de alrededor de 33 mil ha y exportó cerca de US\$ 9 millones en el año 2000.

Sector cambio en el uso de la tierra y silvicultura: La política de bosques (1996), el Plan Estratégico para la Restauración y Establecimiento de Bosques en Colombia (Plan Verde, 1998) y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (2000).

Sector disposición de residuos: La Política para la Gestión Integral de Residuos, en 1997.

1.3.2 Medidas para implementar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático - El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

Con el objetivo de preparar una estrategia nacional para participar en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el gobierno colombiano realizó el Estudio Estratégico Nacional de Cambio Climático (NSS- Colombia) con el apoyo del gobierno de Suiza y del Banco Mundial. Dicho estudio evaluó el potencial nacional frente al nuevo mercado, en términos de los beneficios potenciales y su competitividad. También, identificó las restricciones que puedan limitar el desarrollo de dicho potencial y desarrolló líneas estratégicas para superar las restricciones y maximizar los beneficios potenciales

del MDL identificados. Adicionalmente, se estructuró y formuló un portafolio de proyectos.

El Estudio Nacional de Cambio Climático (NSS - Colombia) se realizó durante 1999, cuando aún no se habían realizado las conferencias de las partes 6 y 7 que excluyeron los proyectos de conservación y se limitaron los de reforestación y aforestación en el MDL. Por esta razón, tanto el potencial estimado, como el portafolio de proyectos, incluyen actividades de conservación, reforestación y aforestación.

1.4 Vulnerabilidad y adaptación

1.4.1 Zonas costeras e insulares

Los efectos del potencial ascenso del nivel marino fueron evaluados mediante indicadores geomorfológicos y morfodinámicos, a partir de una caracterización física del litoral, la evaluación de su susceptibilidad y la proyección de los posibles cambios biofísicos que causaría. De acuerdo con esta evaluación, un incremento del nivel medio del mar en un metro en las costas colombianas causaría la inundación permanente de 4.900 km² de costas bajas, el encharcamiento fuerte a total anegamiento de 5.100 km² de áreas costeras moderadamente susceptibles, así como el encharcamiento de zonas aledañas y la profundización de los cuerpos de agua localizados en la zona litoral y la plataforma continental. Igualmente, esta inundación causaría el incremento de la erosión en zonas especialmente sensibles, donde la actividad antrópica ha reducido la capacidad de amortiguación de los sistemas litorales. Sistemas naturales como las playas y marismas serían los más afectados por la erosión y la inundación del litoral.

Se pudo establecer que los potenciales cambios biofísicos que afectarían el litoral colombiano por el cambio del nivel del mar en 1 metro harían que parte importante de la población, las actividades económicas y la infraestructura vital del país se vieran amenazadas por la inundación. La población que se encuentra en áreas expuestas a la inundación es aproximadamente 1,4 millones de habitantes, población asentada, en su mayoría, en el sector urbano (85%). Para el litoral Caribe, sólo 9% de las viviendas urbanas presenta alta vulnerabilidad a la inundación, porcentaje que llega al 46% en el sector rural. En el litoral Pacífico, 48% de las viviendas del sector urbano y 87% del sector rural son altamente vulnerables. Sin embargo, debido a las tradiciones culturales, gran proporción de las viviendas están construidas sobre palafitos, costumbre que facilitará la adaptación. En cuanto a la vulnerabilidad social de los hogares en el litoral Caribe, sector urbano, 1% son altamente vulnerables, 16% son moderadamente vulnerables, y 83% son poco vulnerables. En el sector rural de este litoral, 28% de los hogares son altamente vulnerables, 11% son moderadamente vulnerables y 61% son poco vulnerables. En el litoral Pacífico los hogares con alta vulnerabilidad social alcanzan 13%, 62% son moderadamente vulnerables y 25% restante tienen baja vulnerabilidad.

En el litoral Caribe el análisis concluyó que en el sector agropecuario, de las 7'208,299 ha de cultivos y pastos reportadas, 4,9% están expuestas a diferentes grados de amenaza por inundación. De éstas, 49,5% presenta alta vulnerabilidad, representada en cultivos de banano y palma africana principalmente. En el sector industrial, se encontró que 75,3% (475 ha) del área ocupada por los establecimientos manufactureros en Barranquilla y 99,7 % (877 ha) en Cartagena son de alta vulnerabilidad. Se considera que 44,8 % de la malla vial terrestre tiene alta vulnerabilidad, 5,2 % vulnerabilidad moderada y 22,7 % es poco vulnerable.

Las medidas de adaptación propuestas están orientadas a recuperar y fortalecer los mecanismos de resiliencia del litoral para facilitar la adaptación natural de las zonas costeras al ascenso del nivel del mar. Otras opciones de adaptación tienen como marco el manejo integrado de zonas costeras que ha establecido el país para sus litorales, son la preservación de humedales costeros, la regulación de los usos y actividades en las zonas amenazadas por la inundación y la protección de zonas de interés socioeconómico vital.

Se analizó la vulnerabilidad de la isla de San Andrés, ubicada en el mar Caribe, y que hace parte de un extenso archipiélago coralino de 52.2. km². La isla de San Andrés cubre un área de 27 Km², de los cuales el 17% sería inundado por un ascenso proyectado de 1 metro del nivel del mar y que se localiza en las zonas norte y este de la isla. Las zonas más afectadas por la inundación representan la mayor parte de la riqueza natural de la isla, y es el sector donde se asienta la infraestructura turística y comercial. La alta vulnerabilidad de estas zonas es debida a la presencia de rellenos habilitados en la década de los 50. Igualmente, la infraestructura de servicios públicos será afectada, en especial el alcantarillado, el abastecimiento de agua potable y la infraestructura vial, además del incremento de los actuales procesos de erosión.

1.4.2 Recursos hídricos

Según la evaluación de los efectos del cambio climático sobre el régimen hidrológico, las posibles consecuencias del cambio climático en el componente hidrológico se pueden catalogar en dos tipos:

- aumentos de la norma de escorrentía, disminuciones de la variabilidad temporal del recurso y acentuamiento de su asimetría.
- descenso en la norma de escorrentía, aumento en la variabilidad temporal del recurso y atenuación de su asimetría

Lo anterior implica que para las regiones en las que el coeficiente de asimetría actual es positivo serán posibles incrementos significativos en la frecuencia de los caudales máximos, los cuales se verán ligeramente atenuados en su magnitud. Sin embargo, también es posible tener situaciones en las que se puedan presentar caudales de inundación un poco más altos que los actuales. Adicionalmente, los caudales mínimos serán menos abundantes y su frecuencia se incrementará ligeramente debido al aumento de la asimetría de la escorrentía.

En los sectores donde actualmente el régimen hidrológico se caracteriza por presentar un valor de asimetría negativo habrá afectaciones contrarias, pero no totalmente inversas, a las anteriores. De este modo los caudales bajos serán favorecidos con incrementos de su magnitud, pero a la vez, con un aumento relevante de su frecuencia. Finalmente, los caudales máximos también aumentarán sus valores pero con un decrecimiento de su frecuencia.

Para zonas con asimetría negativa o positiva, será posible una disminución de la frecuencia de los valores modales de escorrentía, lo cual favorecerá las condiciones de regulación temporal de las corrientes.

Para el segundo tipo de respuesta, sin diferencia por zonas de distinta asimetría, el patrón de afectación señala disminuciones en la frecuencia y magnitud de los valores modales, aumento en la frecuencia de los caudales extremos (tanto máximos como mínimos), la agudización de estos eventos y, finalmente, deterioro en las condiciones de regulación de las corrientes.

Es necesario profundizar en el análisis detallado de la sensibilidad de algunos sectores productivos, pues el 50% del territorio nacional se verá posiblemente afectado por vulnerabilidad desde alta hasta muy alta como resultado de grandes afectaciones en las magnitudes de la norma de escorrentía, coeficiente de variación y de asimetría o por la total modificación en el funcionamiento del régimen hidrológico.

1.4.3 Coberturas vegetales

Para la evaluación de los posibles impactos en la cobertura vegetal e identificar su vulnerabilidad se analizaron los desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge; como escenario de cambio climático, se identificaron las coberturas vegetales afectadas por el desplazamiento y se realizó una zonificación del territorio nacional según grados de vulnerabilidad de las coberturas vegetales frente a un cambio climático.

De acuerdo con lo anterior, las siguientes zonas podrían verse desplazadas:

- Zona de vida nival (N) se vería afectada en el 92%, desplazándose un 65% a Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA), y un 27% a superpáramo o Tundra Pluvial Alpina (tp-A).

- Zonas de vida Montano, Subalpina y Alpina, ubicadas por encima de los 2.500 msnm, y que corresponden a los subpáramos, páramos, superpáramos y nieves, se podrían ver afectadas entre un 90% y un 100%, lo que equivaldría a un desplazamiento altitudinal no sólo dentro de las zonas que señala el diagrama de Holdridge, sino a alturas biogeográficas mayores que las que actualmente ocupan en la región andina.

- Zonas de vida Premontano, ubicadas entre los 1.000 y 2.000 msnm, en donde, por lo general, se encuentra la zona cafetera y que corresponde al Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) y al Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), los cuales cubren el 7% del territorio nacional. Estos podrían verse perjudicados entre un 50 y 60%, con posible desplazamiento altitudinal hacia elevaciones mayores.

Adicionalmente, una tercera parte de las zonas que actualmente son agroecosistemas, podría verse afectada ante un eventual cambio climático. De ser así los agroecosistemas de la zona andina serían los más vulnerables, en más del 47% de su extensión.

Así mismo, es posible la afectación en el Bosque Basal Amazónico (BBam) en un 14% de su extensión, al igual que el Bosque Basal Orinoco (BBo) en un 30% y el Bosque Basal Pacífico (BBp) en un 7%. El Bosque Andino (BA) sufriría en 43%.

1.4.4 Aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas continentales colombianos

Tal como se ha usado, el modelo de Holdridge representa la "primeira aproximación" al estudio de la vegetación. Este puede ser interpretado de manera general para los ecosistemas zonales, es decir aquellos cuya distribución espacial depende directamente de los factores climáticos considerados. Para los grandes tipos de ecosistemas naturales del país se realizó una revisión de su dinámica, factores naturales de perturbación, factores tensionantes y una discusión de los posibles efectos del cambio climático. Se realizó para ecosistemas zonales y azonales, a saber:

- **Zonobioma del bosque húmedo tropical:** En Colombia, las áreas de selvas bajas que menor posibilidad de adaptación presentan ante el cambio climático, por efectos tensionantes antrópicos son: 1) Pequeños y aislados relictos de selva, situados lejos de las vertientes andinas o piedemontes, 2) Áreas de selva tropical cercanas a los piedemontes, pero fuertemente fragmentadas y con un uso de la tierra que ha producido erosión y compactación de los suelos (Caquetá y Putumayo).

- **Pedobiomas y helobiomas del zonobioma del bosque húmedo tropical:** La proyección de lo que ocurriría con los pedobiomas está por fuera de las premisas del modelo. Una proyección futura podría realizarse a través de la interpretación de los cambios posibles en los regímenes hidrológicos en las cuencas hidrográficas. Los cambios del macro clima (temperatura y precipitación) tendrían en las selvas inundables menos efectos directos. Sin embargo, dado que el cambio climático también puede manifestarse en una alteración de la dinámica hidrológica de los grandes ríos (caudales/estacionalidad), podría preverse una afectación de la dinámica morfogénica de este tipo de ecosistemas. El efecto indirecto podría ser igualmente grave. El cambio en la estructura y composición de los ecosistemas como producto del cambio en los regímenes de inundación en los planos aluviales, tendría un efecto enorme sobre la biodiversidad. Cualquier modelación en el futuro sobre la sensibilidad y vulnerabilidad de estos biomas, debería hacerse a una escala más detallada y evaluando simultáneamente factores como disponibilidad del agua en el suelo, en las llanuras o planos aluviales, cambios en el mesoclima regional y factores tensionantes antrópicos. En todo caso se trata de modelos de un nivel de complejidad mayor al usado para la proyección de zonas bioclimáticas.

- **Zonobioma de bosque seco tropical:** En general el bosque seco tropical de la región del Caribe se afectaría en un 17,79% de su superficie actual en desplazamiento a condiciones más cálidas y secas. A pesar de la fragilidad de estos bosques, el modelo climático los señala como las formaciones vegetales de Holdridge menos afectadas relativamente por el cambio climático. Las proyecciones generales basadas en el modelo de Holdridge, y el conocimiento de la dinámica y grado de tensión del bosque seco tropical, permiten suponer que se trata de uno de los grandes tipos de ecosistemas del país más vulnerables al cambio climático. La capacidad de adaptación del bosque seco colombiano al cambio climático es mínima

- **Sabanas (Pedo o peino biomas, dependiendo de la ubicación):** El sistema de clasificación bioclimático de Holdridge, define como áreas de "bosque seco tropical" a la mayoría de las sabanas zonales del país y no permite diferenciar el cambio que ocurriría en las sabanas como tales, en relación con el conjunto de "bosque seco tropical". Sin embargo, no pueden descartarse cambios en la estructura biótica, por incremento del fuego, y degradación por erosión o aridización marcada. El cambio climático tendría un efecto desestabilizador, posiblemente un efecto directo de desertización y un cambio y pérdida de biodiversidad

- **Orobiomas andinos: Selvas andinas:** Los cambios en las zonas de vida andinas previstos por el modelo de desplazamiento de las zonas de vida de Holdridge y coberturas vegetales de Colombia afectadas por el cambio climático a $2\times\text{CO}_2$, señalan, en general, un desplazamiento hacia condiciones de zonas de vida de condiciones más secas y más cálidas. La alta fragilidad de los bosques andinos de montaña, unida a la enorme tensión antrópica en que se encuentran por reducción de área, fragmentación, pérdidas bióticas y degradación, los hace uno de los ecosistemas

más vulnerables al cambio climático. La adaptación sólo podría preverse desde ahora, mediante programas amplios de conservación de los relictos, de restauración ecológica y creación de corredores de conservación y el mejoramiento ecológico general de los agroecosistemas circundantes.

- **Ecosistemas acuáticos continentales:** El modelo de Holdridge aplicado no permite ningún tipo de proyección sobre todos los tipos de ecosistemas distribuidos con cierta independencia de los factores climáticos considerados. La vulnerabilidad de los humedales al cambio climático, en general depende de la afectación de los procesos hidrológicos que los sustentan y de los biomas específicos en los cuales se encuentran.

- **Agroecosistemas:** No fue posible establecer un patrón general de comportamiento de los agroecosistemas ante el cambio global. Esto porque en Colombia este tipo de sistemas han sido establecidos en prácticamente todos los diferentes ecosistemas naturales. Los mismos agroecosistemas pueden en primera instancia visualizarse como una forma de transformación o tensión sobre el ecosistema natural. Así, puede preverse que el futuro de los agroecosistemas se encuentra en general ligado al escenario de vulnerabilidad del ecosistema natural que les dio origen.

Como parte de los lineamientos para la adaptación de los ecosistemas al cambio climático, se debería desarrollar un ordenamiento territorial que incluya el concepto de una Estructura Ecológica Principal para el país. Esto es un escenario territorial de planificación que considere la estructura espacial de los ecosistemas naturales y los ecosistemas manejados, tanto desde el punto de vista de bienes y servicios ambientales que prestan, como de la capacidad de carga o de sustento que pueden ofrecer a la población.

1.4.5 Ecosistemas de páramo

La localización de los ecosistemas de alta montaña hace que en ascensos asociados a un calentamiento, se genere una reducción del área y una disminución de la diversidad biológica que ellos albergan. Debido al avance por la vertical, el área del ecosistema se reduce y tiende a desaparecer. Esta localización particular en la alta montaña los hace vulnerables al cambio climático.

Adicionalmente, la ubicación, en una franja altitudinal de procesos socioeconómicos de alta dinámica, incrementa considerablemente la vulnerabilidad. Si continua la tendencia de los procesos socioeconómicos en la incursión en la alta montaña avanzará el desarrollo de la agricultura y la ganadería en la zona de páramo, ya parcialmente ocupado por estas actividades. También se comenzará a utilizar la zona más alta hasta el límite de las muy pequeñas zonas de superpáramo que quedan. De ser así, estos ecosistemas desaparecerán y se acabaría su biodiversidad y su función de regulación hídrica.

Si se considera que el cambio climático es un proceso global de difícil control a escala regional, se deberían tomar acciones para que, al menos, se permita la adaptación natural. En tal sentido, es prioritario controlar el avance de la actividad humana hacia las zonas de páramo, así como llevar a cabo una política orientada a limitar gradualmente la actividad socioeconómica en el páramo y declarar estas áreas como reservas de la biodiversidad y del agua.

Adicionalmente, se deberían desarrollar planes para ofrecer a las personas afectadas por las anteriores medidas un cambio de tierras de páramo por otras a menor altitud, disminuyendo así la presión antrópica sobre los ecosistemas paramunos.

Las medidas de adaptación anteriormente mencionadas requieren la consideración de las especificidades y profundizar los estudios socioeconómicos y de tenencia de la tierra en cada páramo.

1.4.6 Zonas glaciares

El estudio realizado permitió establecer que los actuales glaciares del país han perdido en 150 años un 80% de su área desde el final de la Pequeña Edad Glacial (1850). Según mediciones realizadas al final de la década de los noventa, los glaciares colombianos pasaron de 348 km² a 63 km². Los análisis de la deglaciación junto con las tendencias actuales del clima permiten establecer que los glaciares actuales del país podrían desaparecer en los próximos cien años, al igual que ocurrió con otros glaciares entre 1940 y 1985.

Mediciones en campo, en la última década (1990 - 2000), indican un retiro lineal del hielo entre 10 y 15 m anuales en promedio, y que podrá variar de acuerdo con condiciones climáticas extremas, como el Fenómeno Cálido del Pacífico, El Niño. Por el contrario, eventos fríos como el de La Niña, atenúan un poco la velocidad de deshielo, sin embargo esto no significa que se recupere el área, ya que el retroceso glaciar es un proceso que puede considerarse como natural casi irreversible. Cálculos fotogramétricos establecieron que a mediados de la década de 1950 y finales de la década de 1990 la tasa de pérdida anual del área de los glaciares existentes fluctuó entre 0,64% (Huila) y 1,65% (Tolima).

De otra parte, pobladores de áreas aledañas a glaciares se benefician del agua proveniente del deshielo. Los acueductos de municipios como Chinchiná, Palestina, Manizales, Pereira y Santa Rosa de Cabal, en el parque nacional natural Los Nevados, dependen en su abastecimiento de los ríos que nacen en la zona alta de la cordillera Central colombiana por encima de los 3.000 msnm (Corpocaldas, 2001). Así mismo, municipios como Güicán y El Cocuy aprovechan el agua producto de la deglaciación de la sierra nevada de El Cocuy en la cordillera Oriental. Vale la pena destacar que este glaciar es el de mayor área en el país, pues ocupa el 37% de las superficies glaciadas del país.

1.4.7 Sector agrícola

El análisis de la vulnerabilidad del sector agrícola ante el cambio climático en Colombia se desarrolló mediante la metodología denominada analogía espacial.

A partir de la información de los rangos bioclimáticos y la oferta edáfica se puede concluir que los rangos bioclimáticos más vulnerables bajo el supuesto de duplicación de dióxido de carbono son: frío húmedo, frío pluvial y paramuno muy húmedo, teniendo en cuenta que el área de estos rangos bioclimáticos (con oferta edáfica alta) se disminuiría en promedio 47.7%

Con base en una evaluación de tierras aptas para la agricultura intensiva y el análisis de la susceptibilidad por procesos de desertificación y distritos de riego, se puede concluir que 7'731.550 hectáreas, correspondientes al 7% del territorio nacional, son aptas para agricultura intensiva. De éstas sólo el 12,2% se encuentra en ecosistemas secos.

La oferta de los suelos para agricultura intensiva afectados por procesos de desertificación aumentaría en el área del ecosistema seco en 1,4%. Las áreas de los cultivos de banano, caña de azúcar, palma de aceite sobre suelos propensos a la degradación por desertificación aumentaría

en 3%. Los 23 distritos de riego de gran irrigación de administración usuarios, INAT, se encuentran en ecosistemas secos. Actualmente, 15 de ellos están afectados por procesos de degradación por desertificación en un 32.2% de su área total.

Con el escenario futuro de duplicación de dióxido de carbono, los 23 distritos de riego se verán afectados por procesos de degradación por desertificación en un 91.3% de su área total.

Aún no se dispone de un inventario de las áreas ocupadas en agricultura en ecosistemas secos, pero se estima que cerca de 10% de sus tierras están disponibles para ser aprovechadas para agricultura intensiva. Si en estas áreas se siguen utilizando los mismos tipos de agricultura y las mismas tecnologías, la amenaza de pérdida de la productividad de estos suelos será alta. De acuerdo con lo anterior es necesario implementar planes de manejo especiales para los agroecosistemas en estas zonas secas.

Con el propósito de complementar los resultados obtenidos en este estudio se recomienda, en investigaciones futuras, tener en cuenta los siguientes aspectos: 1. Incluir la información de oferta hídrica; 2. Realizar el análisis entre variabilidad climática y rendimiento de cultivos para los principales cultivos de agricultura intensiva, mediante la metodología de analogía temporal; 3. Adelantar la investigación relacionada con el aprovechamiento de la información de sensores remotos, la identificación, georreferenciación y caracterización de cultivos específicos; 4. Implementar un calendario agrotecnológico sostenible que contribuiría al desarrollo de los siguientes temas: relacionar los requerimientos fisiológicos y las fases vegetativas de los cultivos; diagnosticar la oferta ambiental edáfica agropecuaria, la capacidad del ecosistema de tolerar las actividades y tecnologías agropecuarias, la susceptibilidad del medio a la degradación por erosión, compactación, salinización, sodización, aluminización, pérdida de la materia orgánica y prevenir riesgos por condiciones climáticas y biogeoedáficas en el tiempo real.

1.4.8 Suelos y tierras en desertificación

Uno de los efectos en Colombia por el cambio climático global es el aumento de las áreas en proceso de desertificación y las sequías o la intensificación de la gravedad de los procesos de degradación de suelos al interior de áreas actuales en desertificación.

La información obtenida a partir de los indicadores considerados en el modelo de desertificación en Colombia, establecen que las tierras afectadas totalizan 4'828,875 hectáreas, correspondientes a 4,1% del territorio nacional. En el 0,6% del territorio, el proceso alcanza niveles extremos de gravedad y de insostenibilidad, mientras que en el 1,9 % los niveles son moderados y en el 1,4% restantes son leves.

Si se amplía a 0,75 el rango del indicador climático establecido por Naciones Unidas (P/ETP), es posible definir áreas con un potencial alto de desertificación. De este modo, Colombia tendría una superficie adicional de 3'576,068 hectáreas (3,1% del territorio nacional) susceptibles a este proceso. Lo anterior es factible si se consideran los efectos futuros del cambio climático con aumento de la temperatura del aire y la presión antrópica al someter estos suelos a procesos de agricultura intensiva y a la explotación de hidrocarburos y minería, con tecnologías que generan impactos ambientales en los suelos, la aguas, la fauna, la

vegetación y el aire. El porcentaje de tierras afectadas por la desertificación es muy bajo en el país, y más aún al compararlo con el de otras naciones latinoamericanas -de nueve países con desertificación en América Latina, Colombia ocupa el séptimo lugar. Sin embargo, el hecho de estar localizados en los principales polos de desarrollo no deja de ser una señal de alarma justificada.

1.4.9 Salud humana

La malaria y el dengue fueron las dos patologías seleccionadas para estudiar la relación entre la salud humana y el cambio climático, debido a la frecuencia que puede estar relacionada en el cambio climático y tener gran relevancia en la morbilidad de la población colombiana y mundial.

Las zonas susceptibles de contagio en Colombia se determinaron de acuerdo con variables climáticas (temperatura, precipitación y humedad relativa) e incidencia real en el desarrollo de la malaria y el dengue.

Las zonas más expuestas a la malaria como consecuencia del cambio climático estarían en la totalidad de los municipios de los departamentos del Chocó y Guaviare, algunos municipios de Putumayo, Caquetá, Amazonas, Meta, Vichada, Vaupés, Guainía y Arauca; las zonas de la vertiente del Pacífico de los departamentos de Nariño, Cauca y valle del Cauca, y las correspondientes al Urabá antioqueño, sur de La Guajira, Catatumbo y las zonas del Bajo Magdalena, Bajo Cauca, Nechí, Alto San Jorge y Alto Sinú.

En cuanto al dengue, las áreas de mayor vulnerabilidad se sitúan en Santander, Norte de Santander, Tolima, Huila, Atlántico y Valle del Cauca.

En lo que respecta a la malaria, se plantea fortalecer la prevención y el control, mediante actividades relacionadas con la aplicación de insecticidas químicos y el tratamiento de las personas enfermas con medicinas antimaláricas; medidas de manejo ambiental de áreas urbanas y rurales; mejoría en el diagnóstico temprano; incremento del acceso a los servicios de salud y el tratamiento, así como la promoción del autocuidado y de la protección en la comunidad.

Las medidas de adaptación recomendadas en lo relacionado con el dengue, son las más utilizadas para enfrentarlo: fortalecer acciones como el control químico para eliminar los mosquitos adultos, el control ambiental para eliminar los criaderos del mosquito, y la implementación de campañas de limpieza, organizadas con la ayuda de asociaciones comunitarias y de profesionales de la salud.

1.5 Limitaciones, recomendaciones y necesidades

En general, los análisis de los diferentes componentes de esta Comunicación Nacional se abordaron dentro de la metodología que recomienda el IPCC (1996) para la elaboración del inventario de gases de efecto invernadero, la construcción de escenarios del cambio climático con los que se evalúa el impacto potencial y para la identificación de la vulnerabilidad. Sin embargo, durante el proceso de aplicación de las guías IPCC y demás documentos de soporte, se encontraron dificultades que limitan el alcance de los resultados que se presentan en esta Comunicación. Por esta razón se hace una serie de recomendaciones para orientar y mejorar la información para las futuras Comunicaciones Nacionales.

1.5.1 Problemas con el uso de la metodología IPCC 1996 en el capítulo de inventarios

- **Módulo de procesos industriales:** Se encontraron problemas con la metodología, por cuanto esta presenta ambigüedades en las opciones de los datos que se han de utilizar para realizar los cálculos de emisiones, como es el caso de la información de producción de clinker y de cemento. En la medida en que esto ocurre se corre el riesgo de sobreestimar o subestimar, según el caso, las emisiones del proceso y con ello distorsionar los resultados del inventario. Hay problemas en la homologación de las categorías de clasificación de productos y procesos del IPCC con los existentes en el ámbito nacional. Las opciones de las guías del IPCC con respecto a los datos disponibles son, en algunas ocasiones, muy genéricas y en otras muy específicas. Lo anterior genera confusión en la guía, y más aún cuando nacionalmente los datos oficiales no coinciden con los aportados por los gremios y centros de investigación. Los factores de emisión por defecto propuestos por el IPCC no son claros con respecto a cómo fueron obtenidos. En este contexto el IPCC no suministra información sobre la tecnología, los grados de producción y agregación de la información para su construcción, representabilidad y su significancia estadística.

- **Módulo de cambio en el uso del suelo y silvicultura:** La guía no es lo suficientemente clara con respecto al cálculo de las existencias o *stock* de biomasa. Los términos utilizados para tal propósito son ambiguos, en la medida en que dan a entender que sólo se deben tener en cuenta aquellos bosques plantados o los que resultan del producto de la explotación a tala rasa. De igual manera no especifica de manera explícita en qué categoría se deben involucrar los bosques que son intervenidos de manera selectiva, como en el caso colombiano. Igualmente, los valores por defecto sugeridos por la metodología no se consideran los más apropiados para los bosques tropicales de América Latina, ya que cada país cuenta con un régimen específico de uso, manejo y aprovechamiento, por lo que debe hacer sus propios inventarios al respecto. Este procedimiento define a su vez los cálculos de captura de dióxido de carbono lo cual genera valores erráticos y poco confiables en el balance de las emisiones e inmisiones del país.

- **Módulo de residuos:** Los términos aplicados en la metodología de las guías corresponden a países con manejos tecnificados de los residuos.

1.5.2 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996 en el capítulo de vulnerabilidad y adaptación

- En la evaluación de la vulnerabilidad, la metodología del IPCC no se siguió, debido a que la información presentaba limitaciones en cuanto a su disponibilidad, homogeneidad y georreferenciación. Además de los problemas señalados en las guías metodológicas, tales como proyectar y construir escenarios futuros con cambio climático o sin él.

- En general, la definición de vulnerabilidad y riesgo se presta para múltiples interpretaciones. Es necesario, para efectos de comparabilidad internacional, que se defina y precise la cantidad de agregación de la información referente a las unidades de exposición.

- La metodología requiere la incorporación de otros criterios y conceptos importantes que deben ser tenidos en cuenta en la evaluación de la vulnerabilidad, como considerar que la amenaza ejerce un impacto diferencial al interior de los grupos sociales y entre ellos, tanto por sus carac-

terísticas socioeconómicas como culturales. Esto permitió analizar únicamente parte de los elementos expuestos que recomendaba la guía.

1.5.3 Recomendaciones específicas para el mejoramiento de las guías del IPCC 1996 para el capítulo de inventarios

- Para el módulo de procesos industriales se propone que los factores de emisión guarden una mínima coherencia con los estudios de emisión que han patrocinado el Banco Mundial y otros organismos internacionales.

- Para el módulo de cambio en el uso del suelo, las guías del IPCC conducen a diferentes interpretaciones. Aunque son todas válidas, se considera necesaria una revisión para esclarecer la inclusión o exclusión de los *stocks* de biomasa de bosques naturales en equilibrio dinámico y estado de sucesión avanzado, ocasionado por fenómenos naturales que permiten la renovación de los mismos. Según algunas interpretaciones, este tipo de *stocks* implicaría procesos de regeneración natural de superficies aclareadas y así a remociones de CO₂ de la atmósfera. Si se incluyen todos los bosques en diferentes estados sucesionales y de equilibrio dinámico, la consecuencia en el inventario de GEI es el incremento sustancial de las cifras de captura de dióxido de carbono. Es importante, además, que la metodología tenga en cuenta la clasificación que cada país haya realizado para sus tipos de coberturas boscosas. De otra parte, el balance de captura y emisión de GEI con valores confiables sólo podría obtenerse si se toma en cuenta la captura de dióxido de carbono de los océanos del país.

- Se recomienda desarrollar un proceso metodológico para contabilizar la biomasa de las sabanas herbáceas naturales y de otros ecosistemas contemplados anteriormente ya que éstas se tienen en cuenta en el módulo de agricultura sólo para la contabilidad de quemas y no como sumideros importantes de carbono.

- Para el módulo de residuos, se sugiere que en las guías se utilice el Sistema de Clasificación Internacional de Productos, CCP, para facilitar el proceso de identificación de cada producto incluido en el proceso de estimación de GEI. Las cantidades propuestas por defecto no son confiables. El factor para recuperación o quemado de metano en los países en vía de desarrollo evita conocer la fracción de gas que escapa a la atmósfera durante el proceso metanogénico.

- Se recomienda conformar y formalizar un convenio interinstitucional en el que participen expertos nacionales para realizar los ajustes a la metodología del IPCC, en el marco de los criterios, definiciones, variables y parámetros que se deben seguir en próximos y posteriores informes internacionales de Colombia.

- Una recomendación válida para todos los módulos del Inventario es que el manual de referencia y demás textos técnicos de la UNFCCC y sus órganos subsidiarios estén disponibles en los idiomas oficiales de las Naciones Unidas. Al respecto se recomienda que una vez traducidos se haga una revisión para asegurar la fidelidad del texto original y así evitar problemas de interpretación.

1.5.4 Recomendaciones para el mejoramiento de las guías del IPCC 1996 para el capítulo de vulnerabilidad y adaptación

- Como observación general a la metodología IPCC, puede recomendarse que se establezcan requisitos mínimos de contenido y alcances para

las Comunicaciones Nacionales, que profundicen en la evaluación de la vulnerabilidad, pero que, a la vez, permita realizar comparaciones entre la información y los resultados presentados por cada país.

1.5.5 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales

- Es importante precisar los análisis en los cambios de superficie en las coberturas vegetales boscosas para así aumentar el grado de resolución adecuada a una escala de 1:100.000.
- Para establecer información relacionada con el abandono de tierras de 20 a 100 años, se requiere adquirir las imágenes satelitales de alta resolución espacial y espectral para las décadas de 1970 a 2000.
- El nivel de confianza de la información aumentará en la medida en que se realicen inventarios periódicos en ecosistemas representativos regionales.
- Es necesario lograr un mayor detalle en la composición y estructura de las diferentes coberturas vegetales identificadas a escala nacional, que permita valorar de manera más precisa la dinámica natural de las mismas.
- Para complementar el estudio estructural de los ecosistemas, es necesario trabajar a mayor profundidad aquellas variables silviculturales que permitan describir los contenidos en área basal, volumen, riqueza florística y diversidad, competencia intraespecífica, así como los grados de iluminación que recibe el sotobosque con el objeto de conformar posibles sumideros que no han sido estudiados a profundidad.
- Se recomienda al Panel Intergubernamental de Cambio Climático desarrollar talleres regionales a escala latinoamericana con el objeto de discutir y establecer criterios técnicos y metodológicos para la realización de los inventarios, particularmente en lo concerniente al módulo de Cambio en el uso de la tierra y silvicultura, y de esta manera ajustarlo a las especificaciones nacionales. De igual forma se propone desarrollar talleres técnicos que ayuden a los países miembros para la definición de medidas de adaptación y mitigación.

1.5.6 Costos asumidos por el IDEAM para la realización de la primera Comunicación Nacional ante la UNFCCC

El IDEAM asumió la coordinación para la elaboración de la primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Al haber asumido esta función, el IDEAM recibió del GEF/PNUD un apoyo financiero de US\$ 345.000, los cuales sin duda, contribuyeron al buen desarrollo de esta Comunicación Nacional. Adicionalmente a estos recursos, y tal como se estableció en el proyecto GEF/PNUD, Colombia por medio del IDEAM, dispuso de una contrapartida (in kind contribution) para el proyecto. El Instituto realizó un análisis en el que se valora en dólares esta contrapartida nacional con el objeto de permitir a los evaluadores y a quienes toman las decisiones pertinentes en el marco de la UNFCCC tener una idea sobre las necesidades y costos reales de financiación para Colombia e identificar los requerimientos de financiación para las próximas comunicaciones nacionales. Los costos asumidos por el IDEAM como "in kind contribution" para esta primera Comunicación Nacional ascendieron a cerca de US\$ 900.000.

Abbreviations and Conventions

ACOFOR	Forestry association
BA	Andean Forest
BEN	Energetic Balance
Bbam	Amazon basal Forest
BBo	Orinoco basal Forest
BBp	Pacific basal Forest
Bh-PM	Humid Premontane Forest
Bmh-PM	High humid premontane forest
BOE	Barrels of Oil Equivalent
Br	Riverside forest
CEGA	Agricultural and Livestocks Studies Center
CO ₂	Carbon dioxide
CPC	Central Product Classification
DANE	Government Statistical Bureau
ECOPETROL	Empresa Colombiana de Petróleos
FAO	UN Food and Agriculture Organization
FCCC	UN Framework Convention on Climate Change
FEDEARROZ	The Rice-Growers Fund
GDP	Gross Domestic Product
Gg	Gigagrams, 10 ⁹ grams
GWh	Gigawatt - hours
GWP	Global Warming Potential
ha	Hectare (s)
IDEAM	Hydrology, Meteorology and Environmental Studies Institute
INAT	Instituto Nacional de Adecuación de Tierras
INVEMAR	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MDL	Clean Development Mechanism
MW	Megawatts
mnsml	Meters above sea level
OLADE	The Latin American Energy Organization
FINAGRO	First National Farming Survey
PJ	Petajoule: 10 ¹⁵ joules
PNUD	United Nations Development Program-UNDP
Sar	Shrub lands
SEFC	Colombian Forestry Statistics System
SIG	Sistema de Información Geográfico /GIS
SIN	The National Power Grid
SINA	The National Environmental System
SINCHI	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas
SISAC	Agricultural sector information system
TG	Teragrams: 10 ¹² grams
TW	Terawattios: 10 ¹² watts
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPME	The Mining and Energy Planning Unit
Xa	Andean Xerofitic vegetation

1 Executive Summary of Colombia's First National Communication to the United Nations Convention on Climate Change

1.1 National Circumstances

1.1.1 Geography and Climate

Colombia has a total area of 207,040,800 hectares, of which 114,174,800 are continental land mass and 95,866,000 are territorial waters. The island zones consist of a series of islands in the Pacific (Malpelo and Gorgona) and in the Caribbean (archipelago of San Andres and Providencia, and a large number of keys, islets and shallows). Pacific waters cover 33,930,000 hectares and Caribbean waters 48,936,000 hectares. This makes Colombia the fourth largest country in South America and the only one with Caribbean and Pacific coasts. There are five main natural regions on the mainland: Caribbean, Andean, Pacific, Orinoquia and Amazonia (See map: *Colombia, General Location and Natural Regions*).

The greater part of the country enjoys more or less the same temperature ranges of an annual average of 24-28°C in the eastern zone of the Caribbean plains and a strip of the Pacific coast. Average annual temperatures of over 28°C are to be found in the lower, middle and part of the upper Magdalena valley. In a much smaller area, including Andean and Interandean zones, there is a variety thermic levels due to the wide variations of air temperature at higher altitudes. The snow line, with temperatures lower than 0°C, is found above 4,600 m above sea level, and this is the smallest of the land areas of Colombia.

1.1.2 Vegetation cover, ecosystems and biodiversity

Forests are estimated to account for 63,886,012 hectares, non-forest vegetation for 20,618,423 hectares, continental waters 238,867 hectares, human settlements for 124,532 hectares and farming and settlement processes for

29,090,731 hectares. These categories of vegetation cover contain a wide diversity of ecosystems which have been attributed to geological and geomorphological factors, water, soil and relief, as well as the location of the country in the tropical zone and the variety of soils and climates. This is reflected in the large number of different geographical areas and areas isolated by the upthrust of mountain ranges (Sierra Nevada de Santa Marta, La Macarena, Chiribiquete, Darien, Baudo, Macuira, and others).

The diversity of Colombia's ecosystems is such that there are very few ecosystems in the world which are not also to be found there. This great diversity of biogeography and ecology, expressed in the variety of species of some biotic communities, give good reason to believe that Colombia has among the highest diversities of species on earth. Thus, with only 0.77% of the world's continental land masses, Colombia has 10-15% of global biodiversity.

The focal points of biodiversity in Colombia are the Amazon region to the east (Alto Cauqueta basin), the humid tropical forests of the Choco in the Pacific region, and the tropical region of the Andes, including the Sierra Nevada de Santa Marta and the San Lucas mountains.

1.1.3 Water Resources

Colombia provides runoff for some 2,000 mm/year and an offer of water in excess of 2,000 cu.km/year, or 57,000cu.m. per capita. This means that Colombia has among the highest levels of offer of water in the world, although the offer is unevenly distributed. More than 95% of water used in production and domestic activities is extracted from the Magdalena-Cauca basins and basins draining into the Caribbean, which between them represent less than 25% of annual water production in the country.

The Pacific region has a great abundance of runoff in the range 4,000-12,000mm/year, with values higher than 14,000mm/year in some areas. Other areas of the country suffer from excessive deficits, at levels of 70-95% below the national average. The latter include the basins or hydrological regions of Alta and Baja Guajira, San Andres and Providencia, Cesar and the Sabana de Bogota. Alta and Baja Guajira have the least favorable situation (200-300mm/year). But the most critical area is the Sabana de Bogota due to its low natural offer (500mm/year) and the fact that it carries the greatest population pressure in the country.

1.1.4 Population and development

The population is estimated to be over 42 million, which makes Colombia the third most populous country in Latin America after Mexico and Brazil. The population has grown by more than 10 million since 1985, and may exceed 70 million in 2050.

In 1995 the urban population comprised 69.3% of the total and is expected to rise to 84.5% in 2050, by when the total population is expected to be 71,549,568.

In 1993 the population density was an average of 32.7 per sq.km, which is low compared to Europe or Asia or indeed some Caribbean islands where density exceeds 1,000 per sq. km. In Bogota, density is 3,500/sq.km. and San Andres Island 1,170/sq.km, and in both cases this concentration of the population causes environmental problems. However these two places are not comparable since Bogota is home to 17.4% of the total population, while San Andres Island holds only 0.16%. The least populous regions are Orinoquia and Amazonia, especially the Departments of Amazonas, Guainia,

COLOMBIA GENERAL LOCATION AND NATURAL REGIONS



Vaupes and Vichada, where density is less than 0.4/sq.k. In the Pacific Department of Choco density is 7/sq.km.

Poverty affects 60% of the population, that is 25 million individuals. The overall unemployment rate is estimated at 17.8% and 46% of the unemployed are among the nation's poorest. According to the UNDP Report on Human Development 2000 , Colombia is ranked 68th in the world.

1.1.5 Economic Background

For almost 70 years (1932-1988) the Colombian economy reported continuous positive growth. Between 1980 and 1999, the average was 3.1%. During the 1980s, when most Latin American economies were in difficulties due to the debt crisis, Colombia's Gross Domestic Product (GDP) grew at an average of 3,7%, more than double the regional average of 1.2%. Real growth slowed down towards the end of the 1990s to an average of 2.6%, which was close to the levels for the rest of Latin America and the Caribbean.

The liberalization process of the 1990s encouraged growth of over 5% between 1993 and 1995, higher than the average for Latin America as a whole, There was an interruption in 1996 due to imbalances in the fiscal and current accounts and the international crisis which began in Asia and spread to other emerging ,markets such as Russia and Latin America. Growth thus slowed between 1996 and 1998, and contracted -4.3% in 1999. This situation is seen as atypical, given Colombia's strong record in the past. Nonetheless, with public spending cuts and an injection of capital for investment in public and private entities, the reactivation of lending and the reduction in interest rates achieved a recovery of 3% in 2000. Projections for the next few years are positive, but unlikely to match the record of the past. For 2001 GDP is expected to grow 1.7%, and the forecast for 2002 is 2.2-2.5%.

Available GDP data suggest that the structure of the Colombian economy has not substantially changed in recent years. Commerce and services together are the largest element, accounting for about 50% of real GDP. Next come farming and mining, with about 22%; and manufacturing industry with 13%. The construction sector has been the worst affected by the recent recession.

In 1990 final consumption of energy was 849.6 Petajoules (PJ) of which 11.4% was electricity, 42.6% oil and oil products, 7.6% coal, 5.2% natural gas and 26% biomass. Other products in the energy chain include non-energy products such as lubricants, with a 7.3% share. In that year the major consumer was the transport sector with 269,7 PJ (31.7%), followed by residential consumption of 230,1 PJ (27.1%) and industry with 212,9PJ (25.1%). Other sectors accounted for 136,8PJ (16.1%), including the farming sector which accounted for 7%; commerce for 3%, construction 4% and others 2.1%.

In 1994, final consumption of energy increased 4.5% annual average, with a total of 1,013.7PJ. Oil and oil products account for 42.5% of this, 11.9% to electricity, 8.6% to coal, 5.3% to natural gas, 25.8% to biomass and 6.1% to other products in the chain, including non-energy products. The structure of consumption by sectors had changed since 1990. The largest consumer continues to be transport with 27.9% of the total, followed by industry with 27.1% and the residential sector with 23.1%. Other sectors consumed 223PJ, or 22% of the total, including the farming sector with 7%, commerce with 4% construction 1% and others 10%.

Energy consumption per capita was 3.93 Barrils of Oil Equivalent (BOE) for 2000, below the Latin American average of 5 BOE.

Final consumption of energy follows the same trend as GDP, and growth was continuous until 1996, when per capita consumption was 6.6 million calories, and fell to below 6 million calories in 1998. In 1996 energy intensity was 2.36BOE to produce US\$1000 of GDP (1990 US dollars). This increased to 2.50 BOE in 1999, thus surpassing the energy intensity of Argentina, Chile, Brazil, Panama, Mexico, Uruguay and Peru.

In 1990 the National Power Grid- INS had a generation capacity of 8,350.9 MW, which 78% was hydraulic, 8% thermic (coal) and 14% natural gas. The INS generated a total of 33,863 GWh, 80% from the hydro-plants and 20% from the steam plants. In 1994 the installed capacity was 10,119MW, 77.7% hydro-generated, 12.4% natural gas and 8.7% thermic (coal). In that year, 1.2% of generating capacity came from oil products (fuel-oil and diesel). Total generation was 39,490.2 GWh of which 80.6% was hydroelectric and 19.4% steam.

Between 1990 and 1994, 87% of travel was by road, 7.5% by air and 5.4% by river. Train represented 0.1% in 1999. International air travel increased 85.7%.

In 1999 there were 2,616,752 vehicles on the roads, 84.2% being private vehicles, 9.8% public transport and 6% freight vehicles. The liberalization of the economy in the 1990s brought a rapid increase of automobiles. In 1995 alone 200,871 new vehicles were registered.

Between the 1950s and the early 1990s a large part of the agricultural sector was developed on the basis of import substitution for raw materials. The viability of the crops involved depended on the continued existence of protective barriers against imports, the transfer of income to producers through controlled prices and interest rates and direct subsidies paid from the national budget. Most of the transient tradable crops which formed part of the modern agricultural sector had their origins in this situation: examples are sorghum, cotton, soya, maize, barley and rice. The same conditions also applied to some extent to the development of the intensive farming of poultry and pigs.

The 1990s were difficult years for Colombia's farmers. With the onset of measures designed to liberalize the economy and open it up to competition, the agricultural sector has been subject to a relatively intense process of structural adjustment which is evident in the patterns of production and the use of resources. Transient tradable crops ran into a crisis from foreign competition. Rice and sugar kept their system of protection, but others such as cotton, soya, maize, sorghum and barley had to face an almost total elimination of protection. Other sectors, such as cattle-farming on the range or in intensive production, permanent crops and non-tradable crops have increased their production, cattle-ranching occupied most of the land which had been abandoned by cereals and oleaginous crops. The growing of coffee suffered a significant reduction in terms of the area under cultivation and production, and the structure of the sector changed to a scheme of small-holdings.

The new market opportunities, encouraged by cost reductions, wider consumption and the modernization of trading structures, have mainly favored fruit, vegetables and tubers. Palm oil and sugar have been helped by high prices or improved technologies or both. Fish and poultry farming brought about new market opportunities by reducing their production costs and improving the commercial infrastructure.

There are also trends towards a greater integration of international and regional markets, and some products are now no longer non-tradable.

One market which needs to consolidate itself is that for forestry products. There are some three million hectares available for production. Colombia has the potential to produce timber in cycles of 8-20 years with yields of more than 25 cu.m./hectare/year. A proper forestry expansion strategy would enable Colombia to enter the market for CO₂ capture. In addition, there is a capacity for expansion in products such as cocoa, exotic oils, flowers, processed food and shrimp-breeding, as well as the exploitation of promising species.

The dynamic growth of exports in the 1990s, compared to that of the 1980s, shows the effects of deregulation and an open economy, as well as the efforts which Colombia made to penetrate new markets and strengthen its position in existing ones. In the last 20 years to 2000, traditional exports (coffee, oil and oil products, coal, etc.) have given way to the non-traditional items (textiles, manufactured goods etc.). The diversification is mainly due to a strong performance by industry. In the 1980s the traditional exports represented 56% of total exports, and coffee was the largest single item. In the 1990s their share fell to 50%, and coffee exports took second place to oil. By contrast, non-traditional exports increased from 44% of the total in the 1980s to 50% in the 1990s.

1.1.6 Legislation, Institutions and Policies

The 1991 Constitution replaced what had governed Colombia since 1886. The new charter contained some sixty provisions related to the environment. Unlike the 1886 document, which had no specific provisions on this subject, the new Constitution brought an environmental dimension into development planning for the first time, and thus environmental policy came to have the same importance as economic or social policy.

Law 99 of 1993 created the Ministry of the Environment as the senior environmental authority, and it organized the environmental system SINA, which is composed of ministries, supervisory agencies and state bodies whose actions could have a direct or indirect effect on environmental conservation. It also contains NGOs, community organizations, universities, the private sector and production interest groups.

Law 99 of 1993 also set up five research institutes to provide scientific and technical support for the Ministry and established the basis for a National Environmental Research Information System which was to generate and disseminate information required for decision-taking to government agencies and to the public in general. One of these institutes is the hydrology, meteorology and environmental studies agency, IDEAM.

The role of IDEAM is to obtain and handle scientific and technical information on strategic ecosystems and to set forth the technical basis for zoning and land-use. It is also responsible for obtaining, analyzing, and publishing basic information on hydrology, hydrogeology, meteorology, biophysical aspects of basic geography, geomorphology, soils and vegetation cover for the management and use of biophysical resources. It sets up and administers meteorological and hydrological resources to obtain and disseminate information, forecasts, announcements and consultancy services for the community. IDEAM also follows up biophysical resources, especially with reference to pollution and degradation, as instrumental support for the environmental authorities in their decision-making processes. IDEAM is the Environmental Information node for Colombia.

IDEAM also supports the Ministry of the Environment in the definition and development of international environmental policy through the regulation of scientific studies and research on global change and its effects on Colombia. IDEAM coordinated the preparation of this First National Communication.

The other institutes are the Jose Benito Vives de Andreis Marine Research Institute (INVEMAR) which contributed with studies and documents to this National Communication; the Alexander von Humboldt Biological Resources Institute; the Amazon Scientific Research Institute (SINCHI), and the John von Neumann Pacific Research Institute.

1.2 National inventory of Greenhouse Gases sources and sinks, 1990-1994

The National Inventory of Greenhouse-Effect Gases was made for 1990 and 1994, using the guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996 version.

1.2.1 CO₂ Emission and Capture

Activities related to the use of fossil fuels, industrial processes and changes in land -use and emitted 63,510.4 Gigagrams (Gg) of CO₂ in 1990, and 77,1093.9Gg in 1994. Through land-use changes, the capture of 1,010.8Gg of CO₂ in 1990 rose to 2,014.7Gg in 1994.

In 1990 emissions due to the use of fossil fuels for energy production produced 73.8% of the gas, followed by land-use changes and forestry, with 18.7% and finally industrial processes with 7.5%. In 1994 fossil fuels generated 71.8% of emissions, land-use changes and forestry 21.5%; and industrial processes 6.8%.

Fossil fuels also contributed significantly to emissions of carbon monoxide (53.9% in 1990 and 56.5% in 1994), nitrogen oxides (84.5% in 1990 and 86.3% in 1994), volatile organic compounds other than methane (94% in 1990 and 93.5% in 1994) and sulfur dioxide (95.6% in 1990 and 95.5% in 1994). Agriculture was particularly important in the emissions of methane (77.3% in 1990 and 77.2% in 1994), nitrous oxide (95.7% in 1990 and 95.8% in 1994) and carbon monoxide (45.3% in 1990 and 42.8% in 1994).

1.2.2 CO₂ Equivalent Emissions

In order to determine the direct aggregate effect of the various Greenhouse Gases on climate change, emissions are expressed in terms of CO₂ equivalent (Tables 1.1 and 1.2)

Table 1.1
CO₂ Equivalent
Emissions, 1990
(Gg)

Sectors	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Energy	46.886,1	5.634,3	407,5	52.927,0
Industrial Processes	4.744,5	4,2	62,0	4.810,7
Agriculture		31.862,0	23.557,8	55.419,9
Land - Use Change and Forestry	11.879,8	88,7	9,0	11.977,5
Waste		3.651,9	580,6	4.232,5
Total Country - Gg	63.510,4	41.241,1	24.617,0	129.368,4

Table 1.2
CO₂ Equivalent
Emissions, 1994
(Gg)

Sectors	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Energy	55.351,7	5.972,4	476,6	61.800,7
Industrial Processes	5.212,3	8,2	77,5	5.298,0
Agriculture		34.319,5	27.126,6	61.445,1
Land - Use Change and Forestry	16.540,0	88,7	9,0	16.637,7
Waste		4.061,4	625,0	4.686,4
Total Country - Gg	77.103,9	44.450,1	28.313,7	149.867,8

1.2.3 Summary of the National Inventory of Greenhouse Gases, 1990-1994 (Gg)

	Direct Greenhouse Gases			Other Gases			Aerosol precursor
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
1. Energy*	46.886,1	268,3	1,3	2.602,5	249,9	394,4	135,5
A. Fuel Combustion Activities							
Energy Industries	11.977,9	0,2	0,1	3,4	34,6	0,9	24,9
Thermic Plants	5.894,1						15,1
Others Plants	6.083,8						9,8
Manufacturing Industries	11.646,9	0,9	0,1	11,5	34,9	1,7	54,5
Commercial / Institutional	788,0	0,1	0,0	0,2	1,1	0,1	1,7
Residential	3.019,4	1,9	0,0	11,2	3,9	1,2	4,0
Agriculture / Forestry / Fishing	869,1	0,1	0,0	0,2	1,2	0,1	1,9
Construction	284,2	0,0	0,0	0,0	0,8		0,7
Others (not specified before)	1.203,3						1,4
Civil Aviation Transport	976,6	0,0	0,0	1,4	4,1	0,7	1,0
Road Transportation (reference approach)	14.777,7	3,8	0,1	1.470,3	134,5	276,1	11,7
Road Transportation (source categories)	12.853,6	5,2	0,2	1.129,6	71,9	188,9	
Railways	72,9	0,0	0,0	0,9	1,1	0,2	0,0
Navigation Transport	525,4	0,0		7,4	11,0	1,5	0,8
B. Biomass							
Energy Industries							
Manufacturing Industries		1,2	0,2	163,2	4,1	2,1	6,4
Commercial / Institutional							
Residential		42,8	0,6	722,4	14,3	84,7	20,5
Agriculture / Forestry / Fishing		12,6	0,2	210,3	4,2	25,2	6,0
Others (not specified before)							
C. Fugitive Emissions from fuels							
Coal Mining		88,4					
Oil		3,3					
Natural Gas		79,6					
Venting and Flaring	744,7	33,3					
2. Industrial Processes	4.744,5	0,2	0,2	2,4	0,9	25,3	6,3
A. Mineral Products	3.141,5					0,5	1,9
B. Chemical Industry	28,5	0,2	0,2	0,2	0,5	2,2	1,4
C. Metal Production	1.574,5					0,1	1,3
D. Food and Drink Production						21,7	
E. Other industries				1,4	0,4	0,9	1,7
3. Agriculture		1.517,2	76,0	2.184,9	44,0		
A. Domestic Livestock		1.265,7	0,1				
B. Rice Cultivation		168,3					
C. Prescriber Burning of Savanas		72,9	0,9	1.912,4	32,6		
D. Field Burning of Agricultural Residues		10,4	0,3	272,5	11,4		
E. Agricultural Soils			74,7				
4. Land Use Change and Forestry	10.869,1	4,2	0,0	37,0	1,0		
A. Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks	8.654,0						
B. Forest and Grassland Conversion	3.225,6	4,2	0,0	37,0	1,0		
C. Abandonment of Managed Lands	-1.010,8						
D. CO ₂ Emissions and Removals from Soils	0,2						
5. Waste		326,6	1,9				
A. Solid Waste Disposal on Land		311,9					
B. Domestic and Commercial Wastewater Handling		10,6					
C. Industrial Wastewater Handling		4,0					
D. Human Sewage Handling			1,9				
Net emissions total - Gg	62.499,7	2.116,6	79,4	4.826,7	295,9	419,7	141,8
Memo items: please do not include in Energy Totals							
International Bunkers	583,6	0,0	0,0	2,6	4,8	0,7	0,9
Aviation	439,4	0,0	0,0	0,6	1,9	0,3	0,5
Marine	144,2	0,0	0,0	1,9	2,9	0,4	0,4
CO ₂ Emissions from Biomass	16.999,9						

Note: Totals may not coincide with the sum of partials due to approximation by decimals

* CO₂ emissions from energy only include reference approach values to road transportation

Table 1.3
Sectorial report for
national greenhouse
gas inventories -
1990 (Gg)

	Direct Greenhouse Gases			Other Gases			Aerosol precursor
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
1. Energy*	55.351,7	284,4	1,5	2.874,5	289,5	423,6	162,5
A. Fuel Combustion Activities							
Energy Industries	13.250,3	0,3	0,1	3,7	38,7	1,0	24,9
Thermic Plants	6.536,5						17,0
Others Plants	6.713,8						7,9
Manufacturing Industries	14.709,6	1,2	0,2	15,0	43,9	2,3	70,5
Commercial / Institutional	1.043,4	0,1	0,0	0,3	1,4	0,1	1,9
Residential	2.952,6	2,3	0,0	14,2	3,7	1,5	4,1
Agriculture / Forestry / Fishing	1.185,1	0,2	0,0	0,3	1,6	0,1	2,6
Construction	234,5	0,0		0,0	0,7		0,6
Others (not specified before)	2.623,8						1,0
Civil Aviation Transport	1.293,7			1,8	5,5	0,9	1,4
Road Transportation (reference approach)	16.620,8	4,1	0,1	1.574,6	153,0	295,7	14,2
Road Transportation (source categories)	16.974,1	6,9	0,3	1.472,6	93,6	245,1	
Railways	42,8	0,0	0,0	0,5	0,6	0,1	0,1
Navigation Transport	671,0	0,0	0,0	9,3	14,0	1,9	1,1
B. Biomass							
Energy Industries							
Manufacturing Industries		2,1	0,3	266,9	6,7	3,4	10,2
Commercial / Institutional							
Residential		42,2	0,6	712,6	14,2	83,7	20,3
Agriculture / Forestry / Fishing		16,5	0,2	275,2	5,5	33,0	8,3
Others (not specified before)							1,3
C. Fugitive Emissions from fuels							
Coal Mining		94,9					
Oil		3,4					
Natural Gas		82,4					
Venting and Flaring	724,1	34,6					
2. Industrial Processes	5.212,3	0,4	0,3	2,9	1,1	29,8	7,8
A. Mineral Products	3.918,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,5
B. Chemical Industry	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	2,2	1,9
C. Metal Production	1.293,5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,1	1,1
D. Food and Drink Production	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0
E. Other industries	0,0	0,0	0,0	1,8	0,5	1,2	2,2
3. Agriculture		1.634,3	87,5	2.178,8	43,8		
A. Domestic Livestock		1.403,6	0,1				
B. Rice Cultivation		145,1					
C. Prescriber Burning of Savanas		72,9	0,9	1.912,8	32,6		
D. Field Burning of Agricultural Residues		12,6	0,3	265,2	11,2		
E. Agricultural Soils			86,2				
4. Land Use Change and Forestry	14.505,3	4,2	0,0	37,0	1,0		
A. Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks	13.314,0						
B. Forest and Grassland Conversion	3.225,6	4,2	0,0	37,0	1,0		
C. Abandonment of Managed Lands	2.034,7						
D. CO ₂ Emissions and Removals from Soils	0,4						
5. Waste		374,4	2,0				
A. Solid Waste Disposal on Land		343,4					
B. Domestic and Commercial Wastewater Handling		21,2					
C. Industrial Wastewater Handling		9,8					
D. Human Sewage Handling			2,00				
Net emissions total - Gg	75.069,3	2.297,6	91,3	5.092,3	335,4	453,4	170,2
Memo items: please do not include in Energy Totals							
International Bunkers	1.002,7	0,019	0,0247	3,76	7,38	1,10	1,58
Aviation	811,1	0,0058	0,0231	1,16	3,47	0,58	0,88
Marine	191,6	0,0130	0,0016	2,61	3,91	0,52	0,70
CO ₂ Emissions from Biomass	20.177,6						

Note: Totals may not coincide with the sum of partials due to approximation by decimals

* CO₂ emissions from energy only include reference approach values to road transportation

Table 1.4
Sectorial report for
national greenhouse
gas inventories -
1994 (Gg)

1.3 Colombia's actions to mitigate Greenhouse Gases emissions

Since 1994 Colombia has taken a number of actions to reduce Greenhouse Gases emissions and to increase capture in sinks. With the exception of the Clean Development Mechanism, most of these actions have been designed

and introduced for reasons other than the combat against climate change or the reduction in Greenhouse Gases emissions. The effects are nonetheless related to the provisions of the UN Framework Convention on Climate Change.

1.3.1 Sector Policies and Strategies

Colombian government policies and strategies which refer directly to environmental considerations and factors which may influence climate change, have been as follows:

Energy: The National Energy Plan was formulated in 1994. There are also policies, which include a reduction in the vulnerability of the system due to hydrological factors; the increase in the number of participants and the encouragement of competition among them; the efficient use of available sources of energy and an increase in the availability of generating plant, especially in the steam generation plants.

Transport: Gas-conversion programs; emission controls, restrictions on the use of vehicles and the implementation of mass-transport systems, such as the Metro in Medellin and the Transmilenio in Bogota.

Industry: The national "Cleaner Production" policy, introduced in 1997.

Agriculture: The agricultural sector has been working its way into the ecological products market for the last five years. More than 20 businesses have been certified and 20 more are in transition, covering an area of about 33,000 hectares; they exported some US\$9 million in 2000.

Land-use changes and Forestry: The Forests Policy (1996), the Strategic Plan to Restore and Establish Forests (Plan Verde, 1998) and the National Forests Development Plan (2000)

Waste Disposal: The Integrated Waste Disposal Management Policy, 1997

1.3.2 Measures to implement the UN Framework Convention on Climate Change: the Clean Development Mechanism

In order to prepare a strategy for Colombia's participation in the Clean Development Mechanism, the government has made a National Strategic Study for Climate Change (NSS-Colombia) with the support of the Swiss government and the World Bank. The study evaluated national potential in the new market in terms of potential benefits and competitiveness. It also identified the possible limitations in the development of this potential and drew up some strategy lines to overcome them and maximize the potential benefits of the Clean Development Mechanism identified. A project portfolio was structured and drawn up.

The NSS-Colombia was produced in 1999 when the 6th and 7th sessions of the Conferences of the Parties had yet to be held. These Conferences in the end excluded conservation projects and limited those of afforestation and reforestation in the Clean Development Mechanism. Therefore, the estimated potential and the project portfolio both include conservation, afforestation and reforestation.

1.4 Vulnerability and Adaptation

1.4.1 Coastal and island zones

The effects of a potential rise in sea levels were evaluated using geomorphological and morphodynamic indicators and the physical

characterization of the shores, their susceptibility and the projection of possible biophysical changes that might occur. With the increase of average sea levels of one meter, there could be a permanent flooding of 4,900 sq.km. of lying coast, with strong formation of pools to total flooding for 5,100 sq.km. of moderately susceptible coastal and the formation of pools in nearby areas and the deepening of bodies of water located in the coastal area and the continental platform. Flooding would also increase erosion in especially sensitive areas where human activities have reduced the buffer capabilities of the coast systems. Natural systems such as beaches and areas of coast swamps by marshers would be the worst affected by erosion and coastal flooding.

In terms of the biophysical changes that might occur by a change of 1 meter in the sea level, much of the population, and their economic activities and vital infrastructure would be threatened by the coastal flooding. About 1.4 million people live in the area which would be affected by the rise, and 85% of them live in urban areas. In the Caribbean coast only 9% of urban housing would be highly vulnerable to flooding, while 46% of houses in rural areas would be under threat. On the Pacific coast 48% of houses in urban areas and 87% in rural areas would be highly vulnerable. However, due to cultural traditions a large number of houses are built on wooden piles, and this would make adaptation easier. In terms of social vulnerability of Caribbean coastal homes, in urban areas, 1% would be highly vulnerable, 16% moderately vulnerable, and 83% slightly vulnerable. In the rural areas of this coastal, 28 % of homes are highly vulnerable, 11% are moderately vulnerable and 61% are slightly vulnerable. On the pacific coast, 13% of homes would be highly vulnerable; 62% moderately vulnerable and the remaining 25% slightly vulnerable.

On the Caribbean coast the analysis of the agricultural sector concluded that of 7,208,299 hectares of crops and pasture reported, 4.9% would be exposed to different degrees of flooding; 49.5% of this area would be highly vulnerable, represented mainly by crop of banana and african palm plantations. In the industrial sector it was found that 75.3% (475 hectares) of the area used for manufacturing facilities in Barranquilla and 99.7% (877 hectares) in Cartagena are under high-vulnerability. The 44.8% of the roads network would be are highly vulnerable, 5.2% would be moderately vulnerable and 22.7% slightly vulnerable.

The proposed adaptation measures are designed to restore and strengthen resilience mechanisms of the coast to facilitate the natural adaptation of coastal areas to rising sea levels. Other adaptation options fall within the framework of integrated management of coastal areas that were established by the government for the coast areas, such as the preservation of coastal wetlands, regulation of land-use and activities in threatened zones by flooding, and the protection of zones of vital socio-economic interest.

An analysis was made of the vulnerability of the Caribbean island of San Andres, which is part of a large coral archipelago covering 52.2 sq. km. The island itself has an area of 27 sq.km. of which 17% would be flooded by the projected rise of 1m in sea level, on the northern and eastern shores. The most affected zones by inundation would be those containing the richest of the island's natural resources as well as where the tourism industry and commerce are established. The high vulnerability of these zones is due to the presence of infills which were built over in the 1950s. In the some way, the public service infrastructure would also be affected, particularly the sewerage system, water supplies and roads. Also, current processes of erosion would increase.

1.4.2 Water resources

According to the evaluation of the effects of climate change on hydrological regime, the possible consequences might be of two kinds:

- An increase in levels of runoff norma, with reductions of seasonal variations and an accentuation of asymmetry;
- A decrease in levels of runoff norma, with an increase in seasonal variability and attenuation of asymmetry.

This means that for the regions in which the current asymmetry coefficient is positive there could be a significant increase in the frequency of maximum flows, which would be slightly attenuated in terms of magnitude. However, it is also possible to foresee situations in which there would be flows of flood rather higher than at present. Also, minimum flows would be less abundant and their frequency would increase slightly due to an increase in the asymmetry of the runoff norma.

In places now characterized by hydrological regime with a negative asymmetry there could be an opposite but not totally inverse effect. Thus, low flows would increase in magnitude, but with a relevant increase in frequency. Finally, maximum flows would also increase in size but reduce in frequency.

For areas with positive or negative asymmetry there could be a reduction in frequency of modal values for runoff norma, and this would favor seasonal regulation conditions.

For the second type of response, and regardless of differences in asymmetry, the pattern suggests a reduction in the frequency and magnitude of modal values, an increase in the frequency of maximum and minimum flows, which would both become more acute, and finally a deterioration in the conditions of regulation.

A more detailed sensitivity study needs to be made for certain productive sectors, since 50% of the country might be affected to a high/very high degree by the magnitude of the changes in runoff norma, variation coefficients and asymmetry or by a complete changes in the functioning of the entire hydrological regime.

1.4.3 Vegetation Covers

For the evaluation of the possible impact on vegetation, and for identification of its vulnerability, an analysis of the displacement Holdridge's of life-zones was made under the scenario of climate change and it identified vegetation affected by displacement. The country was zoned by degrees of vulnerability of vegetation in the event of climate change.

According to this analogy, the following zones might be displace:

- Glaciar areas (N) would be affected by 92%, with 62% moving to Subalpine Rainy Paramo (pp-SA) and 27% to superparamo or Alpine Rainy Tundra (tp-A)
- Montane, Subalpine and Alpine life zones above 2,500 m, corresponding to sub paramos, paramos and superparamos and snows, could be affected 90-100% which would be equivalent to a displacement of altitudes not

only in the zones indicated in the Holdridge diagram but to higher biogeographical altitudes than those currently occupied by the Andean region.

- Premontane life zones at 1-2000 m above sea level which is in general the altitude of the Coffee Belt and which corresponds to high Humid Premontane forest (bmh-PM) and Humid Premontane forest (bh-PM), which cover 7% of Colombia's land area; here, 50-60% of the land could be affected with a possible upward displacement of altitude.

In addition, a third of the areas which are today farming ecosystems could be affected by climate change, in which case the Andean zone systems would be the most vulnerable with 47% of their area affected.

It is also possible that 14% of the Amazon basal forest (Bbam) would be affected, along with 30% of the Orinoco basal forest (BBo) and 7% of Pacific Basal woodland (BBp); 43% of Andean Forest (BA) would be affected.

1.4.4 Approach to the vulnerability of mainland ecosystems

The Holdridge model as used represents a "first approach" to the study of vegetation. It can be generally taken as an interpretation of zonal ecosystems, that is, those whose spatial distribution depends directly on the climatic factors considered. For the main types of natural ecosystem dynamics, factors of natural disturbance, factors of tension were reviewed. The possible effects of climate change were also discussed. The study was made for zonal and azonal ecosystems, as follows:

- **Zone-bioma of humid tropical woodland:** In Colombia the areas of low forest which are least likely to adapt to climate change due to man-made tension are (1) small and isolated remains of jungle located far from Andean watersheds and foothills (2) tropical jungle areas close to foothills but highly fragmented and with land-use that has produced erosion and compaction of soils (Caqueta and Putumayo).

- **Pedo-biomas and helo-biomas of the zone-bioma of humid tropical forest:** The project of what could happen to the pedo-biomas is outside the premises of the model used. A future projection could be made through an interpretation of possible changes in the water regimes of river basins. Changes in macro-climate (temperature and rainfall) would have less effect in flood areas of jungle. However, since climate change can also cause changes in the hydrological dynamics or major rivers (flows/seasonal variations) there could be an effect on the morphogenetic dynamics of this type of ecosystem. The indirect effect might also be equally serious. The change in structure and composition of ecosystems as a result of changes in flooding regimes in alluvial plains would have an enormous effect on biodiversity. Any model of the future sensitivity and vulnerability of these biomas would have to be constructed on a much more detailed level, and would have to make a simultaneous evaluation of factors such as availability of water in the alluvial plain soils, changes in regional meso-climate and pressures exerted by man,. At all events, this is a question of modeling on a more detailed scale than that used for the projection of bio-climatic regions.

- **Zone-bioma of dry tropical forest:** In general, 17.8% of the current areas of dry tropical forests in the Caribbean area would be affected and would be displaced to warmer and drier conditions. Despite the fragility of these forests, the climatic model indicates that in terms of the Holdridge formations, they are among the least affected in relative terms; and

knowledge of their dynamics and degrees of tension would allow the assumption that they are among the major types of ecosystem in Colombia which would be most vulnerable to climate change. The capacity of Colombia's dry tropical woodland to adapt to climate change is minimal.

- Flatlands (pedo- or peino-biomas, depending on location): The Holdridge classification system of bioclimates defines most of the flatlands of Colombia as "dry tropical woodland", and allows no distinction between the changes which would occur on the flatlands as such in relation to the "dry tropical forest " as a whole. However, the possibility of changes in biotic structure due to burning, degradation by erosion or significantly increased aridization cannot be ruled out. Climate change would have a destabilizing effect, perhaps as the direct cause of desertification, and changes to, and loss of, biodiversity.

- Andean mountain jungle biomas: The changes in Andean life-zones suggested by the Holdridge life-zone displacement model and vegetation coverage affected by climate change to conditions where carbon dioxide doubles show displacement towards drier and warmer conditions. The great fragility of the Andean mountain forests and the very strong human pressure which they face with the reduction in their area, fragmentation, biotic losses and degradation makes them one of the ecosystems most vulnerable to climate change. Adaptation could only be proposed as an immediate measure, with wide-ranging programs for conservation of the residual forests, ecological restoration and the creation of conservation corridors, together with the general ecological improvement of the surrounding agricultural ecosystems.

- Mainland water ecosystems: The Holdridge model applied allows for no projection of all the types of ecosystem distributed with some independence from the climatic factors considered. The vulnerability of wetlands to climate change generally depends on the effects on hydrological processes which supports them.

- Agricultural ecosystems: It was not possible to establish a general pattern for the behavior of agricultural ecosystems in the face of global changes. This was because in Colombia agricultural ecosystems have been established in almost all kinds of natural ecosystems. Agricultural ecosystems can, at least in the first instance, be seen as a form of transformation or pressure on the natural ecosystem. Thus it can be supposed that the future of the agricultural ecosystems will in general be linked to the scenario of the vulnerability of the natural ecosystems from which they originated.

Guidelines for the adaptation of ecosystems to climate change should develop land-use regulations and include the concept of a Principal Ecological Structure for the country. That is a scenario of national territorial planning which considers the spatial structure of natural and managed ecosystems.

1.4.5 Paramo ecosystems

The particular location of the paramo ecosystems in the high mountain makes them especially vulnerable. If warming occurs, there will be a reduction in their area and a decrease in their biodiversity. Since the advance would be vertical, the ecosystem's area would shrink and could even disappear.

Further, the location on an altitude zone where there is a highly dynamic social and economic processes makes the paramo area considerably more

vulnerable. If the current trend of invasion of the high mountain areas continues, crop farming and cattle-raising will increase in the paramo regions where they already have some presence. The zone will also start to be used right up to the limits of the very small remaining areas of superparamo-. If this happens those ecosystems will disappear and with them their biodiversity and their function as a water-regulator.

If climate change is considered a global process, hard to control on a regional scale, action should be taken to at least permit natural adaptation. There is a priority to control the advance of human activities into the paramo zones, to implement a policy designed gradually to limit social and economic activity in the paramo and to declare these zones to be biodiversity and water natural reserves.

In addition, for those people affected by the above-mentioned measures, there should be alternatives to offer change of paramo land for land at lower altitudes. This will reduce human pressure on the paramo ecosystems.

The adaptation measures will also need to consider specific situations and will require in-depth social and economic studies and surveys of land-ownership in each paramo area.

1.4.6 Glacier zones

The study made shows that the glacier areas of Colombia have lost 80% of their area within the last 150 years since the end of the Small Ice Age (1850). According to measurements taken at the end of the 1990s, Colombian glaciers have reduced in area from 348 sq.km. to 63 sq.km. An analysis of this process, with the current climate trends, suggests that the glaciers of the country will disappear completely within the next 100 years, as happened to other glaciers between 1940 and 1985.

Field measurements in the last decade (1990 - 2000) show a linear withdrawal of the ice of an average of 10-15 m a yearly. This can vary due to extreme climate conditions such as El Niño. Contrariwise, there are cold events such as La Niña which can reduce the melting speed process. However this doesn't mean there is a recovery of ice, since the melting process seems to be an almost irreversible natural process. Photogrammetry calculations showed that in the mid-1950s and the end of the 1990s the rate of annual loss in existing glaciers was between 0.64% (Huila) and 1.65% (Tolima).

The population which lives around the glaciers benefits from the water generated by melting. The water supplies of Chinchina, Palestina, Manizales, Pereira and Santa Rosa de Cabal in the Nevados National Park depend on the rivers which rise in the high central cordillera, above 3,000m (Corpocaldas, 2001). Towns such as Guican and El Cocuy take advantage of water from melted glaciers of the Cocuy in the eastern cordillera. The Cocuy is the largest remaining glacier, accounting for 37% of all the country glacier areas.

1.4.7 Agriculture

The analysis of the vulnerability of the agricultural sector, as a consequence of climate change, was carried out by application of the "spatial analogue" method.

From the information on bioclimatic ranges and soil offer it may be concluded that the most vulnerable ranges in the scenario of doubled CO₂ are: cold-humid, cold-rainy and very humid paramo. It should be noted

that the area of these bioclimatic ranges, with a high soil offer, would be reduced by about 47.7%.

Based on an evaluation of land suited to intensive agriculture and the susceptibility analysis by desertification processes and irrigation districts, the conclusion was that 7,731,550 hectares, or 7% of Colombia's land area, are suited to intensive agriculture; and only 12.2% of this area is in dry ecosystems.

The offer of soils for intensive agriculture affected by desertification processes would increase by 1.4% in the area of the dry ecosystems. The areas growing bananas, sugar cane and african palm on soils prone to degradation by desertification would increase by 3%. Twenty three major user-managed irrigation districts (INAT) are in dry zones, of which 15 are affected by degradation by desertification processes (32.2% of the total area of the 15 districts). With a future scenario of carbon dioxide duplication, the 23 irrigation districts would be affected by degradation by desertification processes (91.3% of the total area of the 23 districts).

Although there is no inventory of areas occupied by agriculture in dry ecosystems, it is estimated that about 10% of this land could be used for intensive farming. If the same type of farming continues to be used in these areas, there would be a high risk of loss of productivity. Therefore, special management plans would be required for agricultural ecosystems in these dry zones.

In order to complement the results obtained in this study, it is recommended that future research should take account of the following factors: (1) Information on water resources should be included (2) An analysis should be made of the climatic variability and yields for the main intensive crops, using the temporal analogue method (3) Research should be done on the use of remote-sensing information, identification, geo-referencing and characterization of specific crops; (4) A sustainable agro-technological calendar should be drawn up to contribute to the development of such subjects as; the relationship between physiological requirements and the vegetative phases of crops; the diagnosis of soil and environmental offer for agriculture; the capacity of ecosystems to tolerate agricultural technologies and activities, the susceptibility of the environment to degradation by erosion, compaction, concentration of salt, soda or aluminum, the loss of organic material and the prevention of risks due to extreme climatic conditions, biology, geology and soils, in real time.

1.4.8 Soils and land in a process of desertification

One of the effects of global climate change in Colombia has been the increment of the number of areas in a process of desertification and the droughts, or intensification of processes, of soil degradation within those current desertification areas.

The information supplied by the indicators used in the desertification model shows that 4,828,875 hectares have been affected by desertification, representing 4.1% of the country's land area. Of this, 0.6% of the land area of Colombia has reached levels of very serious desertification and non-sustainability; for 1.9% the level of desertification is moderate, and for 1.4% is slight.

If the range of the UN (P/ETP) indicator is broadened to 0.75, it is possible to identify areas with a potentially high probability of desertification, adding 3,576,068 hectares to the process (3.1% of the country's land area).

This is feasible, if we consider the future effects of climate changes with an increase in air temperature and human pressure as these soils come to be used for intensive agriculture and the production of oil, gas and minerals with technologies which generate environmental impact on soils, water, fauna, vegetation and the air. The percentage of land affected by desertification is in fact low, especially in comparison with other Latin American countries, where Colombia is ranked seventh out of nine. But the fact of being located on one of the main poles of its development is still a cause for some alarm.

1.4.9 Human health

Malaria and dengue were the two pathologies selected for a study of the relationship between human health and climate change, given their frequency, which may be associated with such change, and the relevance of these two diseases to morbidity in Colombia and elsewhere in the world.

The zones susceptible to this contagion were defined in terms of climate variables (temperature, rainfall and relative humidity) and the real incidence on the development of malaria and dengue.

The zones most exposed to malaria as a consequence of climate change would include all towns in Choco and Guaviare, some of Putumayo, Cauqueta, Amazonas, Meta, Vichada, Vaupes, Guainia and Arauca; the Pacific watersheds of the Departments of Nariño, Cauca and Valle del Cauca; and the watershed of Uraba-Antioquia, southern Guajira, Catatumbo and the Lower Magdalena, Lower Cauca, Nechi, Alto San Jorge and Alto Sinu.

The most vulnerable areas for dengue are Santander, Norte de Santander, Tolima, Huila, Atlantico and Valle del Cauca.

The intention is to strengthen prevention and control of malaria through activities related to the application of chemical insecticides and the treatment of victims with anti-malarial medicaments; measures for environmental management in urban and rural areas; improved early diagnosis; better access to health services and treatment; the promotion of self-care, and community protection.

The recommended adaptation measures for dengue are the ones most commonly used to combat it: stronger action such as chemical control to eliminate adult mosquitoes, environmental measures to prevent them from breeding; and clean-up campaigns organized with the aid of community organizations and health workers.

1.5 Limitations, recommendations and needs

In general, the analysis of the components of this Communication applied the methods recommended by IPCC (1996) for the preparation of the inventory of greenhouse effect gases, the construction of scenarios for climate change to evaluate potential impact and to identify vulnerability. During the process of application of the IPCC guidelines and supporting documents, however, we encountered difficulties which limited the scope of results presented here. We therefore make some recommendations to guide and improve information for future reports.

1.5.1 Problems with the IPCC method for inventories

Industrial processes: There were problems with the method since there are ambiguities in the options for data to be used in order to calculate

emissions, such as in the information on the production of clinker and cement. This leads to the risk of under- or over-estimation of emissions and a distortion in the results of the inventory. There are also problems of harmonization of categories of IPCC product classes with those used locally. The options in the IPCC guidelines with regard to available data are sometimes too generic and sometimes too specific. This creates confusion in the guidelines, especially when national official figures do not match those provided by industry associations or research groups. The default emission factors proposed by IPCC are not clear with regard to the way in which they were obtained. In this context, IPCC does not provide information regarding technology, degrees of production and the aggregation of information for the construction of results, its representative value and statistical significance.

Land-use change and forestry: The guidelines are not clear enough with regard to the calculation of biomass stocks. The terms used are ambiguous: account is taken only of planted forests or those which are the result of mass felling production and does not explain the category to be used for selectively intervened forests, such as is found in Colombia. Also, the default values proposed do not consider the most appropriate values for tropical forests in Latin America since each country has a specific regime for the use, management and exploitation of this element and each should make its own inventories in these terms. Therefore, the calculation procedures of CO₂ capture could lead to mistaken values in the national GHG inventories.

Chapter for waste: The terms used in the guidelines correspond to countries with advanced techniques for waste treatment.

1.5.2 Problems encountered with the IPCC vulnerability and adaptation method

In the evaluation of vulnerability, the IPCC method was not followed since the information contained limitations of availability, homogeneity and geo-referencing. It also had the problems mentioned with regard to the guidelines as to how to project and construct future scenarios with and without climate change.

In general, the definition of vulnerability and risk is open to several interpretations. For international comparability it would be necessary to define the quantity of the aggregation of reference information for exposure units.

The method requires the incorporation of other important criteria and concepts which should apply to an evaluation of vulnerability, such as the consideration that a threat has a different impact on different social groups and between them, due socioeconomic and cultural characteristics. This means that only a part of the exposed elements recommended by the IPCC could be analyzed.

1.5.3 Recommendations for the improvement of IPCC 1996 guidelines for inventories.

The industrial process model should require the emission factors to have a minimal consistency with the emission studies sponsored by the World Bank and other international organizations.

The module for land-use change and forestry allow for different interpretations. Although they all may be valid, there should be a review to clarify whether biomass stocks in natural woodland should be included or not in the dynamic balance and advanced state of succession caused by

natural phenomena which allow their renewal. Some interpretations would say that this type of stocks implies processes of natural regeneration of cleared surfaces and thus to removal of CO₂ from the atmosphere. If all forests are included in all states of succession and dynamic balance, the result is a substantial increase in the figures for carbon dioxide capture in the greenhouse gas inventory. It would also be important that the method should take into account the classification which each country has used for its types of forest cover. Also, the inclusion of carbon dioxide capture by oceans could lead to more realistic values in the GHG inventories.

We would recommend that a method be developed to account for the biomass of natural grass flatlands and other ecosystems already considered, since they are taken into account in the agriculture module only for accounting for burning off and not as important sumps for carbon.

For the waste module, we suggest that the guidelines should use the International Product Classification System (CPC) to facilitate the identification of each product included in estimates for greenhouse gases. The default values proposed are not reliable. The factor for burning or recovery of methane in developing countries does not allow appreciation of the fraction of the gas which escapes into the atmosphere during the generation of the gas.

We recommend that an inter-institutional agreement be drawn up and formalized with the participation of national experts, to make adjustments to the IPCC methods in terms of criteria, definitions, variables and parameter to be applied in subsequent Colombian National Communications.

One valid recommendation for all modules of the inventory is that the reference manual and other texts of UNFCCC and subsidiary bodies should all be available in the UN official languages. We would also recommend that once the translations have been made they should be reviewed to ensure that they are faithful to the original text, in order to avoid problems of interpretation.

1.5.4 Recommendations for the improvement of IPCC 1996 guidelines for vulnerability and adaptation

As a general comment on IPCC methods, it would be recommendable that minimum requirements of content and scope should be set for National Communications, such that an in-depth evaluation of vulnerability would be required, but that also comparisons could be made between the information and results presented by each country.

1.5.5 Recommendations for obtaining information and for research in the context of future Country Reports.

It would be important to request analyses of changes of vegetation cover for woodland areas on a scale of 1:100,000, in order to obtain an appropriate degree of resolution

In order to determine information related to the abandonment of land over 20-100 years, satellite images with spatial and spectral high resolution would be needed for the years 1970-2000

The level of confidence in information will increase as and when more regular inventories are made of representative regional ecosystems

Greater detail is required of the composition and structure of different types of vegetation cover identified at national level since this would allow a more accurate appreciation of their natural dynamics.

As a complement to the structural study of ecosystems, more in-depth work needs to be done on forestry variables which can provide a description of content in the basal level, volumes, wealth and diversity of flora, intra-specific competition and amount of sunlight received by lower layers of vegetation, as a means of forming other possible sumps which have not yet been studied in depth.

The IPCC could arrange for Latin American regional workshops to discuss and establish technical criteria and methods for making the inventories, especially in relation to the module for land-use change and forestry so that the module can be adjusted to national particularities. We would also propose the arrangement of technical workshops to help countries to define measures for adaptation and mitigation.

1.5.6 Costs borne by IDEAM in the preparation of the First National Communication

IDEAM acted as coordinator of the First Country Report for Colombia to the UN FCCC. In doing so, it received financial support of US\$345,000 from GEF/UNDP. In addition, and as established in the GEF/UNDP project, Colombia made in-kind contributions to the project through IDEAM. IDEAM conducted an analysis to establish the dollar value of the Colombian contribution in order to allow the evaluators and those responsible for UNFCCC decision-making to gain an idea of the real costs and needs which Colombia has for such funding, and to identify funding requirements for subsequent reports. The costs borne by IDEAM as the in-kind contribution totaled about US\$900,000 for this First National Communication.

2 Circunstancias nacionales

Nombre oficial ¹	República de Colombia
Idioma oficial ¹	Español
Área ¹	Área terrestre: 114.174.800 ha Áreas marinas: 92.866.000 ha Superficie total: 207.040.800 Ha
Capital ¹	Bogotá, Distrito Capital
PIB Total (2000) en millones de pesos de 1994 ² (provisional-pr)	74.393.753
PIB Total (2000) en millones de dólares de 1994 ³ (pr)	30.723,32 35.639,05
PIB total (2000) en millones de dólares del 2000 (pr)	
PIB per cápita (2000) pesos ⁴ constantes de 1994 (pr)	1.757.827.0
PIB per cápita (2000) US\$ corrientes (pr)	1.920,1
Participación porcentual del sector Industrial en el PIB Total(2000) ⁵ (pr)	13,99%
Participación del sector terciario ⁶ de la economía en el PIB total (2000) (pr) ⁵	60,15% Servicios sociales, comunales y personales 20,77% Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y otros servicios a las empresas 16,92% Comercio, reparación, restaurantes y hoteles 11,10% Transporte, almacenamiento y comunicaciones 8,15% Electricidad, gas y agua 3,21%
Superficie destinada a la agricultura ⁷	4.221.880 Ha (3,70% del área terrestre)
Población proyectada (2000) ⁸	42.321.386
Población urbana como porcentaje de la población total (cabeceras municipales) ⁹	71.04%
Tasa de crecimiento de la población (2000) ¹⁰	1,87%
Población económicamente activa (PEA) ¹¹	19.571.989
Índice de analfabetismo ¹²	8,30%
Esperanza de vida ¹³	70.66 años
Países limítrofes ¹	Colombia limita al noreste con Venezuela, en el sureste con Brasil, al sur con Perú, en el suroeste con Ecuador, y en el noroeste con Panamá. Los límites marítimos de Colombia son Ecuador, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Jamaica, Haití, República Dominicana y en proceso de delimitación, Venezuela ¹⁴

1 Tomado página WEB del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE, última actualización 20 de noviembre de 2001), www.dane.gov.co/Novedades/Colombia/colombia.html

2 Fuente: DANE, Tomado de la página Web Departamento Nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001) www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTM

3 Cálculo personal, con base en la tasa de cambio promedio del año 2000 suministrada por el Banco de la República (www.banrep.gov.co/estad/dsbb/sext_011.xls) y pasando los dólares del 2000 a dólares de 1994, para ello se empleo la información de <http://woodrow.mpls.frb.fed.us/economy/calc/cpihome.html>.

4 Fuente: DANE. Cálculos DNP - DEE, Tomado de la página Web del Departamento Nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001) www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTM

5 Tomado página Web Departamento Nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001) www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTM

6 Sector terciario de la economía de acuerdo a la clasificación DNP incluye: electricidad, gas y agua; comercio, reparación, restaurantes y hoteles; transporte, almacenamiento y comunicaciones

7 Fuente: DANE-SISAC, Tomado de la página WEB del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE, última actualización 20 de noviembre de 2001), www.dane.gov.co/Agropecuaria.xls

8 Fuente: DANE. Colombia. Proyecciones anuales de población, Tomado de la página WEB del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE, última actualización 20 de noviembre de 2001), www.dane.gov.co/Informacion_Estadistica/Estadisticas/Poblacion/Series_y_proyecciones/proyec1.xls

9 Fuente: DNP-UDS-DIOGS, con base en DANE, censos 51-93, tomada www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/1040102.htm

10 Fuente: DNP-UDS-DIOGS, con base en DANE, censos 51-93, Tomado de la página Web del Departamento Nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001). www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/1020402.htm

11 Fuente: DANE - Encuesta Continua de Hogares. Cálculos DNP - DEE., Tomado de la página Web del Departamento Nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001) www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTM

12 Fuente: Misión Social, con base en censo 93. DIOGS con base en DANE EH nacionales, Tomado página Web Departamento Nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001). www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/1020406.htm

13 Fuente: DANE, proyecciones de población. Tomado página Web Departamento Nacional de Planeación DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001. www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/1020406.htm

14 Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Mapa Oficial de las Fronteras Terrestres y Marítimas de Colombia, 2001.

2.1 Aspectos biogeográficos

2.1.1 Marco geográfico

Colombia tiene un área total de 207'040.800km (ha), de estas 114'174.800 ha corresponden al área continental y 92'866.000 ha a la superficie marítima. Las zonas insulares comprenden un conjunto de islas y cayos en el mar Caribe (archipiélago de San Andrés y Providencia así como numerosos cayos, islotes y bajos) y en el océano Pacífico (islas de Malpelo y Gorgona). La zona marina, en el océano Pacífico es de 33'930.000 ha y en el mar Caribe de 58'936.000 ha. Estas cifras ubican a Colombia como el cuarto país más grande de Suramérica y el único con costas tanto en el océano Pacífico como en el mar Caribe.

2.1.2 Los mares, las costas y las áreas insulares

Colombia ejerce soberanía en sus aguas marítimas de dos formas: el mar territorial y la zona de uso económico exclusivo. El mar territorial de Colombia se extienden las primeras 12 millas (23 km), a partir de la línea de costa y comprende la columna de aire, agua, suelo y subsuelo marinos. Esta zona tiene un área aproximada de 39.100 km². La zona de uso económico exclusivo de Colombia se extiende hasta las 200 millas a partir del límite del mar territorial y en donde, por tratados internacionales, se excluye la columna de aire.

Las áreas marítimas colombianas representan el 55% del territorio y tienen una longitud aproximada de 3.100 Km (1.300 Km en el océano Pacífico y 1.800 Km en el litoral Caribe). Las zonas insulares comprenden una serie de islas y cayos en el mar Caribe (archipiélago de San Andrés y Providencia, así como numerosos cayos, islotes y bajos) y en el mar Pacífico (islas de Malpelo y Gorgona).

2.1.3 El territorio continental

El territorio continental tiene una compleja orografía asociada al sistema de los Andes, la cual está compuesta por tres cordilleras separadas por los valles de los ríos Magdalena y Cauca, un sistema montañoso periférico independiente al norte con la Sierra Nevada de Santa Marta, Darién y Macuira; al oriente con las serranías de la Macarena y Chiribiquete; al occidente con la serranía del Baudó y llanuras al oriente y norte.

La configuración del relieve ha sido tomada como base para dividir geográficamente el territorio continental en cinco grandes regiones naturales: Caribe, Andina, Pacífica, Orinoquia y Amazonia (*Ver mapa: Colombia, localización General y Regiones Naturales, páginas 4-5*).

2.1.4 Suelos

Los suelos de Colombia son muy variados, debido a la gran heterogeneidad de los factores que intervienen en su formación y desarrollo (clima, geología, relieve, organismos y edad). Los suelos en cada región tienen características particulares que determinan una variada oferta natural, que les permite cumplir las diferentes funciones ecosistémicas y prestar servicios ambientales. De igual manera los suelos presentan diversos grados de susceptibilidad a la degradación física, química y biológica así como a procesos activos y potenciales de degradación como la

erosión, las remociones en masa, la desertificación, la salinización y algunos grados de contaminación por elementos no propios del suelo.

Los suelos de la llanura del Caribe, de la región de Urabá y los de las estribaciones de las cordilleras Central y Occidental tienen condiciones húmedas, son profundos, de condiciones texturales arcillosas, desaturados, y ácidos. En la franja de clima seco tropical, los suelos aparecen saturados, básicos y a veces con exceso de sales. En general son suelos jóvenes en proceso de formación, los cuales de acuerdo con su oferta natural, permiten una gran variedad de usos, desde agropecuarios hasta turísticos en concordancia con el clima y el paisaje. Por diversas causas presentan procesos de degradación especialmente desertificación, erosión y salinización.

La Orinoquia colombiana presenta suelos viejos, desaturados, ácidos, con diversos niveles de profundidad y drenaje, en donde las texturas en general son arcillosas; la materia orgánica es muy escasa. Su acidez marcada y la presencia de aluminio en cantidades tóxicas limitan su oferta natural para actividades agropecuarias.

En la Amazonia predominan suelos antiguos, profundos, de texturas arcillosas, bien drenados, salvo en las partes plano cóncavas. Tienen un alto grado de acidez, con saturación de bases muy baja, altos contenidos de aluminio y baja oferta natural para actividades agropecuarias. Se destacan por su alta fragilidad y susceptibilidad a la degradación.

En el Pacífico, los suelos están conformados por materiales con alto grado de alteración, que se manifiesta en una baja fertilidad potencial. Son suelos pobres en nutrientes por el intenso lavado y a la vez ácidos y con altos contenidos de aluminio intercambiable, y donde la oferta natural para los ciclos biológicos depende de la materia orgánica. En las zonas montañosas de la región andina, se presentan suelos orgánicos y minerales desde muy jóvenes hasta moderadamente evolucionados, con variada profundidad efectiva y drenaje. Las texturas son igualmente variadas y su nivel de saturación oscila desde altamente saturados, en climas secos, hasta desaturados en climas húmedos. Actualmente presentan una alta intervención y presión por actividades antrópicas, con diversos procesos de degradación, principalmente erosión, remoción en masa y desertificación.

Esta gran diversidad de suelos hace que Colombia, particularmente en su zona andina y humedales, sea un oferente con una capacidad importante de almacenamiento de carbono orgánico y de esta manera contribuya a la regulación de las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

2.1.5 Clima

Debido a su orografía y a los cambios altitudinales, el territorio colombiano presenta una compleja variedad de microclimas. Algunos patrones generales de la distribución de la temperatura del aire y de la precipitación influyen, en la formación de los climas territorio colombiano.

La distribución espacial de la temperatura media anual del aire se asocia con la topografía del territorio, conformando los denominados pisos térmicos. Por esta razón, la mayor parte del país, (que incluye la zona Oriental, las llanuras del Caribe y una franja en el litoral Pacífico), es homogénea térmicamente, con una temperatura media anual entre los 24 y los 28°C. Las temperaturas medias anuales superiores a 28°C, se encuentran en la parte baja, media y en un sector de la parte alta del río Magdalena. En un área considerablemente menor que la anterior, y que incluye la zona andina e interandina, hay una variedad de pisos térmicos propiciados por marca-

das variaciones de la temperatura del aire. El piso nival, correspondiente a temperaturas inferiores a 0°C, se encuentra sobre los 4.600 msnm y ocupa el área menor del territorio nacional.

El comportamiento temporal de la temperatura del aire muestra cierta estacionalidad. Su amplitud es muy pequeña debido a que el país se encuentra en la zona tropical, donde la principal característica es que la amplitud diaria de la temperatura es mucho mayor que la de las medias mensuales durante el año. También se ha identificado una señal en la variabilidad interanual de la temperatura que está asociada al ciclo El Niño - La Niña -Oscilación del Sur, e induce anomalías que en algunas regiones alcanzan los 2°C.

La distribución espacial de la precipitación anual es muy diversa debido a la heterogeneidad de condiciones que impone la compleja orografía. Sin embargo, es posible identificar los siguientes patrones generales: una zona muy lluviosa, con núcleos de precipitación anual mayores de 4.000 milímetros, localizada en el sur y en el norte de la región Pacífica, donde puede llegar a valores extremadamente altos, superiores a 14.000 mm/año, y en el piedemonte amazónico y la Orinoquia. Adicionalmente se encuentra la zona con lluvias entre 500 y 4.000 milímetros, localizada en la parte interandina y en la región Caribe. Finalmente, se encuentra la zona de escasas precipitaciones (menor de 500 milímetros anuales) en la región de la Guajira, en el norte del país.

La distribución temporal de la precipitación está controlada por los procesos estacionales y por la variabilidad intraestacional e interanual. La estacionalidad genera bimodalidad en la distribución de la precipitación durante el año, en las regiones Andina y Pacífica, monomodalidad en la Orinoquia y cuasimonomodalidad (o cuasibimodalidad) en el Caribe. Dicha estacionalidad se ve afectada por procesos intraestacionales como ondas de 30-60 días, las cuales son responsables que se presenten, en una misma región, períodos de activación y reactivación de las lluvias dentro de una misma estación lluviosa o seca.

En la variabilidad interanual de la precipitación de diferentes regiones de Colombia se han identificado dos señales: una cuasibienal y una relacionada con el ciclo El Niño - La Niña -Oscilación del Sur (4-7 años). Esta última es la señal más marcada en la escala interanual.

2.1.6 Hidrología y recursos hídricos

El territorio colombiano posee una de las mayores riquezas hídricas del planeta, que se caracteriza por una alta variabilidad espacial y temporal en la distribución de su recurso hídrico. Este se alimenta de fuentes variadas como precipitación, aguas subterráneas, condensación de niebla y derretimiento de nieves.

Adicionalmente, las condiciones de cobertura vegetal, suelos y características geológicas e hidrogeológicas de las cuencas colombianas son muy variadas. Por ello en el país se encuentran cuencas hidrográficas con diferente capacidad de regulación desde muy alta hasta muy baja. Esta riqueza se manifiesta en una extensa red fluvial. Hay cuencas de grandes áreas de drenaje, de éstas 149 mayores de 1.000 kms², conformadas a su vez por subcuencas, con drenaje inferior a 10 kms² y que en su ramificación alcanzan un área estimada de 700.000 km². También hay grandes extensiones de complejos cenagosos que cumplen una importante función reguladora de la planicie inundable y cerca de 1.600 lagunas, lagos y embalses, que almacenan un volumen estimado de 26.300 millones de metros cúbicos de agua.

La oferta hídrica en el país supera los 2.000 kms³ al año, con un valor por habitante de 57.000 m³ anuales. Esta relación relativamente favorable, se ve afectada por la heterogénea distribución del recurso. Más del 95% del agua que consume el país para abastecer las actividades productivas y domésticas se extrae de la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca y las que drenan al Caribe, las cuales en conjunto representan sólo el 25% del volumen de agua anual de Colombia.

De acuerdo con el régimen de escorrentía durante el periodo 1974 - 1995, para Colombia es característica una norma de escorrentía muy cercana a los 2.000 mm/año lo que clasifica al país como uno de los estados con mayor oferta hídrica natural en el mundo. Esta oferta natural se encuentra distribuida en forma muy heterogénea a través del territorio colombiano¹. Algunas regiones tienen una gran abundancia de escorrentía con láminas de agua que pueden alcanzar desde los 4.000 hasta los 6.000 mm/año, como sucede en la región Pacífica en el área de influencia de los ríos Dagua, Baudó, San Juan, Micay y Atrato. Sin embargo, también hay regiones excesivamente deficitarias en escorrentía caracterizadas por deficiencias con respecto del promedio nacional entre el 70 y el 90%. Entre ellas podemos señalar las cuencas o regiones hidrológicas de la Alta Guajira, Baja Guajira, San Andrés y Providencia, río Cesar y la Sabana de Bogotá. Cabe señalar que la Alta y Baja Guajira presentan la condición más desfavorable desde el punto de vista de la norma de escorrentía (200 a 300 mm/año). Sin embargo, la región más crítica es la Sabana de Bogotá debido a la conjugación de la baja oferta natural (500 mm/año) y la de mayor factor de presión antrópica del país.

2.2 La diversidad biológica, las coberturas vegetales y los ecosistemas

La diversidad ecosistémica colombiana es de tal magnitud, que no son muchos los ecosistemas que existen en el mundo que no estén representados en el país. La gran diversidad biogeográfica y ecológica, así como la gran diversidad de especies de algunas comunidades bióticas, permiten suponer razonablemente que este país puede contener una diversidad de especies entre las más altas del planeta. De esta manera, Colombia, con tan sólo el 0,77% de la porción terrestre mundial, posee entre el 10% y el 15% de la biodiversidad global.

Los puntos focales de biodiversidad en Colombia son la región del Oriente Amazónico (cuenca del Alto Caquetá), los bosques húmedos tropicales del Chocó en la región Pacífica y la región Tropical de los Andes, incluyendo la Sierra Nevada de Santa Marta.

Se estima que Colombia acoge alrededor de 45.000 especies de plantas vasculares en su territorio, sólo superada por Brasil a nivel global. Algunos investigadores afirman que Colombia tiene el 15% de las orquídeas hasta ahora identificadas en el mundo, que cuenta con más de 2.000 plantas medicinales reconocidas y con un número considerable de especies silvestres comercializadas en el mercado mundial.

Colombia es el país más rico de especies de aves (1.815) y anfibios (583), el tercer país más rico en reptiles (520) y en mamíferos (456). Las especies de aves conocidas en el país, representan el 19% de la totalidad de las especies identificadas en todo el mundo, y el 60% de las especies de Sur América. Se cree que 64 de estas especies son endémicas. Si se llegasen a incluir grupos tales como mariposas, la biodiversidad del país sería aún más rica. De igual forma, existen 27 especies de primates (que corresponden al 33% de los que se conocen

en América Tropical), ubicando a Colombia en segundo lugar, después de Brasil.

De la extensión territorial colombiana, se estima² que 63'886.012 ha están cubiertas por bosques; 20'618.423 ha por otros tipos de vegetación no boscosa (nieve, páramos, xerofitias, sammofitias, especial rupícola, entre otras), 238.867 ha por aguas continentales, 124.532 ha de asentamientos humanos y 29'090.731 ha por usos agrícola y procesos de colonización (Ver tabla 2.1). Estas categorías de cobertura albergan una gran diversidad ecosistémica que se ha atribuido a factores como la localización altitudinal del país entre los dos trópicos, la variedad de condiciones edafoclimáticas, que han generado a su vez una gran multiplicidad de espacios geográficos y la existencia de espacios aislados por levantamientos topográficos.

Tabla 2.1
Superficies de Coberturas Vegetales, Uso y Ocupación del Territorio Nacional. IDEAM, 1996

	Coberturas	Has
Boscosas	Bosque andino	9'060.106
	Bosque basal amazónico	32'860.262
	Bosque basal caribe	7.669
	Bosque basal orinoquía	20.980
	Bosque basal pacífico	4'430.204
	Manglar caribe	65.518
	Manglar pacífico	226.930
	Bosque andino fragmentado	3'026.199
	Bosque basal fragmentado	7'534.158
	Bosque basal plantado	27.041
	Bosque andino plantado	138.284
	Bosque ripario	3'889.789
	Especial pantano andino	4.976
	Especial pantano amazónico	161.186
Especial pantano caribe	2'432.708	
Total bosques		63'886.012
Otras	Nieves	40.183
	Páramo	1'613.927
	Especial rupícola amazónico	904.205
	Especial rupícola caribe	267.728
	Xerofitia andina	618.155
	Xerofitia basal	1'065.362
	Sabana arbolada	1'402.797
	Sabana arbustiba	9'733.536
	Sabana herbácea	4'815.350
	Sanmofitia	102.404
	Insular atlántico	439
	Sin cobertura antrópica	4.445
	Sin cobertura natural	49.891
Total otras coberturas		20'618.422
Aguas	Hídrico andino embalse	24.628
	Hídrico andino laguna	16.851
	Hídrico basal ciénaga	176.200
	Hídrico basal embalse	15.567
	Hídrico basal laguna	5.621
Total Aguas		238.867
Uso agrícola	Agroecosistema andino	14'985.453
	Agroecosistema interandino	3'563.558
	Agroecosistema basal	10'541.719
Total agroecosistemas		29'090.731
Asentamientos	Asentamiento humano capital	87.062
	Asentamiento humano municipal	37.469
Total asentamientos		124.532
Sin información		23.824
Total Aproximado		113'982.388

2.2.1 Ecosistemas boscosos y sus unidades de coberturas vegetales

Se entiende por ecosistemas boscosos aquellos espacios naturales que presentan elementos arbóreos entre el 30 y 100 % del total de área de la cobertura vegetal. Se caracterizan por tener varios estratos: desde un tapete de plántulas de especies restringidas a la superficie del bosque, plantas raptantes o de bajo porte y herbáceas o poco lignificadas (sotobosque), hasta una bóveda o dosel formado por árboles de altura considerable, en cuyas copas frondosas habitan otras especies vegetales y animales (IDEAM, 1998).

De acuerdo con nuevos análisis, los ecosistemas boscosos comprenden un área estimada de 63'886.012 ha, que equivale al 56,05 % de la superficie del país. Las coberturas de los ecosistemas boscosos son: bosque basal (37'319.115 ha) equivalentes al 32,74% del territorio nacional; bosque andino (9'060.106 ha) correspondiente al 7,9 % del territorio continental del país; bosque ripario (3'889.789 ha) equivalentes a 3,4 % del área del país. Los bosques fragmentados se estiman en 10'560.357 ha, (9,26 % del territorio colombiano); los manglares ascienden a 292.448 ha (manglar Caribe 65.518 ha, y manglar Pacífico 226.930 ha); el especial pantano 2'598.870 ha y el bosque plantado 165.325 ha.

Los bosques de la región Caribe han sido los más intervenidos y, por consiguiente, se encuentran en peligro de desaparecer. Esta cobertura comprende 7.669 ha equivalentes al 0,007% del territorio nacional.

Los bosques basal fragmentado, corresponden a aquellos bosques con intervención hasta en un 50% debido al establecimiento de actividades agropecuarias, y se encuentran entre 0 y 1.000 msnm. Su composición ha sido alterada por el desarrollo de diferentes actividades de producción económica, principalmente extracción de madera y otros productos, y por los cultivos ilícitos.

El Bosque andino fragmentado corresponde a una cobertura de transición, en la que los bosques andinos se encuentran intervenidos por sistemas agropecuarios hasta en un 50 %. Presentan así mismo diferentes fases sucesionales de vegetación (pastizales y rastrojos). La deforestación, la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, la minería y los cultivos ilícitos de coca, marihuana y amapola han sido las actividades de mayor incidencia en estos bosques.

2.2.2 Ecosistemas no boscosos

Los ecosistemas no boscosos de Colombia corresponden a coberturas vegetales de tipo abierto, como páramos, sabanas y xerofitias. Los ecosistemas no boscosos ocupan aproximadamente 18,08 % del territorio nacional, sobre una extensión de 20'618.423 ha. Son estos:

La franja de páramo que ocupa una extensión superficial significativa (1'613.927 ha, equivalente al 1,41% del territorio nacional), va desde los 3.000 msnm hasta los 4.500 msnm aproximadamente. Los enclaves de páramos más bajos son el resultado de inversiones térmicas que permiten mantener coberturas de páramo a alturas excepcionales de 2.400 msnm sobre el nivel del mar, como sucede con algunos páramos del departamento de Nariño. Su temperatura media anual varía entre 15 y -5°C, descendiendo en la medida en que se asciende sobre el nivel del mar.

La franja nival comprende aquellas áreas más elevadas de los Andes colombianos, con presencia de nieves perpetuas. Se destacan el nevado del

Huila, el volcán del Puracé, el nevado de Santa Isabel, el nevado del Ruiz, la Sierra Nevada del Cocuy y la gran Sierra Nevada de Santa Marta. En estos lugares solitarios habitan con frecuencia pequeños líquenes con capacidad de soportar temperaturas extremas por debajo de 0°C. El área de nieves en Colombia se calcula aproximadamente en 40.183 ha, equivalente a 0,03% del territorio.

La franja xerofitia ocupa un área de 1'683.517 ha que equivale a 1,47 % del país. La vegetación de La Guajira es un ejemplo típico de este tipo de cobertura.

La franja especial rupícola comprende los afloramientos rocosos calcícolas (que se encuentran sobre un estrato de origen coralino) o casmoquersofíticos (sobre un estrato de cuarzo), en condiciones climáticas secas a húmedas, sobre los cuales crece una vegetación especializada, de porte achaparrado y compuesta por lo general por numerosas plantas laticíferas (productoras de látex). Esta cobertura se extiende a 1'171.933 ha, equivalente al 1,03% del territorio nacional.

La mayor extensión de sabanas naturales se encuentra en la región de la Orinoquia. También se encuentran en la región del Caribe, en los valles interandinos y en la Amazonia. Las sabanas, caracterizadas por gramíneas mezcladas con arbustos, árboles e incluso palmeras, pueden tener origen antrópico. Tienen una extensión de 15'951.683 ha, equivalentes al 14% del territorio nacional.

2.2.3 Ecosistemas acuáticos continentales

En Colombia se encuentran diferentes ecosistemas acuáticos distribuidos en la franja Andina: los sistemas hídrico laguna, hídrico embalse, que cubre un área de 41.479 ha y en la franja basal además de hídrico embalse e hídrico laguna se presenta el sistema hídrico ciénaga con un área de 197.388 ha. Es de destacar que el sistema hídrico ciénaga presenta una gran diversidad biológica y se caracteriza por su gran dinámica. Entre las funciones de los ecosistemas acuáticos de Colombia podemos citar: el abastecimiento y almacenamiento de agua, la mitigación de inundaciones, la recarga y descarga de acuíferos, la retención de nutrientes y sedimentos, la oferta de recursos hidrobiológicos, el refugio de especies, incluidas las aves migratorias, y su potencialidad como medio de comunicación, de recreación y de turismo.

2.2.4 Agroecosistemas

Esta unidad de cobertura vegetal está compuesta por los agroecosistemas andinos (14'985.453 ha), agroecosistemas interandinos (3'563.558 ha), agroecosistemas basales (10'541.719 ha), para un total de 29'090.731 ha, correspondiente al 25,52 % de la superficie del país.

2.2.5 Ecosistemas marinos y costeros

El mar Caribe colombiano presenta todos los ecosistemas marinos propios de la región del Atlántico Occidental Tropical. Dentro de estos ecosistemas se pueden mencionar las lagunas costeras y estuarios, arrecifes de coral, manglares, praderas de pastos marinos, playas arenosas, litorales rocosos, fondos sedimentarios y sistema pelágico.

La costa Caribe colombiana es variable en su flora y fauna a lo largo de su extensión con una distribución de ambientes costeros heterogéneos,

de manglares, estuarios, arrecifes de coral, litorales rocosos, praderas de pasto marinos y playas, que conforman hábitat variados con diversidad de especies florísticas y faunísticas. En algunos sectores de la costa Caribe se encuentran algunas especies endémicas o exclusivas de algas, moluscos, crustáceos y peces que sólo son posible hallarlas en condiciones ambientales particulares. Así mismo, se presentan algunas especies de fitoplancton, zooplancton, moluscos, equinodermos, crustáceos, poríferos, poliquetos (gusanos), reptiles, aves y otras especies de mamíferos acuáticos.

La mayoría de las playas de la costa Caribe colombiana están formadas por sedimentos aportados por los ríos tributarios al golfo de Urabá y la región de Santa Marta; por la erosión en la península de La Guajira, y por arenas blancas de origen coralino en los archipiélagos de San Bernardo, El Rosario y San Andrés y Providencia. Las lagunas costeras más importantes en el Caribe son: la ciénaga Grande de Santa Marta y Tesca, ciénagas de Mallorquín, La Playa, Los Muertos o San Nicolás y Sabanilla, al noroeste de Barranquilla, Galerazamba y la laguna del Aguila en el golfo de Urabá, la ciénaga de la Virgen (Bolívar). Los manglares forman una franja a lo largo de la costa Caribe, con 86.310 ha de bosques de mangle aproximadamente. Las praderas de pastos marinos sólo se encuentran en el Caribe colombiano y se distribuyen en las costas de la península de La Guajira, ensenadas del Parque Nacional Tayrona, en las bahías Portete, Taganga y Cartagena, golfo de Morrosquillo, en las Islas de San Andrés, Providencia e Isla Fuerte, archipiélagos de El Rosario y San Bernardo, y en los cayos al sur de San Andrés. Los arrecifes de coral se encuentran a lo largo de la costa Caribe, en el Parque Nacional Natural Tayrona, en la costa norte de Isla Barú y ensenada de Sapzurro (frontera con Panamá), en las islas del Rosario y San Bernardo y en el archipiélago de San Andrés y Providencia.

En el Pacífico colombiano se encuentran todos los ecosistemas propios de la región marina del Pacífico oriental tropical (desde baja California, México, hasta el norte de Perú). Entre estos ecosistemas se puede mencionar los manglares, las lagunas costeras y estuarios, arrecifes coralinos, fondos sedimentarios, playas y acantilados y el sistema pelágico.

Existe una gran variedad de fauna y flora a lo largo de la costa Pacífica colombiana asociada a los ecosistemas de manglar, arrecifes de coral, lagunas costeras, litorales rocosos y playas. La costa Pacífica es ecológicamente heterogénea con presencia de especies endémicas de crustáceos, equinodermos y algunas algas. Igualmente, algunas especies de organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos, y especies de moluscos, peces, poliquetos, aves y mamíferos.

Las playas arenosas del Pacífico colombiano están formadas por sedimentos aluviales de color gris oscuro o por la erosión de corales (isla Gorgona y en la ensenada de Utría). Los estuarios y deltas más importantes del Pacífico son las desembocaduras de los ríos San Juan, Baudó, Patía y Catipre, entre otros. Los manglares del Pacífico ocupan una franja continua (300.000 ha, aproximadamente), que se extiende desde el río Mataje hasta Cabo Corrientes y otros no muy desarrollados se encuentran entre Cabo Corrientes y la frontera con Panamá. Las formaciones coralinas en el Pacífico están localizadas principalmente en las islas de Malpelo y de Gorgona, al norte de Bahía Solano, Punta Ardita, golfo de Cupica, bahías de Utría, Cuevita, Octavia y Limones.

2.3 Población

2.3.1 Aspectos demográficos

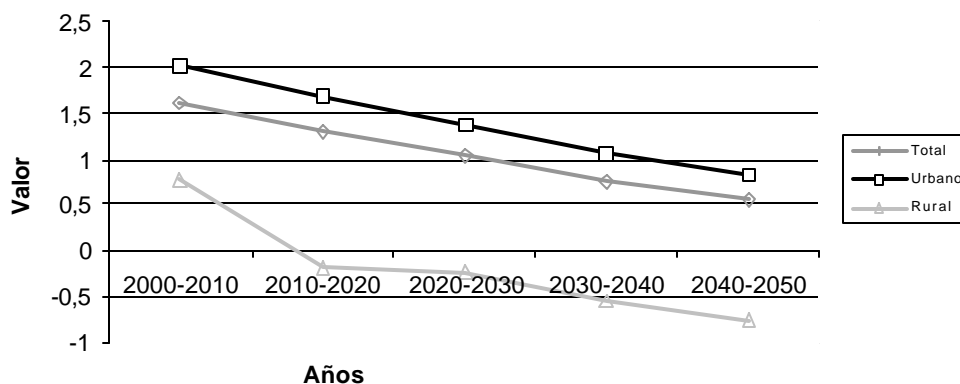
En la actualidad, Colombia tiene una población estimada que supera los 42 millones de habitantes³, ocupa el tercer lugar en población en América Latina luego de Brasil y México. Desde 1985, la población colombiana se ha incrementado en más de diez millones de habitantes y se espera que llegue a más de 70 millones en el año 2050, según las proyecciones realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) (Ver tabla 2.2).

Tabla 2.2. Colombia. Tamaño de la población, tasas de urbanización y distribución por sexo y edad, 1950-2050. Fuente: DANE, 1998. Colombia. Proyecciones quinquenales de población por sexo y edad, 1950-2050.

Año	Población total	Tasa de urbanización	Participación masculina	Participación femenina
1985	31'658.714	65,55	49,68	50,32
1993	37'127.294	71,02	49,50	50,50
2000	42'321.386	71,16	49,42	50,58
2010	49'665.341	74,17	49,47	50,53
2020	56'569.277	77,10	49,46	50,54
2030	62'695.289	79,80	49,44	50,56
2040	67'632.416	82,25	49,43	50,57
2050	71'549.568	84,46	49,39	50,61

La tasa de crecimiento poblacional ha ido disminuyendo (Ver gráfico 2.1), con posibilidades de presentar valores negativos en el sector rural en los años venideros.

Gráfico 2.1 Colombia. Tasa de crecimiento poblacional 2000-2050.



El proceso de urbanización en Colombia se ha consolidado en los últimos 15 años. De una población rural del 76% en los años 50 se ha pasado a una cifra del 26%. Este proceso ha llevado al ensanchamiento de las cabeceras municipales y a la contracción de los pequeños asentamientos, generando con esto la transformación socioeconómica y sociocultural del país. El sistema colombiano de ciudades ha permitido que la mayoría de la población migrante se dirija a ellas en busca de nuevas oportunidades de trabajo, mejores ingresos, vivienda, educación, y, en los últimos años, como refugio de la violencia y otros procesos sociales que se han estado viviendo en algunas zonas del país.

En el año 1995 el país contaba con el 69,3% de la población concentrada en zonas urbanas y se proyecta que para el año 2050 esta tasa de urbanización llegará al 84,5%, con una población total urbana y rural de 71'549,568 personas. Algunos epicentros regionales y subregionales alcanzarán tasas de urbanización por encima del 95%, particularmente las áreas metropolitanas nacionales que configuran el núcleo del sistema de ciudades en Colombia.

El patrón de asentamiento de la población colombiana se caracteriza por el fuerte dinamismo de la costa Caribe, que concentra el 20,75% de la población nacional; el crecimiento inercial de las cinco principales ciudades (Bogotá, Barranquilla, Cali, Medellín y Bucaramanga) y un rápido crecimiento de las ciudades que hacen parte del área metropolitana de las mencionadas ciudades. Además, los procesos de colonización y explotación

minera han contribuido al rápido crecimiento de algunas áreas de la Orinoquia y la Amazonia, así como del Piedemonte Llanero en los últimos años, aunque aún presentan bajas concentraciones de población comparadas con las zonas Andina o Caribe.

Colombia presentó en 1993 una densidad territorial promedio de 32,7 habitantes por km², densidad bastante baja si se la compara con otros países de Europa o Asia e incluso algunas islas del Caribe donde la densidad supera los 1.000 hab/km². Sin embargo, existen grandes diferencias entre el tipo de poblamiento y la densidad de población, según las diversas entidades territoriales. Se destacan por la alta densidad y por los problemas ambientales a causa de la concentración de población, el Distrito Capital, con más de 3.500 hab/km², y la isla de San Andrés con 1.170 hab/km². Vale la pena anotar que la dimensión de ambas no es comparable, dado que la capital concentra el 17,4% de la población del país y el departamento insular sólo el 0,16% de la población. La mitad del país presentó en 1993 una densidad inferior a los 10 hab/km², con diferencias importantes en departamentos como Amazonas, Guainía, Vaupés y Vichada, que presentan una densidad inferior a los 0,4 hab/km², mientras Chocó aparece como el más denso de este grupo con tan sólo 7,05 hab/km².

Esta situación prospectiva aumenta la vulnerabilidad de la población colombiana a los posibles efectos del cambio climático, especialmente en lo que se refiere, por un lado, a las variaciones en los patrones de temperatura y precipitación para enfermedades de alta incidencia como el dengue o la malaria y, por otra parte, al posible aumento del nivel del mar con sus efectos sobre las zonas costeras.

2.3.2 Diversidad étnica y cultural

Colombia es un país altamente diverso desde el punto de vista de la composición de su población humana. A pesar de todos los procesos de aculturación y sincretismo cultural emprendidos desde la conquista europea así como la desaparición progresiva de una gran cantidad de comunidades étnicas y culturales, el país sigue contando con una muy alta heterogeneidad cultural.

En Colombia hay más de 68 grupos culturales altamente diferenciados, que incluyen el componente «blanco» traído por la migración europea y el componente «negro» traído por la migración africana resultante de la trata de esclavos durante los siglos 16 y 17. Así mismo en el país se hablan más de 70 lenguas, incluidos el castellano (idioma oficial) y el inglés, así como más de 1200 dialectos que aún son utilizados en el territorio nacional. A pesar de que la población colombiana tiene un alto grado de mestizaje, aún prevalecen comunidades con alto grado de aislamiento genético y desde el punto de vista étnico, manifiestan aún características genotípicas y fenotípicas de macrofamilias como la macrochibcha (Koguis, Muiscas, Quiyasingas, etc), Arawak, Karib, Tukano, Salivas, etc. Los elementos altamente diferenciados del continente africano caracterizan diferentes grupos y etnias negroides que hasta hace poco guardaban rasgos muy característicos y diferenciales entre la costa pacífica y la de algunos puntos del Caribe.

Teniendo en cuenta lo anterior, en Colombia la heterogeneidad cultural es un factor más a tener en cuenta en los análisis de vulnerabilidad de la población al cambio climático. Si bien el impacto del cambio climático no ocurre directamente sobre la cultura, si puede incrementar la dinámica de los factores que actualmente están incidiendo sobre las culturas en el país.

2.3.3 Indicadores de desarrollo humano

De acuerdo con el Índice de Desarrollo Humano, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en 1998

Colombia ocupó el puesto 68 a escala mundial, es decir un nivel medio de desarrollo humano (Ver tabla 2.3). El IDH colombiano es superior al de países de la región andina como Perú, Ecuador y Bolivia e inferior al de los países latinoamericanos ubicados en el Cono Sur. En el último período se evidencia un fuerte deterioro de este indicador para Colombia, lo cual coincide con un descenso también muy marcado del mismo a nivel mundial.

	Colombia	Canadá	Argentina	Chile	Uruguay	Peru	Ecuador	Bolivia	América Latina y el Caribe	Mundial Total
Índice de Desarrollo Humano										
Desarrollo humano	Indicadores Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	-	-
Puesto en la clasificación	68	1	35	38	39	80	91	114	-	-
Esperanza de vida (años) 1998	70,7	79,1	73,1	75,1	74,1	68,6	69,7	61,8	69,7	66,9
Tasa de alfabetización a partir de los 15 años (%) 1998	91,2	99,0	96,7	95,4	97,6	89,2	90,6	84,4	87,7	78,8
Pobreza Humana										
Índice de pobreza humana (%) 1998	10,4	-	-	4,7	3,9	16,5	16,8	17,4	-	-
Población sin acceso a agua potable (%) 1990-1998	15	-	29	9	5	33	32	20	22	27
Población sin acceso a saneamiento (%) 1990-1998	15	-	32	-	-	28	24	35	29	-
Población por debajo del límite de pobreza (%) 1987-1997	17,7	-	25,5	20,5	-	49	35	-	-	-
Tendencia del desarrollo humano y del crecimiento económico										
IDH-1975	0,657	0,865	0,781	0,702	0,753	0,635	0,62	0,512	-	-
IDH-1980	0,687	0,880	0,795	0,736	0,773	0,664	0,665	0,546	-	-
IDH-1985	0,700	0,902	0,801	0,753	0,777	0,686	0,686	0,571	-	-
IDH-1990	0,720	0,925	0,804	0,780	0,797	0,698	0,696	0,595	-	-
IDH-1998	0,764	0,935	0,837	0,826	0,825	0,737	0,722	0,643	0,758	0,712
Tasa media anual de cambio del PBI per cápita (%) 1975-1998	1,7	1,5	0,6	4,2	1,7	-0,4	0,8	-0,2	-	-
Síntesis de salud										
Casos de tuberculosis por cada cien mil habitantes 1997	21,7	6,2	34,6	26,5	22	172,6	79,8	126,7	47,8	60,4
Médicos por cada cien mil habitantes 1992-1995	105	221	268	108	309	73	111	51	132	122
Perfil de Educación										
Tasa de matriculación en grupo de edad primaria (%) 1997	89,4	99,9	99,9	90,4	94,3	93,8	99,9	97,4	93,3	87,6
Tasa de matriculación en grupo de edad secundaria (%) 1997	76,4	95,2	76,9	85,2	83,8	83,9	50,9	40	65,3	65,4
Gasto público en educación (% del gasto público total) 1995-1997	19,0	12,9	12,6	15,5	15,5	19,2	13	11,1	-	-
Gasto Público en educación (% del PNB) 1995-1997	4,4	6,9	3,5	3,6	3,3	2,9	3,5	4,9	4,5	4,8
Tendencias demográficas										
Población urbana (% del total) 1998	74,1	76,9	88,9	84,3	90,9	72,0	61,1	63,2	74,6	46,6

Tabla 2.3
Índice de Desarrollo Humano, Informe Sobre Desarrollo Humano 2000, PNUD.

2.3.4 Esperanza de vida

Según el IDH, en 1998 la esperanza de vida en Colombia era de 70,7, ligeramente mayor a Perú y Ecuador y sensiblemente más bajo con respecto a Chile y Uruguay. A pesar de que las condiciones de salud de la población han mejorado en términos generales, la situación del conflicto interno ha reducido el ritmo de crecimiento en la esperanza de vida, especialmente en el caso de los hombres. Sin embargo, la expectativa de vida al nacer ha ido en aumento en el país, particularmente en las áreas urbanas en donde la población tiene más facilidades de acceso a los diferentes servicios de salud y en donde las coberturas de los regímenes de seguridad social son mayores.

2.3.5 Acceso a la educación

El acceso a la educación ha presentado avances significativos en el país, particularmente en las ciudades, donde se encuentra la población más capacitada y competitiva. Se estima que la tasa de alfabetización y escolaridad para Colombia en el año 1998 era del 91,2%. Vale la pena anotar que los valores desagregados de este indicador no se distribuyen uniformemente en el territorio nacional, pues existen zonas en donde las cifras de alfabetismo y escolaridad no alcanzan los promedios nacionales. Las coberturas del sistema educativo en primaria y secundaria se sitúan en ese mismo año en 89,4% y en 76,4% respectivamente, presentando rezagos evidentes con respecto a países con un nivel de desarrollo más alto en América Latina como Chile y Uruguay.

2.3.6 Cobertura de los servicios públicos

A pesar de que la prestación y cobertura de los servicios públicos domiciliarios en el país ha presentado un aumento importante, se estima que en el período 1990-1998, el 15% de la población del país no tenía aún acceso a servicios de agua potable y saneamiento básico. Estos porcentajes son significativamente más bajos que los observados en otros países latinoamericanos con niveles similares de desarrollo humano.

2.3.7 Necesidades básicas insatisfechas y miseria

El indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas, NBI, es un identificador de carencias en cuanto al acceso de la población a los servicios públicos domiciliarios y de las condiciones de alojamiento de los hogares en el país. Entre los años de 1985 y 1993 el NBI disminuyó 10%, evidenciándose aún grandes desigualdades entre el campo y la ciudad (Ver tabla 2,4). En la zona rural se presenta una mayor proporción de hogares con ausencia de servicios públicos domiciliarios y con condiciones de vivienda inadecuadas, aunque en el período en cuestión esta proporción disminuyó en cerca de 15%.

En cuanto a la proporción de hogares en miseria, es decir hogares con dos o más necesidades básicas insatisfechas, entre 1985 y 1993 también presentó una mejoría, a nivel nacional, de ocho puntos. La población con un mayor déficit de servicios y viviendas en condiciones inadecuadas es la rural, la cual osciló entre 38% y 23,5% entre 1985 y 1993 respectivamente.

	1985			1993		
	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural
Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	39	26.4	67.5	29.2	21.6	52.6
Miseria	18.3	9.5	38	10.8	6.6	23.5

Tabla 2.4
Colombia, Necesidades Básicas Insatisfechas y Miseria.

2.4 Marco legal, institucional y político

2.4.1 Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables

Con la expedición del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección al Medio Ambiente -Decreto Ley 2811 de 1974- se puede hablar en el país de la existencia de una "legislación ambiental" entendida como un cuerpo normativo cohesionado y armónico que regula la protección, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los recursos naturales renovables del país.

Con anterioridad existían una serie de normas fragmentarias y dispersas en diversos textos legales que regulaban algunos aspectos concretos relacionados con el tema ambiental y en especial, una profusa legislación en materia forestal. Entre las normas anteriores al Código, es necesario resaltar, la Ley 2 de 1959 que estableció siete grandes zonas de reserva forestal en el territorio nacional, con el objeto de proteger los suelos, las aguas y la vida silvestre: reserva forestal del Pacífico, Central, del río Magdalena, de la Sierra Nevada de Santa Marta, de la serranía de los Motilones, del Cocuy, y de la Amazonía⁴. La declaratoria de las reservas forestales de la Ley 2 ha tenido gran impacto en el país, ya que a pesar de que estas áreas han sido objeto de muchas sustracciones que han disminuido su cobertura notablemente, aún existen zonas de bosque bien conservadas.⁵

El tema de la atmósfera está regulado en el Libro II del Código de Recursos Naturales. Aquí, el Código otorgó facultades a la administración para fijar

niveles máximos permisibles de emisión, vertimiento y disposición de residuos o sustancias, así como para establecer condiciones y requisitos para la fabricación, importación, manejo y disposición de productos y residuos nocivos para el ambiente, y los criterios, plazos y requisitos para adquirir el derecho a usar los recursos naturales renovables, entre otros temas.

Específicamente en relación con la conservación de la atmósfera en condiciones que no cause daños o interfiera en el desarrollo de la vida humana y de los demás recursos naturales renovables, el Código prohíbe, restringe o condiciona "la descarga, en la atmósfera de polvo, vapores, gases, humos, emanaciones y en general, de sustancias de cualquier naturaleza que pueda causar enfermedad, daño o molestias a la comunidad o a sus integrantes, cuando sobrepasen los niveles fijados"⁶.

De igual forma, para prevenir la contaminación atmosférica, prevé que se dicten reglamentaciones sobre la calidad del aire; el grado posible de concentración de sustancias o partículas aisladas o combinadas en el aire; la definición de métodos para impedir y combatir la contaminación atmosférica, incluyendo la de origen energético; las restricciones o prohibiciones a la importación, ensamble, producción o circulación de vehículos y otros medios de transporte que alteren el ambiente; el empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones a niveles permisibles, y el establecimiento de estaciones o redes de monitoreo para localizar fuentes de contaminación atmosférica y dictaminar su nivel o grado de peligro⁷.

Finalmente para la parte relativa a la atmósfera, el Código establece el deber de ilustrar con programas educativos a la población sobre los efectos nocivos de las quemas para desmonte o limpieza de terrenos y de prestar asistencia técnica para la preparación de dichos terrenos con tecnologías adecuadas⁸.

2.4.2 La Constitución de 1991 y el medio ambiente en Colombia

En el año de 1991, se promulgó la nueva Carta Política de Colombia que deroga en su integridad la antigua constitución que había regido en el país desde 1886. En la Constitución de 1991 se consagraron aproximadamente 60 disposiciones que se relacionan directa o indirectamente con el tema ambiental, a diferencia de la Carta de 1886 que no contenía ningún artículo específico sobre la materia.

La Constitución también integró expresamente la dimensión ambiental a los planes de desarrollo, al incluir el aspecto ambiental como un componente fundamental del Plan Nacional de Desarrollo, con lo que colocó por primera vez en el país, las políticas ambientales al mismo nivel que las económicas y sociales (artículo 339).

Por último, la Constitución estableció también una serie de instrumentos para la protección ambiental, entre las que sobresalen la acción de tutela, las acciones populares y de grupo, la acción de cumplimiento, el derecho de petición, la acción de responsabilidad civil, la acción penal, las acciones disciplinarias y fiscales y las acciones de policía.

2.4.3 Institucionalidad ambiental

La Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente como ente rector de la política y gestión ambiental del país, encargado de definir las políticas y regulaciones a las que se debe sujetar la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables. La citada Ley también organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA-, el cual está conformado por el conjunto de

orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la ejecución de los principios generales ambientales.¹⁰

El SINA está coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente y para todos los efectos, su jerarquía sigue el siguiente orden descendente: Ministerio del Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas Regionales, CARs, departamentos, distritos o municipios. Las CARs son los principales ejecutores de la política y de la normatividad trazada por el Ministerio, y por tanto, son las responsables de la administración, protección, vigilancia y control de los recursos naturales renovables.

La Ley dispone también que los municipios, distritos o áreas metropolitanas cuya población urbana sea igual o superior a un millón de habitantes, ejerzan dentro del perímetro urbano las mismas funciones atribuidas a las Corporaciones en lo relativo a medio ambiente urbano (en Colombia sólo cuatro ciudades tienen el volumen de población referida: el Distrito Capital, Cali, Medellín y Barranquilla).

Adicionalmente la Ley 99, creó cinco institutos de investigación como apoyo científico y técnico del Ministerio del Medio Ambiente y sentó las bases para la estructuración de un Sistema Nacional de Información y de Investigaciones Ambientales que debe generar y suministrar, a las diversas entidades públicas y a la ciudadanía la información requerida para la toma de decisiones.⁹

También hacen parte del SINA otras entidades como los otros Ministerios, los organismos de control y las demás instancias estatales cuyas actuaciones pueden tener efectos directos o indirectos en la conservación de las condiciones ambientales del país. Igualmente pertenecen al SINA, las organizaciones no gubernamentales-ONGs-, las organizaciones comunitarias, los representantes de pueblos indígenas, afrocolombianos y/o campesinos, las universidades, el sector privado y los gremios de la producción y prácticamente todos los colombianos organizados en torno a acciones ambientales.

Adicionalmente, la Ley 99 consagró nuevas fuentes de financiación para la gestión ambiental, previendo nuevos recursos para atender los requerimientos de funcionamiento y de inversión de las autoridades ambientales. En este sentido, estableció un nuevo sistema y método para el cobro de tasas, que impone la obligación al titular de un permiso de vertimiento a las aguas, de emisión a la atmósfera o de disposición de desechos en el suelo, de pagar al Estado una suma de dinero, correspondiente a la carga contaminante que este genera, para cubrir los gastos de las consecuencias nocivas producidas por su actividad o para compensar los gastos de mantenimiento y renovabilidad de los recursos naturales afectados. Sólo las tasas retributivas por vertimientos líquidos se encuentran actualmente reglamentadas.¹⁰ Con el cobro de estas tasas se busca reducir la descarga de contaminantes al agua, a la atmósfera y al suelo, estimulando la inversión de las industrias en nuevas y modernas tecnologías de tratamiento de sus efluentes, para evitar el pago de altas sumas de dinero por este concepto. Otras de las fuentes de financiación incluyen las transferencias del sector eléctrico a las entidades ambientales de las cuencas aportantes o en cuya jurisdicción se encuentra el embalse.

2.4.4 Instrumentos internacionales adoptados por Colombia que se relacionan con el cambio climático

2.4.4.1 Instrumentos internacionales de carácter global

En el plano internacional, Colombia ha participado de forma destacada en el desarrollo del derecho ambiental internacional de la última década y

consciente de su obligación de proteger y conservar el medio ambiente ha ratificado y aprobado gran parte de dichos instrumentos (Ver tabla 2.5).

Convenio	Fecha de entrada en vigor	Ratificación por Colombia	Punto focal
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	21 de marzo de 1993	22 de marzo de 1995 mediante Ley 164 de 1994	Ministerio de Relaciones Exteriores
Protocolo de Kioto a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	No ha entrado en vigor	Colombia, se adhirió al Protocolo mediante la Ley 629 de 2000.	Ministerio de Relaciones Exteriores
Acuerdo para la creación del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global	12 de marzo de 1994	13 de agosto de 1997, mediante Ley 304 de 1996	Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM)
Convenio de Viena para la protección de la Capa de Ozono,	22 de septiembre de 1989	16 de julio de 1990, mediante Ley 30 de 1990	Ministerio del Medio Ambiente
El protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la Capa de Ozono y su enmienda de Londres	1 de enero de 1989	6 de diciembre de 1993, mediante la Ley 29 de 1992 y la Enmienda de Copenhague por adhesión, 5 de agosto de 1997, mediante la Ley 306 de 1996	Ministerio del Medio Ambiente
Protocolo sobre el programa para el estudio regional del Fenómeno del Niño en el Pacífico Sudeste –ERFEN-	15 de octubre de 1997	15 de agosto de 1997, mediante Ley 295 de 1996	Ministerio de Relaciones Exteriores
Convención sobre Diversidad Biológica	29 de diciembre de 1993	28 de noviembre de 1994, mediante Ley 165 de 1994	Ministerio de Relaciones Exteriores
Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como habitat de aves Acuáticas –RAMSAR-	21 de diciembre de 1975	18 de junio de 1998, mediante Ley 357 de 1997	Ministerio del Medio Ambiente (Autoridad administrativa)
Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o Desertificación, en particular Africa.	26 de diciembre de 1996	8 de septiembre de 1999, mediante Ley 461 de 1998	Ministerio de Relaciones Exteriores
Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación	5 de mayo de 1992	31 de diciembre de 1996, mediante Ley 253 de 1996	Ministerio de Relaciones Exteriores

*Tabla 2.5
Instrumentos internacionales más relevantes que ha ratificado Colombia relacionados directamente con la atmósfera y el cambio climático*

Entre aquellos instrumentos internacionales ratificados y negociaciones en las que ha participado Colombia en la última década, que se relacionan con el tema del cambio climático, se encuentra la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, que establece los principios que deben guiar el comportamiento de los Estados y de la sociedad para avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible. A pesar de que no es un texto vinculante, la Declaración de Río fue adoptada por la legislación colombiana de manera integral, dado que la Ley 99 de 1993 en su artículo primero estableció que el desarrollo económico y social del país se orientará según los principios contenidos en declaración.

Frente al tema específico del cambio climático, nuestro país ha participado activamente en las negociaciones y en posterior desarrollo de instrumentos internacionales relacionados con la atmósfera y el clima global, así

como en otros escenarios y conferencias que tienen relación indirecta con esta materia.

2.4.4.2 Procesos multilaterales

Otros procesos multilaterales de importancia para el tema han sido El Panel Intergubernamental de Bosques (IPF) y el Foro Intergubernamental de Bosques (IFF). Su principal resultado fue el establecimiento del Foro de las Naciones Unidas sobre Bosques (UNFF, por sus siglas en inglés). Una de las acciones prioritarias que en la actualidad promueve el UNFF, es el establecimiento y puesta en marcha de los planes nacionales de bosques. Colombia ha sido uno de los primeros países en establecer su Plan Nacional de Desarrollo Forestal, aprobado por el Consejo Nacional de Política Económica y Social -CONPES- en 2001, después de un amplio proceso de consulta con los sectores interesados y que tomó cerca de cuatro años.

Instrumentos de carácter regional

Entre los instrumentos internacionales de carácter regional sobresalen: el Tratado de Cooperación Amazónica; el Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe y su Protocolo relativo a las Áreas y a la Fauna y Flora Silvestres especialmente Protegidas del Convenio; el Convenio para la Protección del Medio Marino y la Zona Costera del Pacífico Sudeste y su Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste.

Instrumentos de carácter subregional

En el ámbito subregional se encuentra el Acuerdo de Integración Subregional Andino -Acuerdo de Cartagena- suscrito en 1969 por los gobiernos de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, (Venezuela se adhirió en 1973), como un acuerdo de integración y cooperación económica y social de esta subregión, que fue aprobado por Ley 8 de 1973 del consejo de Colombia. El Consejo de Presidentes Andinos (máximo órgano de la comunidad) decidió que entre las tareas prioritarias para profundizar la integración, durante el próximo lustro, está la definición y ejecución de políticas de desarrollo sostenible. Específicamente en el tema de cambio climático señaló su apoyo a la iniciativa de la Corporación Andina de Fomento (CAF) de iniciar un programa latinoamericano de carbono.¹¹

Políticas ambientales nacionales relacionadas con el cambio climático

Desde la promulgación de la Constitución de 1991 se han expedido dos planes nacionales de desarrollo que han incluido en sus capítulos ambientales previsiones relacionadas con el tema del cambio climático.

- El salto social

En el primer Plan Nacional de Desarrollo que se denominó *El Salto Social* (1994-1998) se establecieron entre otras líneas de política: la promoción de sistemas de control de la contaminación industrial y por fuentes móviles, y el fomento a la sustitución de combustibles hacia aquellos menos contaminantes como el gas natural para uso industrial y domiciliario. Igualmente se recomendó el diseño de proyectos piloto de transporte urbano sostenible y de programas de asistencia técnica dirigidos a la reconversión tecnológica y a la optimización de procesos para minimizar la generación de residuos, emisiones y descargas, así como la reducción de la demanda final de energía y el empleo de energías no convencionales.

Por otra parte, dentro del programa de ordenamiento ambiental del territorio, se señaló la necesidad de identificar áreas vulnerables a fenómenos y desastres naturales, y las zonas básicas para la protección ambiental, determinando las restricciones ambientales para el uso del territorio.

- *El proyecto colectivo ambiental*

El actual gobierno (periodo 1998 a 2002), en su Plan Nacional de Desarrollo consagró un capítulo denominado Proyecto Colectivo Ambiental que brinda el marco de la política ambiental vigente del país. Este señala como eje articulador de sus acciones, estrategias e instrumentos el recurso agua, y como propósito general, el trabajo colectivo que convoque a los diferentes actores en torno a la conservación y restauración de áreas prioritarias en ecorregiones estratégicas.

En el programa de bosques del Proyecto Colectivo Ambiental, tienen prioridad la creación de paquetes tecnológicos para los diferentes tipos de reforestación y el impulso de proyectos que puedan ser vinculados al mecanismo de desarrollo limpio de la Convención de Cambio Climático. Por su parte, el programa de producción más limpia se dirige a promover esta forma de producción en los sectores dinamizadores de la economía y con mayor impacto ambiental, entre los cuales se destaca de manera especial la minería y los sectores energético, industrial, turismo, agropecuario y de la construcción.

Como instrumentos de política se mencionan entre otros: la necesidad de fortalecer la definición de marcos de regulación, incentivos económicos, multas y mecanismos de control que contribuyan a prevenir y reducir la contaminación, en particular la asociada a sustancias químicas y peligrosas; y el reciclaje y la reutilización de subproductos de los procesos industriales y agropecuarios. Igualmente, reconoce que se debe consolidar la capacidad nacional de cooperación interna y externa, y la negociación internacional como instrumentos estratégicos para enfrentar de manera solidaria con otros países las amenazas globales al medio ambiente, y como herramientas para optimizar las ventajas comparativas representadas en la riqueza y diversidad del patrimonio natural nacional. Se declara el propósito de fortalecer la participación activa del país en las negociaciones de la Convención de Cambio Climático, en el Convenio sobre Diversidad Biológica y en los foros relacionados con el tema de bosques.

2.4.4.3 Otras políticas ambientales relacionadas con el cambio climático

Adicionalmente a los Planes de Desarrollo, el Ministerio del Medio Ambiente ha dictado varias políticas ambientales. A continuación se describen las que tienen relación con el tema del cambio climático.

Política de biodiversidad. Se fundamenta en tres estrategias: conservación, conocimiento y utilización sostenible de la biodiversidad. La estrategia de conservación incluye las medidas de conservación *in situ* a través del sistema de áreas protegidas, de la reducción de los procesos que inciden en la pérdida de la biodiversidad, de la recuperación de ecosistemas degradados y la protección de especies amenazadas. La estrategia de conocimiento abarca la caracterización de componentes de la biodiversidad (ecosistémico, de especies y genético) y la protección del conocimiento tradicional. La utilización sostenible busca promover el uso de sistemas sostenibles de manejo, apoyar la creación de bancos de germoplasma y programas de biotecnología, diseñar sistemas de valoración de la biodiversidad y desarrollar el concepto de distribución justa y equitativa de los beneficios que se derivan de su aprovechamiento.

Política de bosques. Es objetivo general de la política lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la

población. Entre sus objetivos específicos se encuentran los siguientes: reducir la deforestación mediante la armonización de políticas intersectoriales; incentivar la reforestación y conservación de bosques en cuencas hidrográficas y restaurar ecosistemas degradados y recuperar suelos

Estrategias para un sistema nacional de áreas protegidas. Tienen como objetivo asegurar la preservación y conservación *in situ* de la diversidad biológica, así como ampliar la representatividad genética, de especies y de ecosistemas del país y el mantenimiento de los procesos ecológicos que aseguren el flujo adecuado de bienes y servicios ambientales, por medio de la constitución de un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, que se integre con la dinámica económica, social y cultural del país.

Plan estratégico para la restauración y establecimiento de bosques en Colombia (Plan Verde). Su objetivo general es "restaurar ecosistemas estratégicos mediante acciones de restauración ecológica, reforestación con fines protectores, y agroforestería, que permitan mejorar la oferta de bienes y servicios ambientales, atenuar el impacto de los procesos de degradación y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población." Los ejecutores principales son las Corporaciones Autónomas Regionales con la participación de entidades territoriales (departamentos y municipios).

Del Plan se puede derivar una serie de beneficios, entre ellos: un aumento del caudal hídrico en épocas de sequía y su regulación durante el transcurso del año; la reducción de la tasa de pérdida de suelos y en consecuencia de los sedimentos transportados por los flujos de agua; la recuperación de la biodiversidad y mejoramiento en las condiciones de los hábitat para la reproducción y sostenimiento de la diversidad florística y faunística; la restauración o mejora del paisaje; la captura de CO₂ por los bosques naturales y las plantaciones forestales, que durante su crecimiento tienen la capacidad de secuestrar o acumular carbono y de esta manera contribuir al equilibrio atmosférico. Además, se pretende vincular este último beneficio ambiental con la financiación del programa en el largo plazo, con el fin de asegurar su sostenibilidad económica.

Lineamientos para la política de ordenamiento ambiental del territorio. Para orientar y regular los procesos de ocupación, apropiación y uso del territorio y los recursos naturales, y para garantizar su adecuado aprovechamiento, se proponen como objetivos de la política: disminuir los procesos de migración y ocupación insostenible hacia áreas de alto valor ecosistémico y cultural; identificar y promover usos sostenibles del territorio y los recursos naturales en áreas rurales transformadas; promover procesos de crecimiento y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos para mejorar la calidad de vida, disminuyendo los impactos negativos, y promover la recuperación, mantenimiento y uso sostenible de la oferta hídrica como factor fundamental en la ocupación del territorio.

Política de ordenamiento integrado y desarrollo sostenible de las zonas costeras. Se fundamenta en el ordenamiento territorial para asignar usos sostenibles al territorio marítimo y costero nacional, y para armonizar y articular la planificación del desarrollo costero sectorial a la conservación y restauración de bienes y servicios que provean sus ecosistemas; a la generación de conocimientos que ayuden a la toma de decisiones para el manejo integrado de estas áreas, y a impulsar proyectos de

autogestión comunitaria que permitan integrar a los usuarios de la zona costera en su manejo sostenible.

Política de producción más limpia. Se presenta como una propuesta de largo plazo a la solución de la problemática ambiental de los sectores productivos, que busca fundamentalmente prevenir la contaminación en su origen, en lugar de tratar de mitigar sus impactos, con posibilidades reales de sostenibilidad y competitividad sectorial. En el caso de los procesos productivos se centra en la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materiales tóxicos y la reducción de la cantidad y toxicidad de las emisiones contaminantes y de los desechos. Para los productos se orienta a la reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida de éstos, desde la extracción de materias primas, hasta su disposición final. En los servicios busca incorporar la dimensión ambiental en su diseño y prestación.

Política para la gestión integral de residuos sólidos. Plantea los elementos conceptuales para avanzar hacia la gestión integrada de residuos sólidos en Colombia incluyendo los peligrosos. El objetivo general de esta política es impedir o minimizar los riesgos para los humanos y el ambiente que ocasionan los residuos sólidos y minimizar la cantidad y peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final. Entre los objetivos específicos se cuentan: Aumentar el aprovechamiento racional de los residuos generados; mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de residuos; conocer y dimensionar la problemática de los residuos peligrosos y establecer sistemas de gestión de éstos. Igualmente se proponen estrategias y un plan de acción para alcanzar tales propósitos.

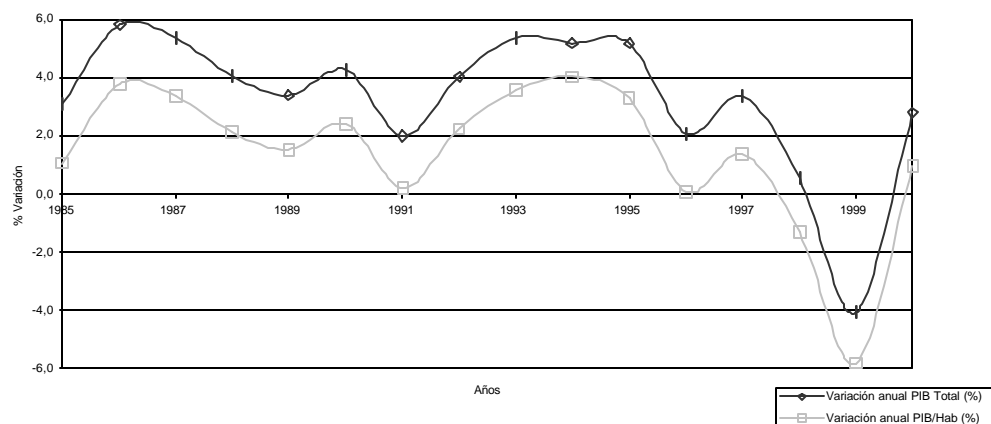
Otras políticas expedidas que se relacionan con este tema son: los "Lineamientos de política para el manejo integral del agua"; las "Bases para una política de población y medio ambiente, y los lineamientos de política para Uso y Manejo de Plaguicidas.

2.5 Aspectos generales de la economía

2.5.1 Producto Interno Bruto ¹²

Colombia experimentó un crecimiento positivo constante por casi 70 años (1932-1998). El crecimiento promedio del PIB real en Colombia entre 1980 y 1999 fue del 3,1% (Ver gráfico 2.2).

Gráfico 2.2
Variación del PIB
(1985-2000).
Fuente: DANE



En la década los años ochenta, mientras que la mayoría de las economías latinoamericanas sufrieron dificultades económicas debido a la crisis de la deuda, el PIB de Colombia creció a una tasa del 3,7%, más del triple del promedio regional de 1,2%.

El crecimiento real de la economía se desaceleró durante los noventa, hasta un promedio de 2,6%, cercano al de Latinoamérica y el Caribe. La liberalización de la economía en los años 90 sentó las bases para unas mayores tasas de crecimiento en comparación con sus niveles históricos. Como resultado, durante el período entre 1993 y 1995, la economía creció por encima del 5%, sobrepasando el promedio Latinoamericano. Este período de crecimiento fue sin embargo interrumpido en 1996 debido al desbalance macroeconómico en las cuentas fiscal y corriente y la crisis internacional que comenzó en Asia y se transmitió a otros mercados emergentes como Rusia y América Latina. Como resultado, el crecimiento económico se redujo entre 1996 y 1998 y declinó pronunciadamente en 1999 llegando a un nivel de -4,3%. Este fue un fenómeno atípico, considerando el fuerte récord económico de la economía colombiana. Sin embargo mediante un proceso de ajuste en el gasto público, inyección de capital para capitalizar entidades públicas y privadas, reactivación del crédito y reducción de las tasas de interés para el año 2000 se logró una recuperación del 3,0%. Todo parece indicar que las proyecciones de crecimiento para los próximos años, aunque positivas, no se asemejarán a las tendencias del pasado. El PIB para el 2001 será de 1,7% y los pronósticos para el 2002 oscilan entre el 2,2 y el 2,5%.

2.5.2 Estructura del PIB por ramas de actividad económica

Los datos disponibles sobre el PIB revelan que la estructura de la economía colombiana no ha cambiado sustancialmente durante los últimos años (Ver gráfico 2.3), siendo el sector de comercio y servicios combinadamente, los que contribuyen con algo más del 50% del PIB real. Le siguen las actividades agropecuarias y de minería con aproximadamente el 22% y luego la industria manufacturera con aproximadamente el 13% de participación en el PIB. La cifra de la participación de la construcción para 1999 revela el impacto de la recesión en este sector, que fue uno de los más perjudicados en ese período (Ver tabla 2.6).

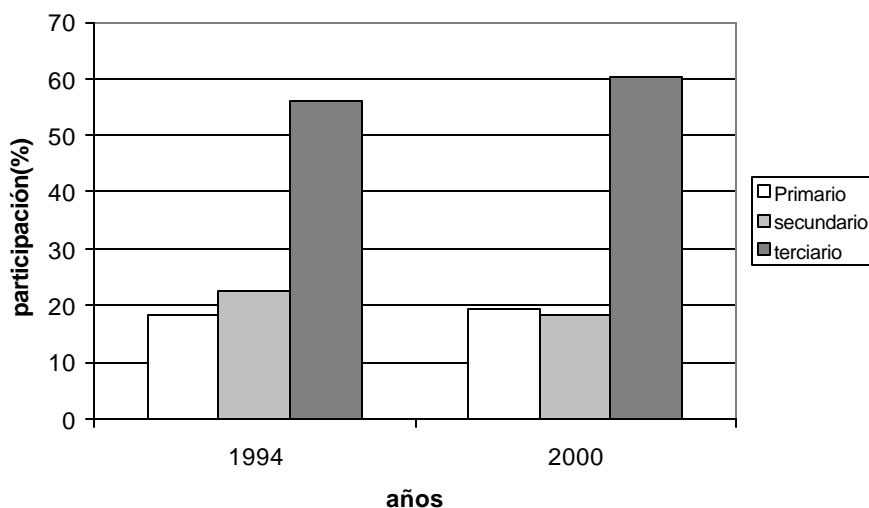


Gráfico 2.3
Participación porcentual de los sectores primario, secundario y terciario de la economía en el PIB Total
Fuente DNP, Banco de la República Tomado página Web Departamento nacional de Planeación (DNP, última actualización: 25 de octubre de 2001) www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTM

Sector primario: Explotación de minas y canteras, agropecuario, silvicultura, caza y pesca.

Sector secundario: Industria manufacturera y construcción

Sector terciario: Servicios sociales, comunales y personales, establecimientos financieros, seguros, inmuebles y otros servicios a las empresas, comercio, reparación, restaurantes y hoteles, transporte, almacenamiento de la comunicaciones y electricidad, gas y agua.

Tabla 2.6
Producto Interno Bruto
por ramas de actividad
económica (en
millones de pesos
de 1994).

Actividad Económica	1994	1998	1999(pr)	2000(pr)
Sector Primario				
Agropecuaria, silvicultura, caza y pesca	10.016.162	10.336.272	10.358.908	10.893.350
Explotación de minas y canteras	2.332.644	3.393.316	3.567.860	3.375.422
Subtotal sector primario	12.348.806	13.729.588	13.926.768	14.268.772
Sector Secundario				
Industria manufacturera	10.127.887	10.545.647	9.473.880	10.406.358
Construcción	5.029.719	4.144.997	3.255.504	3.224.396
Subtotal sector secundario	15.157.606	14.690.644	12.729.384	13.630.754
Sector Terciario				
Servicios sociales, comunales y personales	10.857.578	15.137.897	15.614.531	15.450.662
Electricidad, gas y agua	2.171.728	2.392.380	2.337.790	2.391.233
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	8.336.559	8.599.890	7.860.857	8.257.953
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	4.920.053	5.936.885	5.852.158	6.064.492
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y otros servicios a las empresas	11.560.737	13.573.884	12.624.223	12.591.274
Subtotal sector terciario	37.846.655	45.640.936	44.289.559	44.755.614
Menos Servicios bancarios imputados	3.047.640	4.179.178	3.327.175	3.055.761
Subtotal valor agregado	62.305.427	69.881.990	67.618.536	69.599.379
Más impuestos menos subsidios				
Impuestos excepto IVA	1.867.347	1.930.979	1.870.306	1.789.089
Subsidios	188.333	261.049	262.455	305.196
IVA no deducible	2.726.976	2.847.814	2.355.832	2.473.055
Derechos e impuestos sobre las importaciones	821.445	1.012.714	774.785	837.348
Producto interno bruto	67.532.862	75.412.448	72.357.004	74.393.675

* Cifras provisionales.

Fuente: Dane.

www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTM

Entre 1975 y 1995 la agricultura, silvicultura, caza y pesca y la industria manufacturera redujeron su participación en el PIB. En productos agrícolas tan importantes como arroz, trigo, sorgo y en la industria cementera, el clinker y el acero, los crecimientos fueron negativos. De los sectores que presentaron un crecimiento se destacan el sector minero con crecimientos desde 1996 hasta 1999, generado por la producción y exportación de petróleo y carbón, que se han convertido en los principales productos colombianos de exportación.

2.5.3 Sector energía

2.5.3.1 Sector energía en Colombia años 1990 y 1994¹³

Reservas

Colombia es un país rico en reservas energéticas tanto fósiles como renovables. En la actualidad cuenta con cerca de 1.972 millones de barriles de petróleo, que a la tasa de producción actual alcanza para ocho años de autoabastecimiento. Las reservas de gas natural son de 7.190 Giga pies cúbicos, con una relación reservas/producción de 29 años. Las reservas de carbón mineral son las más abundantes de América Latina, con 6.655 millones de toneladas, con las cuales se podría mantener la actual producción durante 174 años.

Se estima que Colombia tiene un potencial hidráulico de 93 TW, de los cuales sólo se han utilizado cerca del 10%. En el norte del país se reciben radiaciones solares que oscilan entre 5 y 6 kWh/m² /día. Se encuentra un alto potencial de recurso eólico en la región de la Guajira, en donde se han medido velocidades promedio anual superiores a los 5 m/s medidos a 10m de altura. El potencial del bagazo de la caña de azúcar asciende al equivalente de 600 MW de los que se tienen instalados 63 MW en cogeneración. Finalmente, cerca del 45% del territorio nacional se encuentra influenciado por anomalías geotérmicas de las que se han identificado 5 proyectos de interés.

Producción de energía primaria

En 1990 la producción de energía primaria en Colombia fue de 2.034,7 PJ, de los cuales 354,5 PJ correspondieron a biomasa e hidroenergía (17,4%), tal como se aprecia en el gráfico 2.4. El carbón mineral contribuyó con 584,3 PJ, esto es, cerca del 28,7% del total. El petróleo con 925,13 PJ contribuyó con cerca de la mitad de la producción 45,5% y el gas natural con 170,7 PJ, correspondió apenas al 8,4%.

Esta situación no varía considerablemente en 1994, cuando la producción total fue de 2.165,7 PJ, apenas 6% superior a la del año 1990. De este total, 411,3 PJ (19%) corresponden a hidroenergía y biomasa. La producción de carbón fue de 616,8 PJ (28,5%), la de petróleo 956 PJ (44,3%) y la de gas natural de 177,4 (8,2%).

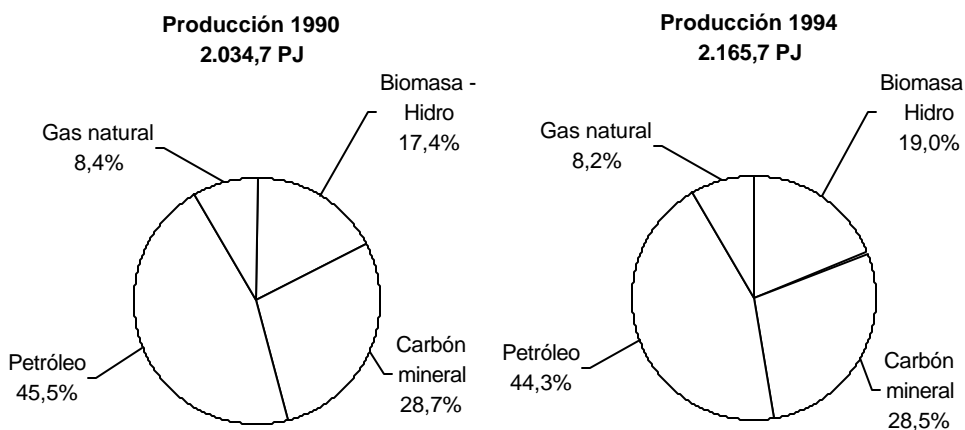


Gráfico 2.4
Participación por tipo de fuente de energía en la producción de energía para los años 1990 y 1994
Fuente: UPME

Comercio exterior

En 1990 se exportaron 405 PJ de petróleo (Ver gráfico 2.5), que representan el 43,8% de su producción y 367,5 PJ de carbón mineral, es decir el 62,9% de la producción. Para satisfacer la demanda interna se importaron en total 51,5 PJ de derivados, casi en su mayoría gasolina motor.

En 1994, el total de exportaciones de crudo ascendieron a 397,5 PJ, el 41,4% de su producción y 501,7 PJ de carbón, ascendiendo al 81,3% de la producción del mineral. Durante este año se importaron en total 75,7 PJ de productos derivados del petróleo.

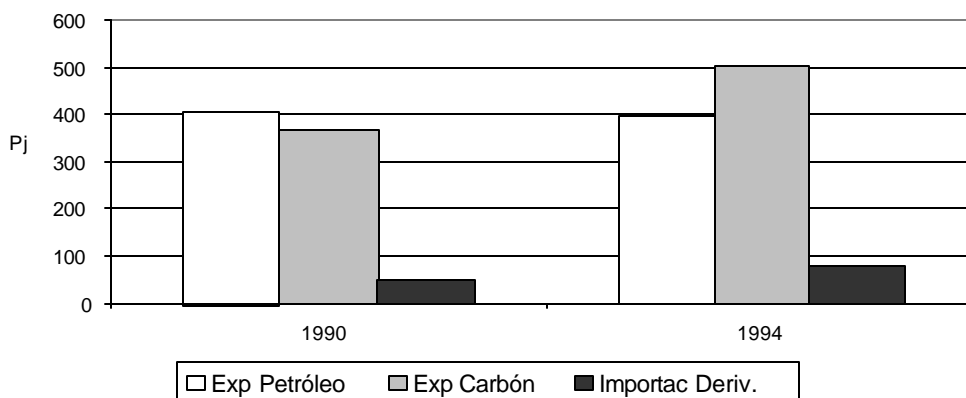
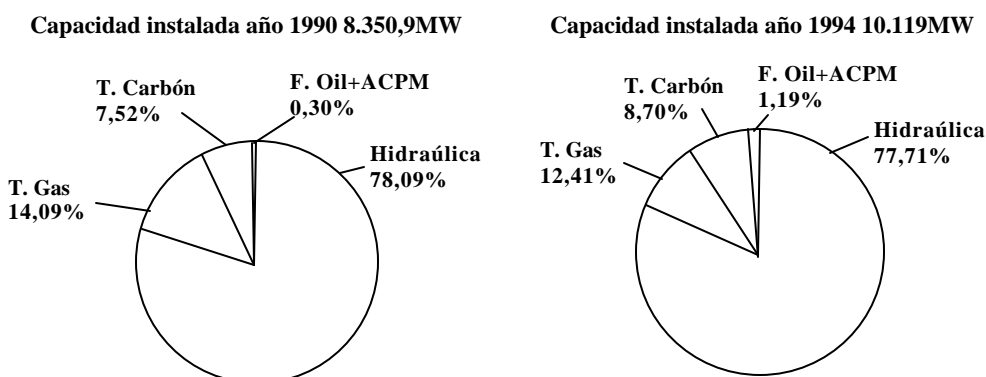


Gráfico 2.5
Comercio exterior de combustibles para los años 1990 y 1994
Fuente: UPME

Sector eléctrico

En 1990, Colombia contaba en el Sistema Interconectado Nacional/SIN con 8.350,9 MW de capacidad de generación de electricidad, de los cuales 6.521 MW eran hidráulicos (78,1%), 628 MW a carbón (7,5%) y 1.177 MW a gas natural (14,1%) (Ver gráfico 2.6). En total, se generaron en el sistema interconectado 33.863 GWh, de los cuales 27.357 GWh provenían de generación hidráulica (80%) y los restantes 6.505 GWh provenían de generación térmica. En el SIN, la capacidad instalada en 1994 era de 10.119 MW, de los cuales 7.863 MW eran hidráulicos (77,7%), se contaba con 1.256 MW a gas natural (12,4%) y 880 MW a carbón (8,7%). Un 1,2% de la capacidad de generación correspondía en 1994 a derivados del petróleo (Fuel oil y ACPM). En este mismo año se generaron 39.490,2 GWh, de éstos 31.841 GWh (80,6%) fueron hidráulicos y los restantes 7.649 GWh (19,4%) fueron térmicos.

Gráfico 2.6
Capacidad de generación de electricidad para los años 1990 y 1994
Fuente: UPME

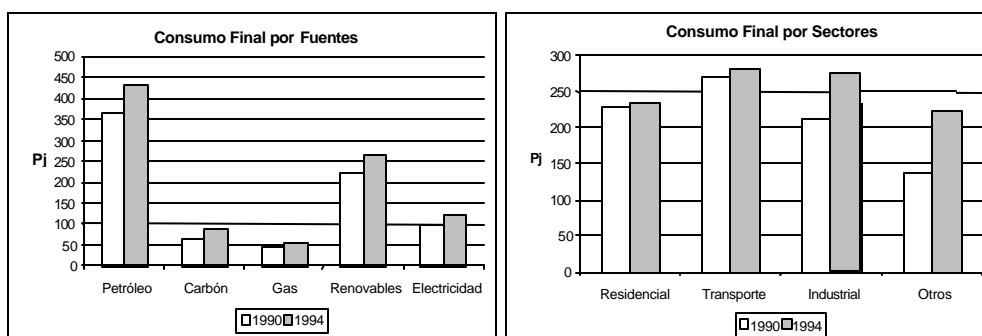


Consumo final sectorial

En 1990 el consumo final sectorial de energía¹⁴ fue de 849,6 PJ, de los cuales 96,7 PJ fueron de electricidad (11,4%), 363 PJ fueron de petróleo y derivados (42,6%), 64,4 PJ de carbón mineral (7,6%), 43,8 PJ de gas natural (5,2%) y 220 PJ de biomasa (26%). Otros productos de la cadena energética que incluyen los no-energéticos (como los lubricantes), participaron con 61 PJ (7,3%) (Ver gráfico 2.7).

El mayor consumidor fue el sector transporte con 269,7 PJ¹⁵ (31,7%), seguido del sector residencial con 230,1 PJ (27,1%), el industrial con 212,9 PJ (25,1%) y los demás sectores con 136,8 PJ, que corresponden al 16,1% (estos sectores incluyen el agropecuario con una participación del 7% del total, el comercial con el 3%, la construcción con el 4% del total y otros con el 2,1%).

Gráfico 2.7
Consumos finales de energía para los años 1990 y 1994
Fuente: UPME



En 1994 el consumo final se incrementó en un promedio anual del 4,5 % para alcanzar la cifra de 1.013,7 PJ, distribuidos así: Petróleo y derivados 430,3 PJ, que corresponden al 42,5%; electricidad 120,1 PJ, equivalente al 11,9%; carbón mineral 86,8 PJ es decir el 8,6%; gas natural 53 PJ, con el 5,3%; biomasa 262 PJ que corresponden al 25,8 % y otros productos de la cadena, incluyendo los no energéticos, 61,3PJ que corresponde al 6,1%.

En 1994 la estructura del consumo por sectores cambia respecto a la de 1990. El mayor consumidor sigue siendo el sector transporte, con 282,4 PJ que corresponde al 27,9% del total del consumo. El sector industrial aparece como el segundo sector consumidor con 274,5 PJ y una participación del 27,1% y el sector residencial se relega al tercer lugar con 233,7 PJ que equivalen al 23,1% del total. Los demás sectores consumieron 223 PJ que representan el 22% del total (incluye el sector agropecuario que tiene una participación del 7% del total; comercial con el 4%, construcción 1% del total y otros con el 10%).

El sector industrial utiliza mayoritariamente carbón, electricidad y gas natural. La participación del carbón en el consumo de energéticos del sector industrial paso del 27% en 1990 al 37% en el año 2000 (Ver gráfico 2.8).

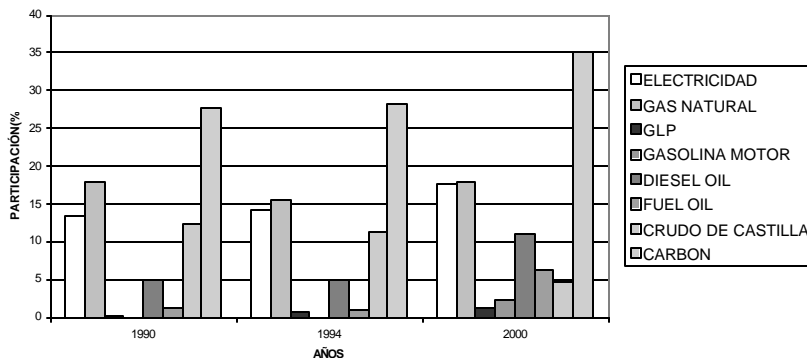


Gráfico 2.8
Participación porcentual de los energéticos en el consumo del sector industrial
Fuente: UPME
www.upme.gov.co/simec/index.htm

2.5.3.2 Consumo per cápita de energía e intensidad energética

El consumo per cápita de electricidad en Colombia es de 809 kwh/hab, cifra que es bastante modesta si se compara con la de otros países latinoamericanos como Venezuela (2.490 kwh/hb) Argentina (1.937 kwh/hab) o Costa Rica (1.427 kwh/hab) (Ver gráfico 2.9).

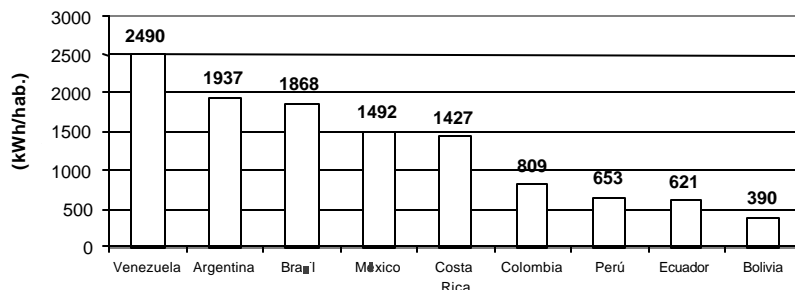


Gráfico 2.9
Consumo per cápita de electricidad en América Latina
Fuente: Estimación OLADE con base en Balances energéticos y metodología IPCC (información de 1999, con año base de 1990)

El consumo de energía final per cápita colombiano ascendió a 3,93 BEP/habitante en el año 2000, cifra que esta por debajo del promedio latinoamericano que es de 5 BEP/habitante.

El consumo colombiano de energía final sigue la tendencia del PIB, su crecimiento fue continuo hasta el año 1996, cuando se empieza a observar una importante reducción en el consumo pasando de más 6,6 millones de calorías por habitante en 1996 a menos de 6 en 1998, es decir una reducción cercana al 10% (Ver gráfico 2.10).

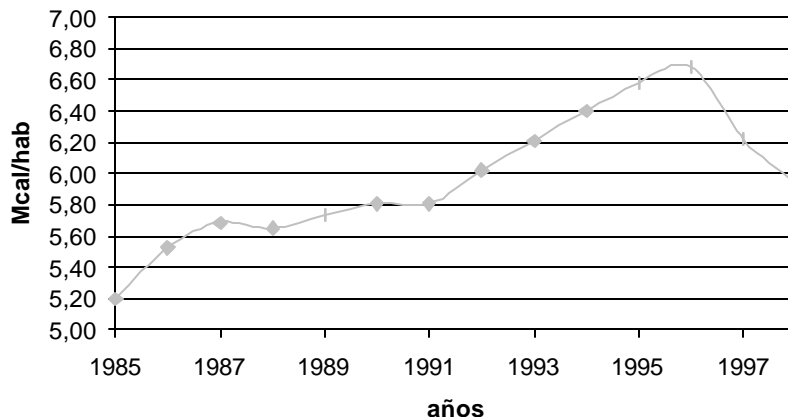
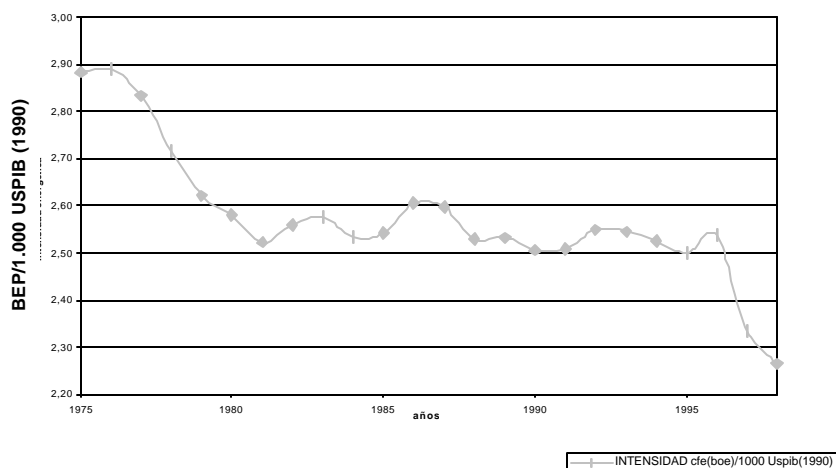


Gráfico 2.10
Consumo de energía final per cápita (Mcal/hab)
Fuente: UPME

La intensidad energética de 1999, era mayor que la Argentina, Chile, Brasil, Panamá, México, Uruguay, Perú con un valor de 2,50 BEP para producir US\$ 1.000 de 1990 del PIB, valor que se incrementó ya que en 1998 era de 2,36 (Ver gráfico 2.11).

Gráfico 2.11
Intensidad energética
Fuente: ÚPME



2.5.4 Sector transporte

2.5.4.1 Movimiento de carga

En la tabla 2.7 se registra el movimiento de carga en el país por modo de transporte, destacándose la disminución en la participación del movimiento por carretera, que en 1985 era del 60,2% y en 1999 descendió a 37,6%. También debe subrayarse el aumento en la participación de los ductos (principalmente oleoductos) que del 27,6% en 1985 crece al 47,4% en 1999, cifra que corresponde a un incremento en la producción y exportación de petróleo en ese periodo. Se observa también, un aumento constante en el movimiento de carga en lo que respecta al modo férreo.

Tabla 2.7 Movimiento de carga nacional por modo de transporte (Miles de toneladas / año).
Fuente: Ministerio de Transporte

Año	Carretera	Ferrocarril	Fluvial	Aéreo	Cabotaje	Ductos	Total
1985	50.069	4.614	2.203	110	3.260	22.980	83.237
1986	44.370	6.980	2.425	131	3.205	31.792	88.902
1987	51.612	10.619	2.419	124	3.049	39.056	106.878
1988	51.878	11.428	2.347	128	1.928	40.120	107.828
1989	55.414	14.150	2.394	121	2.101	48.780	122.960
1990	56.102	14.059	2.678	112	1.526	51.248	125.725
1991	63.144	14.717	2.698	105		50.733	131.396
1992	87.447	13.266	2.312	125		53.411	156.561
1993	90.235	15.379	2.746	108		56.243	164.711
1994	82.483	14.485	2.890	140	3.700	58.092	161.790
1995	86.742	17.054	2.634	140	4.000	72.264	182.834
1996	71.168	18.761	3.062	142	4.324	79.120	176.577
1997	89.400	19.862	2.755	139	3.997	84.734	200.887
1998	85.994	24.953	3.049	119	4.009	96.200	214.323
1999	82.162	27.478	3.735	134	1.385	103.698	218.718
2000	ND	31.186	3.802	100	797	94.035	129.920

ND: No Disponible

2.5.4.2 Transporte de pasajeros

Respecto al movimiento de pasajeros nacionales, se observa en la tabla 2.8, que el transporte por carretera es el que moviliza la mayor cantidad de pasajeros (87% en 1999), seguido por el aéreo (7,5% en 1999), el fluvial (5,4% en 1999) y el férreo (0,1% en 1999). Con relación al movimiento de pasajeros internacionales por vía aérea, se destaca el incremento ocurrido en la salida de pasajeros entre 1990 y 1994 que fue del 87,4%.

Año	Pasajeros Nacionales				Pasajeros Internacionales		
	Carretera *	Vía aérea	Fluvial	FF. CC.	Vía Aérea		
					Llegados	Salidos	Total
1985		5.769.961	1.119.716	2.370.000	553.223	586.654	1.139.877
1986		5.733.672	1.195.504	1.457.000	549.020	584.236	1.133.256
1987		5.777.703	1.047.461	1.480.000	551.655	564.943	1.116.598
1988		5.728.901	1.124.437	1.256.000	561.022	576.753	1.137.775
1989		5.784.737	1.167.222	1.205.037	549.920	586.166	1.136.086
1990		5.742.704	1.319.907	1.060.261	553.122	580.703	1.133.825
1991	7.677.836	6.085.657	2.299.597	612.000	637.668	659.684	1.297.352
1992	7.488.983	6.480.265	1.904.298	127.000	768.333	785.584	1.553.917
1993	7.484.001	7.036.336	2.104.543		887.102	910.824	1.797.926
1994	7.416.137	8.001.606	2.334.373		1.017.662	1.088.189	2.105.851
1995	94.161.337	8.622.437	2.448.764	58.328	1.152.684	1.229.984	2.382.668
1996	95.742.237	8.990.765	3.118.362	256.879	1.177.466	1.261.676	2.439.142
1997	98.911.215	8.757.212	4.168.027	232.330	1.315.182	1.366.269	2.681.451
1998	100.364.439	8.569.270	5.687.321	203.553	1.375.397	1.413.386	2.788.783
1999	94.654.074	8.209.472	5.829.787	160.130	1.218.885	1.352.500	2.571.385
2000	ND	8.171.671	5.958.499	ND	1.378.341	1.546.064	2.924.405

* En transporte por carretera: para el período 1991 - 1994, se tomó únicamente el terminal de Bogotá. Para el período 1994 - 1999 se tomó la información de 15 terminales de pasajeros.

Tabla 2.8
Movimiento de
Pasajeros en el país.
Fuente: Ministerio de
Transporte

2.5.4.3 Parque automotor

En el año de 1999 el número de vehículos en el parque automotor colombiano era de 2.616.752, compuesto en un 84,2% por vehículos particulares, 9,8% de transporte público y un 6% por vehículos de carga. El ingreso al parque automotor de nuevos vehículos, tuvo un gran incremento en el país desde comienzos de la década de los noventa por efectos de la apertura económica, teniendo como valor máximo el año de 1995 con la entrada a circulación de 200.871 vehículos.

2.5.4.4 Vehículos particulares

En la tabla 2.9 se presenta el número de vehículos particulares, compuesto en el año de 1999 por un 47% de autos particulares y un 24,9% de motocicletas, principalmente. También se destaca el incremento en el número de motocicletas entre 1990 y 2000 que fue de 428%.

Año	Autos particulares *	Camperos	Camionetas	Motocicletas	Otros	Total
1990	592.121	232.318	157.213	107.040	17.874	1.106.566
1991	617.991	238.908	162.722	118.335	19.041	1.156.997
1992	645.530	247.052	167.916	138.354	20.338	1.219.190
1993	708.196	263.954	179.488	173.510	22.142	1.347.290
1994	772.314	282.220	190.005	228.753	25.031	1.498.323
1995	838.346	299.799	201.402	306.702	27.015	1.673.264
1996	893.820	313.526	210.900	377.130	28.710	1.824.086
1997	947.910	325.226	222.692	435.641	30.688	1.962.157
1998	1.010.615	336.762	236.487	509.904	35.454	2.129.222
1999	1.035.390	340.711	241.142	547.324	37.721	2.202.288
2000	1.054.896	342.738	244.143	564.707	38.684	2.245.168
2001	1.061.042	343.446	244.636	567.930	39.566	2.256.620

* Para el número de autos particulares se aplicó la relación del estudio de Bocarejo¹⁶, el cual determinó que para 1990 el 90% de los automóviles eran autos particulares y el 10% taxis.

Tabla 2.9
Número de vehículos
particulares
Fuente: Oficina de
Informática del Ministerio
de Transporte

2.5.4.5 Vehículos de transporte público

En 1999 el número de vehículos de carga era de 255.943 unidades, tal como se observa en la tabla 2.10 y su composición fue: taxis 45%, buses 25,7%, micros 16,3% y busetas 13%. Es de resaltar el fuerte incremento en el ingreso a circulación del tipo micros entre 1990 y 1995, que fue del 306%.

Tabla 2.10
Número de vehículos
de transporte público.
Fuente: Oficina de
Informática del
Ministerio de
Transporte

Año	Taxis	Micros	Busetas	Buses	Total
1990	65.791	7921	16.877	46.705	137.294
1991	68.666	9585	17.225	48.663	144.139
1992	71.726	12163	17.792	51.002	152.683
1993	78.688	19961	19.735	54.749	173.133
1994	85.813	26735	21.862	57.738	192.148
1995	93.150	32185	23.760	59.647	208.742
1996	99.313	34825	26.382	61.295	221.815
1997	105.323	37198	29.442	63.098	235.061
1998	112.291	40274	31.877	64.771	249.213
1999	115.043	41772	33.237	65.891	255.943
2000	117.211	42564	34.828	67.309	261.912
2001	117.894	42669	35.001	67.677	263.241

2.5.4.6 Vehículos de carga

Respecto a los vehículos del tipo carga como se muestra en la tabla 2.11, en 1999 su número era de 158.721 unidades, con una gran participación del tipo camiones con un 75,3% seguido por los tractocamiones con el 12,9% y por las volquetas con el 11,9%.

Tabla 2.11
Número de vehículos
de carga
Fuente: Oficina de
Informática del
Ministerio de
Transporte

Año	Camiones *	Volquetas	Tractocamiones	Total
1990	88.861	15.873	12.111	116.845
1991	89.705	15.937	12.304	117.946
1992	90.935	16.074	12.778	119.787
1993	94.234	16.509	15.235	125.978
1994	100.077	17.139	16.337	133.553
1995	107.511	17.772	17.606	142.889
1996	111.865	18.125	18.245	148.235
1997	115.595	18.353	19.154	153.102
1998	119.107	18.644	20.248	157.999
1999	119.415	18.713	20.393	158.521
2000		18.728		18.728
2001		18.729		18.729

* Para camiones y tractocamiones se presentan las cifras del estudio sobre oferta de carga del Ministerio de Transporte.¹⁷

2.5.5 Sector agrícola ¹⁸

2.5.5.1 Las políticas de protección y el sector agropecuario

Las políticas de protección a la producción nacional aplicadas en Colombia desde la década de los años cincuenta hasta principios de los noventa orientada a promover la industrialización y el crecimiento económico, contribuyeron a impulsar en la agricultura el desarrollo de patrones diferenciados de producción, de tecnología y de organización económica de las empresas agrícolas.

Una parte de la agricultura se desarrolló al amparo de políticas de sustitución de importaciones de materias primas, y dio lugar a cultivos cuya sostenibilidad económica se basaba en el mantenimiento de barreras de protección frente a la competencia extranjera, de transferencias de ingresos a los productores a través de los precios de los productos y de tasas subsidiadas de interés, así como de subsidios directos pagados con recursos del presupuesto nacional. La mayoría de los cultivos transitorios transables, que conformaron buena parte del sector de agricultura moderna tuvieron ese origen, es el caso de los cultivos de sorgo, algodón, soya, maíz amarillo, cebada e, incluso, arroz.

Estas mismas condiciones se aplicaron hasta cierto punto al desarrollo de las industrias pecuarias intensivas (avicultura y porcicultura tecnificada). La diferencia radicaba en el hecho de tener que asumir los sobrepuestos de la protección a las materias primas agrícolas necesarias para elaborar los alimentos balanceados.

Un segundo grupo de productos se conformó con base en el café y otros cultivos permanentes con clara vocación exportadora (banano y flores y, recientemente, camarones) o con aparentes ventajas competitivas en el mercado doméstico (azúcar y palma africana), y que también han recibido diversos beneficios de las políticas sectoriales, a través de medidas específicas de protección comercial, crédito subsidiado y pagos directos en proporción al valor de las exportaciones (con excepción del café). Esos cultivos (diferentes de café) se han desarrollado con base en empresas agroindustriales con alto grado de integración vertical, escalas de operación relativamente grandes y sofisticadas estructuras de gestión empresarial.

Un tercer grupo de cultivos se tipificó como el sector de productos no transables que, en lo fundamental, se mantuvo al margen de los privilegios que otorgaban las políticas sectoriales a la agricultura, ya que sus instrumentos eran pertinentes sólo para los bienes importables y, en menor grado, para los exportables. Tal fue el caso de frutales, hortalizas, tubérculos y legumbres, entre otros. La evolución de estos cultivos ha dependido casi en forma exclusiva de la dinámica de conformación y modernización del mercado interno, pero con muy escaso acompañamiento de las políticas sectoriales. Hasta mediados de la década de los ochenta los mercados domésticos para esos productos eran poco dinámicos e informales. Aún en la actualidad los mercados de la mayoría de esos bienes se caracterizan por su alcance regional y con débiles vínculos de integración entre regiones. Por esa razón, esos cultivos se constituyeron tradicionalmente en refugio de las economías campesinas.

2.5.5.2 El sector agropecuario en los noventas

La década de los noventas fue difícil para la agricultura colombiana. A raíz de la implantación de medidas tendientes a la progresiva liberalización y apertura económica a principios de los noventas, el sector agropecuario ha experimentado un proceso relativamente intenso de ajuste estructural que se manifiesta en cambios en los patrones de producción y uso de recursos. Los cultivos transitorios transables, entraron en crisis ante la competencia internacional. Otros sectores, como la ganadería extensiva, la producción pecuaria intensiva, los cultivos permanentes y los cultivos de productos no transables, han aumentado la producción. La ganadería bovina extensiva ocupó la mayor parte de las tierras que dejaron de ser cultivadas con granos y oleaginosas. Por otra parte, el cultivo de café sufrió una reducción apreciable en el área cultivada y la producción, al tiempo que se transformaba su estructura productiva hacia un mayor predominio de fincas pequeñas.

El ajuste de la estructura productiva del sector ha respondido a varios factores, entre los cuales cabe mencionar:

- Cambio en los precios relativos entre los productos del sector, debido, primero (entre 1991 y 1993) al descenso de los precios internacionales y, luego (desde 1993), a la revaluación del tipo de cambio. Aquellos productos que más apoyo y protección comercial recibían antes de 1990 experimentaron un descenso en sus precios relativos frente a los productos que no gozaban de similares niveles de protección.

- Aumento de las asimetrías en las condiciones de protección a partir de las medidas de apertura comercial. Mientras para el arroz y el azúcar se han mantenido altos los niveles relativos de protección, otros productos como algodón, soya, maíz, sorgo y cebada han tenido que enfrentar una virtual eliminación de la protección efectiva.

- La falta de alternativas para la reconversión productiva, en contextos regionales de elevada concentración de la propiedad y tenencia de la tierra.

A esta circunstancia está ligada la expansión de la ganadería bovina en algunas zonas que antes se dedicaban a cultivos transitorios.

No obstante, las noticias no fueron del todo malas. En la última década han ocurrido cambios sustanciales que incidieron en la dinámica de los bienes agrícolas no transables. Por un lado, las condiciones macroeconómicas (sobre todo la tasa de cambio) han provocado un aumento drástico de los precios relativos de los bienes no transables en relación con los transables, prestando incentivos económicos a los cultivadores de aquellos productos.

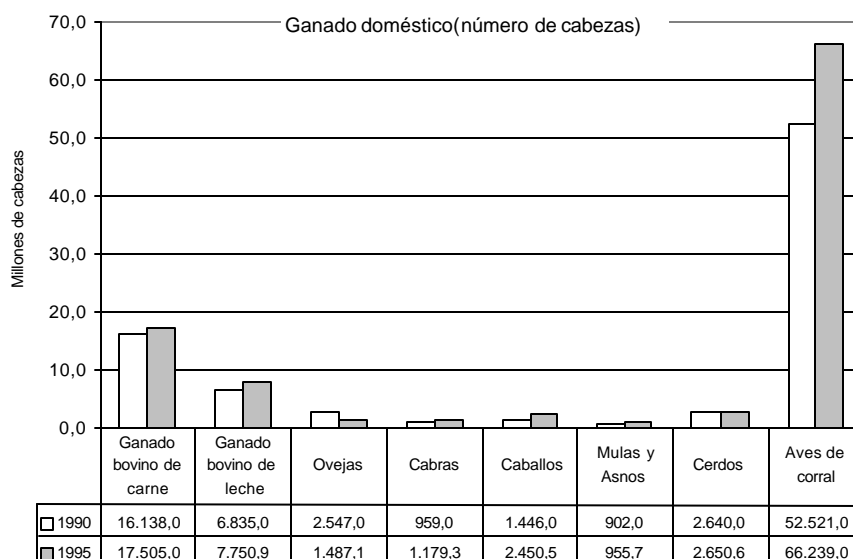
De otra parte, los mercados de frutas y hortalizas han adquirido gran dinamismo y registran notables progresos en la tecnología de manejo de perecederos y en la organización de los procesos de comercialización. Estas nuevas circunstancias han prestado condiciones favorables para que, a medida que se van formando y consolidando los mercados para los productos tradicionalmente no transables, han ido surgiendo formas empresariales de producción e, incluso, esquemas de agricultura por contrato, que promueven la articulación de la pequeña explotación agrícola con organizaciones agroindustriales.

Las nuevas oportunidades de mercado impulsadas por la reducción de costos, la ampliación del consumo y la modernización de las estructuras de comercialización han favorecido principalmente el crecimiento de la avicultura y la piscicultura en el sector pecuario, y las frutas, hortalizas y tubérculos en la producción agrícola. También cultivos, tales como, la palma de aceite, la caña de azúcar, hortalizas y frutas se beneficiaron de los altos precios y/o mejoras tecnológicas. Además, algunas organizaciones de productores han dirigido sus esfuerzos, no solamente hacia la imposición de aranceles o la creación de incentivos, sino también hacia la estabilización de los precios al productor y han realizado fuertes inversiones en investigación sobre mejoramiento de semillas, cultivos y prácticas de cosecha

También se están registrando desarrollos hacia una mayor integración de los mercados regionales y al mercado internacional, con lo cual comienza a ser superado su carácter de no transables. En actividades pecuarias como la piscicultura y la avicultura se generaron nuevas oportunidades de mercados por disminuciones logradas en los costos de producción y en el mejoramiento de la infraestructura de comercialización.

Finalmente, y más que todo en consonancia con los patrones de latifundio y elevada concentración de la tenencia y la distribución de la propiedad rural, se extendió la ganadería bovina ocupando la mayor parte de la frontera agropecuaria del país (Ver gráfico 2.12). La producción de carne bovina ha evolucionado amparada por una protección tecnológica asociada al escaso grado de desarrollo

Gráfico 2.12
Número de cabezas de
ganado doméstico en
Colombia



de la infraestructura (que se ha visto reflejada especialmente en un mejoramiento de la capacidad instalada de frío) y la relativa informalidad en la organización del mercado (Ver gráfico 2.13).

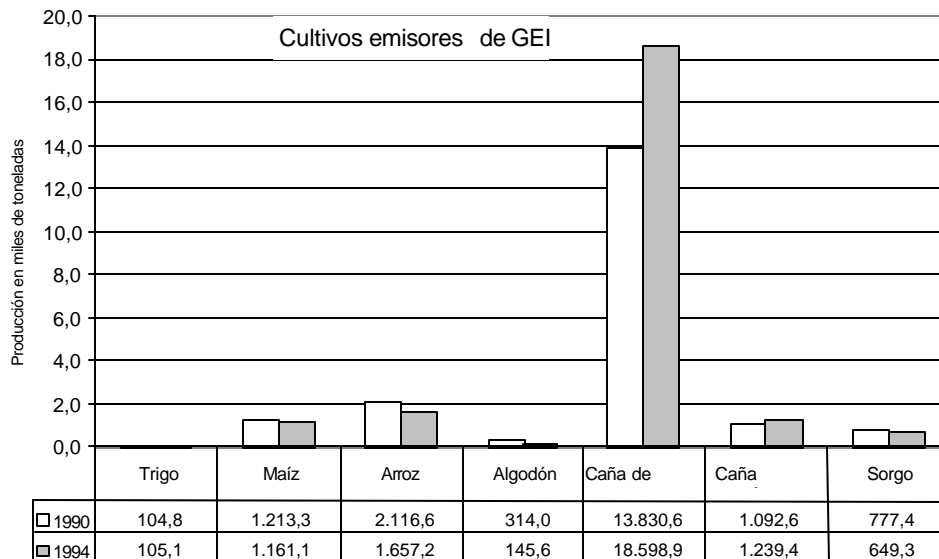


Gráfico 2.13
Cultivos evaluados
para el inventario
de GEI

El desempeño de los cultivos, durante la última década, no constituye un buen indicador de su comportamiento futuro. La devaluación del peso y el crecimiento de los precios mundiales de algunos bienes transables (maíz, algodón) combinado con mejoras de productividad han hecho que estos vuelvan a ser competitivos. Los productos frescos continuarán siendo competitivos, y el crecimiento de la industria de jugos, aún durante la recesión actual, indican que hay numerosas oportunidades de producción local de pulpa de fruta para exportación, así como para la sustitución de importaciones.

Indudablemente, Colombia presenta una ventaja comparativa en la producción de cultivos permanentes (banano, cacao, café, caña de azúcar, aceite de palma, entre otros) y en la oferta creciente de productos hortifrutícolas hacia el Hemisferio Norte durante los meses de invierno. No solamente aspectos climáticos favorecen la producción, sino que extensas áreas donde se combinan todos los requerimientos agroecológicos, pueden ser fácilmente adecuadas para productos exportables o de uso agroindustrial.

Un mercado aún por afianzar es el de los productos forestales. Cerca de tres millones de hectáreas están disponibles para producción. Colombia tiene el potencial para producir madera en rotaciones de ocho a veinte años con rendimientos que superan los veinticinco metros cúbicos por hectárea/año. Una adecuada estrategia de expansión forestal permitirá incursionar en el mercado de captura de CO₂. Adicionalmente, se tiene capacidad de expansión de productos como cacao, aceites exóticos, flores, alimentos procesados y en el cultivo de camarón.

Además, existen amplias posibilidades de inversión en suelos de buena calidad que cuentan con infraestructura básica y acceso a nuevas vías terrestres y, como se mencionó anteriormente, organizaciones de productores, ONGs y el gobierno, han estado invirtiendo en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

2.5.6 Comercio ¹⁹

2.5.6.1 Exportaciones

En 1999 las exportaciones colombianas tuvieron un incremento del 7% con respecto a 1998. En el año 2000, las exportaciones colombianas ascendieron a US\$13.115 millones, es decir un incremento del 13% con respecto

al año anterior. Este incremento es un resultado positivo luego de la reducción experimentada en 1998 (aproximadamente de -5,9%) que se debió principalmente a la reducción de precios del café y petróleo, dos de los bienes de exportación tradicionales en Colombia. La corrección en los precios del café y petróleo, de la mano con el dinamismo de la economía norteamericana, el principal mercado de exportación de Colombia, permitió este proceso de recuperación. De la misma forma, se espera que el menor crecimiento de la economía norteamericana afecte negativamente las exportaciones colombianas para el 2001. (Ver tabla 2.12)

Destino	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000							
Total exportaciones/1	8.538	10.201	10.648	11.549	10.866	11.617	13.115							
Principales países de destino	Part (%)	Part (%)	Part (%)	Part (%)	Part (%)	Part (%)	Part (%)							
Estados Unidos	2,991	35.04	3,527	34.57	4,141	38.89	4,262	36.91	4,049	37.26	5,616	48.34	6,527	49.77
Venezuela	545	6.38	967	9.48	779	7.32	990	8.57	1,146	10.54	923	7.95	1,298	9.90
Alemania	872	10.22	734	7.20	604	5.67	730	6.32	684	6.30	486	4.18	430	3.28
Ecuador	325	3.81	428	4.19	425	3.99	541	4.69	582	5.35	330	2.84	462	3.52
Bélgica	321	3.76	294	2.89	294	2.76	340	2.94	318	2.93	284	2.44	223	1.70
Perú	241	2.82	567	5.56	613	5.75	543	4.70	370	3.41	358	3.08	372	2.83
Japón	364	4.26	353	3.46	349	3.28	362	3.14	269	2.47	245	2.11	230	1.75
México	108	1.27	90	0.88	89	0.84	114	0.99	129	1.18	202	1.74	230	1.75
Resto de países	2,77	32.44	3,242	31.78	3,354	31.50	3,666	31.74	3,32	30.56	3,174	27.32	3,344	25.50

Tabla 2.12
Colombia, exportaciones
y destinos
Millones de dólares FOB
Fuente: DANE

El crecimiento dinámico de las exportaciones en los años 90, comparado con la década anterior, refleja el proceso de desregulación y apertura, así como los esfuerzos del país por penetrar nuevos mercados y fortalecer su posición en los existentes. Durante los últimos 20 años, las exportaciones tradicionales (que incluyen café, petróleo y sus derivados, carbón y otros) han cedido lugar a bienes no tradicionales (textiles, manufacturas, etc.). El fuerte comportamiento de bienes industriales es la principal causa de esta diversificación. En el periodo 1980-1989, las exportaciones tradicionales representaron el 56% del total, de esta el café contribuía con la mayor proporción. En los años 90, esta proporción se redujo al 50%, pues las exportaciones de café cedieron terreno a las exportaciones de petróleo. En contraste, las exportaciones no tradicionales como porcentaje del total se incrementaron de un 44% en los años 80 a 50% en los años 90 (Ver tabla 2.13).

Tabla 2.13.
Colombia, exportaciones
por sector económico
Millones de dólares FOB
Fuente : DANE

Sector	1996	Part (%)	1997	Part (%)	1998	Part (%)	1999	Part (%)	2000	Part (%)
Total Exportaciones	10,648	100	11,549	100	10,866	100	11,617	100	13,115	100
Exportaciones tradicionales	5,546	52.09	6,017	52.10	5,277	48.57	6,113	52.58	6,711	50.96
Petróleo y derivados	2,947	27.68	2,707	23.44	2,329	21.43	3,755	4.569	4,569	35.05
Café	1,578	14.82	2,261	19.58	1,893	17.42	1,347	1,069	1,069	8.20
Carbón	849	7.97	888	7.69	936	8.61	857	861	861	6.10
Ferro-níquel	172	1.62	161	1.39	120	1.10	154	211	211	1.62
Exportaciones no tradicionales	5,102	47.91	5,532	47.90	5,588	51	5,504	47.42	6,404	49.04
Sector agropecuario, silvicultura, caza y pesca	1,044	9.81	1,122	9.71	1,176	10.82	1,213	10.49	1,174	8.96
Sector minero	13	0.12	16	0.14	14	0.12	8	0.07	9	0.07
Sector industrial	4,025	37.80	4,374	37.87	4,376	40.27	4,254	36.61	5,19	39.77
Prod. alimenticios, bebidas y tabaco	757	7.11	877	7.60	946	8.70	814	6.91	870	6.66
Textiles, prendas de vestir	901	8.46	868	7.52	831	7.64	781	6.74	952	7.28
Industria maderera	36	0.34	30	0.26	44	0.40	45	0.39	63	0.48
Fabricación de papel y sus prod.	222	2.09	251	2.17	273	2.51	260	2.24	316	2.43
Fabr. sustancias químicas	1,042	9.79	1,235	10.70	1,246	11.47	1,385	11.96	1,692	12.97
Minerales no metálicos	151	1.42	169	1.46	189	1.74	204	1.76	224	1.72
Metálicas básicas	253	2.37	146	1.27	102	0.93	115	0.99	147	1.13
Maquinaria y equipo	439	4.13	607	5.26	601	5.54	479	4.13	765	5.87
Otras industrias	224	2.10	191	1.65	146	1.34	172	1.49	161	1.24
Diversos y no clasificados	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Durante los años 80, los principales destinos de las exportaciones colombianas fueron la Unión Europea (39% del total), Estados Unidos (31%), Venezuela (6%), Japón (4%) y Centroamérica y el Caribe (4%). Sin embargo, la profundización de los procesos de integración económica en las Américas junto con las preferencias unilaterales otorgadas por Estados Unidos a Colombia, han introducido importantes cambios en la composición de los destinos de las exportaciones colombianas. Durante los años 90, los Estados Unidos ganaron una proporción importante. Considerando los promedios entre los años 1996-2000 a nivel de país, los Estados Unidos ocuparon el primer lugar con un 40% del mercado, seguidos por Venezuela y Alemania con 9% y 6% respectivamente. Para el año 2000, la participación de la Unión Europea como un todo era de alrededor del 20%. En el mismo sentido, el comercio entre la Comunidad Andina casi se duplicó durante los años 90 en comparación con los 80, reflejando el progreso alcanzado en los acuerdos de comercio regional. Los Estados Unidos y Europa son mercados muy importantes para Colombia en la medida en que son los más grandes compradores de los principales productos de exportación colombiana como el café, bananas, flores frescas y petróleo. Sin embargo, en el caso de bienes industriales, los principales clientes colombianos son países Latinoamericanos, especialmente los de la Comunidad Andina, seguidos de los países del G-3 (Venezuela y México)(Ver tabla 2.13).

2.5.6.2 Importaciones

A diferencia de las exportaciones, las importaciones cayeron (-27,3%) a US\$9.955 millones de dólares en 1999 de US\$ 13,692 millones en 1998, debido a la recesión económica y la devaluación del peso. Este comportamiento deficiente de las importaciones durante 1999 es claramente una desviación de su tendencia creciente durante los años 90. Para el año 2000, la tendencia a la baja se habría detenido y las importaciones totales ascendieron a US\$11.539 millones, aproximadamente un 8% de incremento sobre el año 1999.

El incremento significativo en las importaciones hasta los años 90 se explica por los altos requerimientos de inversión por parte de la industria para enfrentar la competencia internacional. Como resultado, las importaciones de bienes intermedios y bienes de capital suman más del 80% del total de las importaciones.

Durante los años 80 las cinco principales fuentes de importaciones colombianas fueron: los Estados Unidos (35% del total) seguido por la Unión Europea (18%), Japón (10%), Venezuela (6%) y Brasil (4%). Durante los años 90, los Estados Unidos (38%), la Unión Europea (19%) y Venezuela (8%) incrementaron su participación en el total, mientras que la participación del Japón decreció. Como resultado de estas tendencias, Venezuela es ahora la tercera más grande fuente de importaciones colombianas y es la segunda si se consideran países individualmente, lugar que antes ocupaba Japón que bajó al cuarto lugar. De la misma manera, la participación de México creció levemente durante estos dos periodos (2,5% a 3,2%) permitiéndole desplazar a Brasil en el quinto lugar.

Las importaciones colombianas de materias primas y de producción para la industria están cercanas al 50 % del total, mientras que las de bienes de capital y materiales de construcción llegan al 30% y las de bienes de consumo al 19%.

Notas

^{1.} Como oferta natural se introduce la oferta hídrica generada por los sistemas hidrológicos sin descontar de esta ninguna magnitud por efectos de presión antrópica y degradación de la calidad del recurso.

^{2.} Para una especialización de la distribución de la gran riqueza biológica del país se definió una metodología de clasificación de las coberturas vegetales asociadas, trabajo desarrollado a escala 1:500.000, lo que permitió el conocimiento del estado de los sistemas naturales y de los recursos florísticos. La metodología se basó en el reconocimiento de las unidades vegetales a partir de imágenes de satélite como instrumento para el levantamiento de información básica. Involucra además, criterios fisionómicos y estructurales de la vegetación, región natural, altitud y nivel de intervención. Desde una visión holística, en el país, se pudieron identificar las siguientes coberturas vegetales a partir de una clasificación visual de 66 imágenes de satélite LANDSAT para 1996 (año promedio de fechas de toma de las imágenes), usando la base cartográfica oficial de Colombia a escala 1:750.000 del IGAC.

^{3.} Dane. 1998. Colombia. Proyecciones quinquenales de población por sexo y edad, 1950-2050.

^{4.} Posteriormente, el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables, INDERENA durante su existencia declaró 57 reservas forestales protectoras en diversas zonas del territorio nacional y algunas Corporaciones Autónomas Regionales, CARs, han declarado reservas forestales regionales en el área de su jurisdicción.

^{5.} Las reservas forestales actualmente se encuentran reguladas dentro del título de bosques del Código de Recursos Naturales Renovables (artículos 202 a 210). Este dispone que se entiende por área de reserva forestal, las zonas de propiedad pública o privada que se reservan para destinarlas exclusivamente al establecimiento o mantenimiento y utilización racional de áreas forestales protectoras, productoras o productoras-protectoras. El Decreto Reglamentario 877 de 1976, establece unos criterios basados en precipitación y pendiente para definir las distintas clases de áreas forestales.

^{6.} Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente; artículo 74.

^{7.} Las previsiones del Código y de la Ley 99 de 1993, sobre la prevención y control de contaminación atmosférica y la calidad del aire, fueron reglamentadas por el de Decreto 948 de 1995.

^{8.} En el Código las disposiciones específicas sobre atmósfera y espacio aéreo están en los artículos 73 a 76.

^{9.} El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-, es un establecimiento público de carácter nacional, adscrito al Ministerio del Medio Ambiente. Corresponde al IDEAM el levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas estratégicos del país, así como establecer las bases técnicas para la zonificación y el uso del territorio nacional. Además, es función del IDEAM, obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos

biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la nación. También tiene a su cargo el establecimiento y funcionamiento de las infraestructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la comunidad. El IDEAM efectúa el seguimiento de los recursos biofísicos de la nación, especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, para brindar instrumentos a las autoridades ambientales para la toma de decisiones. El Instituto es el nodo del Sistema de Información Ambiental del país y realiza la síntesis nacional en la materia, al tiempo que genera metodologías y establece vínculos con las CARs para que estas precisen y detallen en el nivel regional, la resolución de la información suministrada por el Instituto. El IDEAM también debe apoyar al Ministerio en la definición y desarrollo de la política ambiental internacional. Especialmente, realizando estudios e investigaciones científicas sobre el cambio global y sus efectos en el territorio colombiano.

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis INVEMAR, tiene como encargo principal la investigación ambiental básica y aplicada de los recursos naturales renovables y los ecosistemas costeros y oceánicos de los mares adyacentes al territorio nacional. El INVEMAR emite conceptos técnicos sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos marinos, presta asesoría y apoyo científico y técnico al Ministerio, a las entidades territoriales y a las Corporaciones Autónomas Regionales.

El Instituto Alexander von Humboldt está encargado de realizar investigación básica y aplicada sobre los recursos genéticos de la flora y la fauna nacionales y de levantar y formar el inventario científico de la biodiversidad en todo el territorio nacional. Tiene a su cargo la investigación científica y aplicada de los recursos bióticos e hidrobiológicos en el territorio continental de la Nación.

El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, tiene por objeto la realización y divulgación de estudios e investigaciones científicas de alto nivel, relacionados con la realidad biológica social y ecológica de la región amazónica.

El Instituto de Investigaciones del Pacífico realiza la investigación del medio ambiente del Litoral Pacífico y del Chocó Biogeográfico.

^{10.} Decreto 901 de 1996

^{11.} XI Consejo Presidencial. Cartagena-Colombia, 26-27 de mayo de 1999, Acta de Cartagena.

^{12.} Sección elaborada con base en información de Coinvertir y del Ministerio de Desarrollo Económico, La economía colombiana 1999-2000

^{13.} Sección elaborada por la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética).

^{14.} Sin incluir el consumo del sector de generación y transformación de energía (el cual incluye autoproducción, refinerías, centrales térmicas, entre otros) así como de su propio consumo.

^{15.} Incluidos los consumos de no energéticos.

¹⁶. BOCAREJO, Juan Pablo. Principales características del parque automotor en Colombia. Segundo seminario internacional sobre control de la contaminación por automotores. UN-IDEA. 1996.

¹⁷. Ministerio de Transporte - Situación actual de oferta de carga del parque automotor. Subdirección Operativa de transporte automotor. Grupo de estudios de carga. 1999

¹⁸. Esta sección se basó en los siguientes documentos: Álvaro Balcázar, Andrés Vargas, Martha

Lucía Orozco. Del proteccionismo a la apertura. ¿El camino a la modernización agropecuaria? Informe de la Misión Rural. Volumen 1, IICA, T.M. Editores, Finagro, Santafé de Bogotá, Finagro, septiembre de 1998 y El Sector Agropecuario en los Noventas, Departamento Nacional de Planeación, 2 de mayo de 2001 www.dnp.gov.co/02_SEC/AGRICOLA/AGRICOLA.ASP#1

¹⁹. Sección elaborada con base en información suministrada por Coinvertir y Ministerio de Comercio Exterior.

3 Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero 1990-1994

El Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Colombia se realizó para los años de 1990 y 1994, utilizando las directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, IPCC revisión 1996.

En este inventario se reportan las emisiones de tres gases de efecto invernadero (GEI) directo¹: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O); tres gases de efecto indirecto: óxido de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y monóxido de carbono (CO); también se incluyen las emisiones de los óxidos de azufre² (SO₂) y se reporta la captura de CO₂.

La evaluación se realizó para cinco categorías de fuentes emisoras: energía, procesos industriales, agricultura, cambio en el uso de la tierra y silvicultura, y disposición de residuos.

3.1 Metodología utilizada

Para el módulo de energía las directrices del IPCC proponen dos procedimientos para calcular las emisiones de dióxido de carbono por fuentes energéticas: 1. Referencia Aproximada (*Top Down*³) y 2. Análisis por Sectores (*Bottom Up*⁴). Ambas metodologías se aplicaron pero los resultados incluidos, finalmente en el consolidado nacional de emisiones, son los arro-

jados por la Bottom Up. En esta metodología se usaron parámetros como el contenido de carbono y la fracción oxidada durante la combustión, que fueron tomados de las directrices del IPCC; los datos básicos son los consumos sectoriales en unidades de energía (Terajoules), que son reportados como consumo final en el Balance Energético Nacional⁵. También se consultaron cifras publicadas en unidades originales por ECOPETROL⁶.

El cálculo de las emisiones de gases diferentes al dióxido de carbono se realizó a partir del consumo sectorial de combustibles y a un factor agregado de emisión que depende del tipo de combustible y del sector que se analice (se utilizaron los sugeridos por el IPCC). En el caso del dióxido de azufre, las estimaciones se realizaron a través de consumos de combustibles finales sectoriales, y con el uso de valores como el contenido de azufre y el poder calorífico de los combustibles, entre otros.

En el transporte internacional se tomaron como valores de consumo, para el año de 1990, los reportados por ECOPETROL y para 1994 los suministrados por empresas comercializadoras como EXXONMOBIL, TEXACO y TERPEL.

Para las categorías de fuentes emisoras de procesos industriales, agricultura y disposición de residuos se utilizaron los valores de los factores de emisión dados por defecto en las directrices del IPCC; las cifras básicas se obtuvieron de fuentes oficiales y del sector privado.

Para la categoría de cambio en el uso de la tierra y silvicultura se analizó la variación en la cobertura boscosa del país, para el período 1986-1996, con base en la comparación de imágenes de satélite, con una escala de trabajo a 1:500.000.

3.2 Consolidado

Para el año de 1990 y 1994, en las tablas 3.1 y 3.2 se observa, que de los gases de efecto invernadero directo calculados, el emitido en mayor cantidad en el país fue el dióxido de carbono y de los gases de efecto invernadero indirecto fue el monóxido de carbono.

*Tabla 3.1
Estimación de las
emisiones de GEI y otros
gases, año 1990. (Gg)*

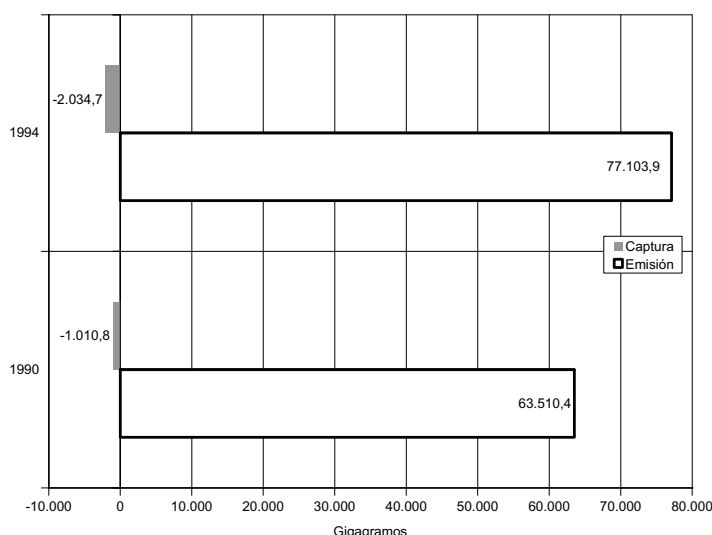
Sectores	Gases de efecto invernadero			Otros gases			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
Energía	46.886,1	268,3	1,3	2.602,5	249,9	394,4	135,5
Procesos industriales	4.744,5	0,2	0,2	2,4	0,9	25,3	6,3
Agricultura	0,0	1.517,2	76,0	2.184,9	44,0		
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	11.879,8	4,2	0,0	37,0	1,1		
Residuos		326,6	1,9				
Total país(Gg)	63.510,4	1.963,9	79,4	4.826,7	295,9	419,7	141,8

*Tabla 3.2
Estimación de las
emisiones de GEI y otros
gases, año 1994. (Gg)*

Sectores	Gases de efecto invernadero			Otros gases			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
Energía	55.351,7	284,4	1,5	2.874,5	289,5	423,57	162,45
Procesos industriales	5.212,3	0,4	0,3	2,9	1,1	29,8	7,8
Agricultura		1.634,3	87,5	2.178,0	43,8		
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	16.540,0	4,2	0,03	37,0	1,05		
Residuos		193,4	2,0				
Total país(Gg)	77.103,9	2.116,7	91,3	5.092,3	335,4	453,3	170,2

Como resultado de las actividades relacionadas con el uso de combustibles fósiles, los procesos industriales, los suelos agrícolas y la explotación de bosques se emitieron 63.510,4 Gg de CO₂ y 77.103,9 Gg de CO₂ en 1990 y 1994, respectivamente. Por el cambio en el uso de la tierra se capturaron en 1990 1.010,8 Gg y en 1994 2.034,7 Gg de dióxido de carbono (Gráfico 3.1). Con base en la emisión y captura del dióxido de carbono para el año de 1990, se determinó que el valor neto de las emisiones de este gas fue de 62.499,7 Gg en 1994 la cifra fue de 75.069,3 Gg.

Gráfico 3.1
Emisión y captura de dióxido de carbono en Colombia para los años 1990 y 1994.



Entre las emisiones de dióxido de carbono para el año de 1990, el módulo con mayor participación fue el de energía con 73,8% de las emisiones, seguido por el cambio en el uso de la tierra y silvicultura con 18,7% y, por último, el de procesos industriales con 7,5%. En 1994 el sector de energía generó el 71,8% de las emisiones de CO₂; cambio en el uso de la tierra y silvicultura el 21,5% y procesos industriales el 6,8%.

En las tablas 3.1 y 3.2, se aprecia que el módulo de energía también tuvo gran participación en las emisiones de gases como el monóxido de carbono (53,9% en 1990 y 56,5% en 1994), óxidos de nitrógeno (84,5% en 1990 y 86,3% en 1994), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (94,0% en 1990 y 93,5% en 1994) y dióxido de azufre (95,6% en 1990 y 95,5% en 1994). Se destacan, igualmente, las contribuciones del módulo de agricultura en las emisiones de metano (77,3% en 1990 y 77,2% en 1994), óxido nítrico (95,7% en 1990 y 95,8% en 1994) y monóxido de carbono (45,3% en 1990 y 42,8% en 1994).

3.2.1 Emisiones de GEI expresadas en GWP

En un horizonte de 100 años, una molécula de metano es 21 veces *más agresiva* respecto al calentamiento de la atmósfera que una de dióxido de carbono, y una de óxido nítrico lo es 310 veces *más agresiva*. Para poder comparar las emisiones de estos tres gases es necesario situarlos en términos equivalentes, mediante el GWP que es un valor indicador del impacto de la acumulación de los diferentes gases emitidos.

En las tablas 3.3 y 3.4 se muestran las cantidades equivalentes de dióxido de carbono, del metano y del óxido nítrico que fueron emitidas en 1990 y 1994.

Las emisiones directas de dióxido de carbono arrojaron el mayor porcentaje en los dos años de evaluación, y muestran un incremento del 21,4%; el potencial de calentamiento de las emisiones de metano alcanza un valor superior al 50% de las emisiones de dióxido de carbono con un

Tabla 3.3
Emisión de GEI en equivalentes de dióxido de carbono, año 1990.

Sectores	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Energía	46.886,1	5.634,3	407,5	52.927,0
Procesos industriales	4.744,5	4,2	62,0	4.810,7
Agricultura		31.862,0	23.557,8	55.419,9
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	11.879,8	88,7	9,0	11.977,5
Residuos		3.651,9	580,6	4.232,5
Totales (Gg)	63.510,4	41.241,1	24.617,0	129.368,4

Sectores	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
Energía	55.351,7	5.972,4	476,6	61.800,7
Procesos industriales	5.212,3	8,2	77,5	5.298,0
Agricultura		34.319,5	27.126,6	61.445,1
Cambio del uso de la tierra y silvicultura	16.540,0	88,7	9,0	16.637,7
Residuos		4.061,4	625,0	4.686,4
Totales (Gg)	77.103,9	44.450,1	28.313,7	149.867,8

Tabla 3.4
Emisión de GEI en
equivalentes de
dióxido de carbono,
año 1994.

incremento del 7,8% y, por último, las de N₂O aumentan en 15,0%. Este comportamiento indica que las emisiones de metano y óxido nitroso tendrán influencia, en un horizonte futuro de 100 años, similar a las de dióxido de carbono.

3.2.2 Incertidumbres de los componentes del inventario.

La incertidumbre global de cada componente (U_T), expresada como un porcentaje, se obtiene de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los porcentajes de las incertidumbres del factor de emisión (U_E) y el dato de la actividad (U_A).

Para la determinación del grado de incertidumbre se consideró para el sector de energía, que realiza balances energéticos anualmente, una incertidumbre en los datos cercana al 5%.

En la evaluación del cambio en el uso de la tierra, se emplearon imágenes de satélite LANDSAT - TM y una escala base de trabajo de 1:500.000 para determinar los cambios de cobertura boscosa en el periodo 1986-1996; los expertos estimaron la incertidumbre de los datos en un 20%.

Para las demás categorías del inventario se adoptaron las incertidumbres sugeridas por defecto en el IPCC-revisión 1996 (Ver tabla 3.5), ya que para la mayor parte de los factores de emisión que se utilizaron en los cálculos se aplicaron estas directrices.

Tabla No. 3.5
Incertidumbre global
de los componentes
del inventario.

Gas	Fuente	Factor de emisión U_E	Dato de la actividad U_A	Incertidumbre global U_T
CO ₂	Energía	7%*	5%	9%
CO ₂	Procesos industriales	7%*	7%*	10%
CO ₂	Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	33%*	20%	39%
CH ₄	Quema de biomasa	50%*	20%	54%
CH ₄	Actividades relacionadas con gas natural y petróleo	55%*	5%	55%
CH ₄	Minería del carbón	55%*	5%	55%
CH ₄	Manejo de estiércol	25%*	10%*	27%
CH ₄	Fermentación entérica	20%*	10%*	22%

* Valor de incertidumbre sugerido por las directrices del IPCC.

3.3 Ajustes a la metodología del IPCC⁸

En el módulo de energía, para el valor de la fracción oxidada en la biomasa se utilizó el valor el propuesto por la OLADE⁹, el cual es de 0,7. Así mismo, en el proceso de flameado o quemado, la combustión de gas natu-

ral se presenta en teas que generan emisiones de CO₂ principalmente. Para su cálculo se utilizó como dato básico el valor de gas natural no aprovechado que se reporta en el Balance Energético Nacional.

Para el módulo de procesos industriales, específicamente en la producción de clinker, el Instituto Colombiano de Productores de Cemento siguió las recomendaciones propuestas en las guías de buenas prácticas del IPCC, con el fin de mejorar las estimaciones de dióxido de carbono, al utilizar la composición de la cal viva presente en la piedra caliza, utilizada como materia prima.

Para calcular la categoría de cambio en el uso de la tierra y silvicultura, al aplicar la metodología del IPCC, 1996, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, conformó un grupo investigador para desarrollar una metodología¹⁰ integral, que comprendiera los métodos de cálculo de las variables de cambio de uso de la tierra, cobertura vegetal, el cálculo de la biomasa por tipo de cobertura y los cambios de estas variables en el tiempo. Para conocer estas variaciones se aplicó un modelo desarrollado por Sandra Brown¹¹ e Iverson (1994), quienes proponen analizar aquellos cambios mediante el monitoreo multitemporal de imágenes de satélite, el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y datos de inventarios forestales, la metodología de Brown fue avalada y aplicada por la FAO, 1997¹³ en algunos ecosistemas boscosos de Asia, África y América Tropical; según la FAO (1998), el método puede utilizarse para disminuir incertidumbres de información en los bosques tropicales.

El objeto de la aplicación de esta metodología es el de ajustar los valores de superficie y biomasa aérea boscosa por tipo de cobertura, los cambios multitemporales asociados a dichas variables y el factor de expansión de la biomasa para bosques en equilibrio dinámico y estados sucesionales, de acuerdo con las condiciones biofísicas en los que estos se encuentran localizados.

Durante 2000 y 2001 se aplicó esta metodología a escala 1:100.000, a los ecosistemas boscosos¹⁴ de la serranía de San Lucas, ubicada en la parte central del país, entre las cordilleras Oriental y Central; sin embargo, para el desarrollo de este inventario se utilizó una escala de trabajo de 1:500.000. El IDEAM estima que la aplicación de esta metodología redujo el grado de incertidumbre del 45 al 39%, con respecto a la primera aproximación realizada por el país¹⁵.

Para determinar los cambios de coberturas en la superficie boscosa fue necesario disponer de dos conjuntos de imágenes de satélite LANDSAT TM, correspondientes al periodo 1986-1996, para un total de 132 imágenes, 66 imágenes por año de análisis. Mediante análisis visual se procedió a clasificar cada una de las coberturas presentes para cada año resultando dos mapas temáticos de coberturas y usos del suelo en Colombia, escala 1:500.000, para la década de 1986-1996. Estos resultados son comparables tanto en escala como en metodología, ello hace posible, mediante análisis de sistemas de información geográfica, conocer las ganancias y las pérdidas, en área de la cobertura vegetal para el periodo 1986-1996. Para la obtención de la cifra de pérdida y ganancia de cobertura boscosa del periodo 1990-1994 se utilizó el factor de tasa de cambio anual de las áreas en cobertura vegetal y uso de la tierra, presentándose una pérdida anual en superficie boscosa de 91.930 hectáreas y una recuperación anual de 36.850 ha.

Para estimar la captura de carbono y el potencial económico de los bosques disponibles para el suministro de madera, se determinó la biomasa aérea a través de información cuantitativa y cualitativa sobre el volumen

de existencias mediante el levantamiento de inventarios forestales, realizados durante el periodo 1958-2001 por diferentes instituciones, ONG'S, universidades e instituciones de fomento forestal de Colombia. Es de anotar que en el país se presentan vacíos de información al respecto, entonces fue necesario modelar los contenidos de biomasa para todos los tipos de cobertura vegetal mediante la aplicación de la metodología antes referenciada.

Los datos de inventarios forestales georreferenciados fueron analizados para establecer la relación entre el volumen y las variables espaciales, estadísticas y biofísicas como suelos, topografía, precipitación y temperatura media anual e índice climático de Weck (1970) para producción de biomasa, utilizados para estimar el escenario de las variaciones del volumen y de la biomasa combinados con datos obtenidos mediante teledetección.

Con esta información se implementó una base de datos gráfica y alfanumérica que, mediante la interpolación y funciones de análisis en SIG, se generaron los mapas temáticos de biomasa potencial y actual por tipo de cobertura boscosa (Ver mapa: Índice potencial de producción de biomasa y mapa: Producción potencial de biomasa sin intervención humana). Estos mapas de biomasa fueron superpuestos con los temáticos de cobertura y uso de la tierra de los años 1986 y 1996; así se obtuvo la biomasa real existente para dichos años y por medio de la función de superposición de SIG se hallaron los cambios de biomasa.

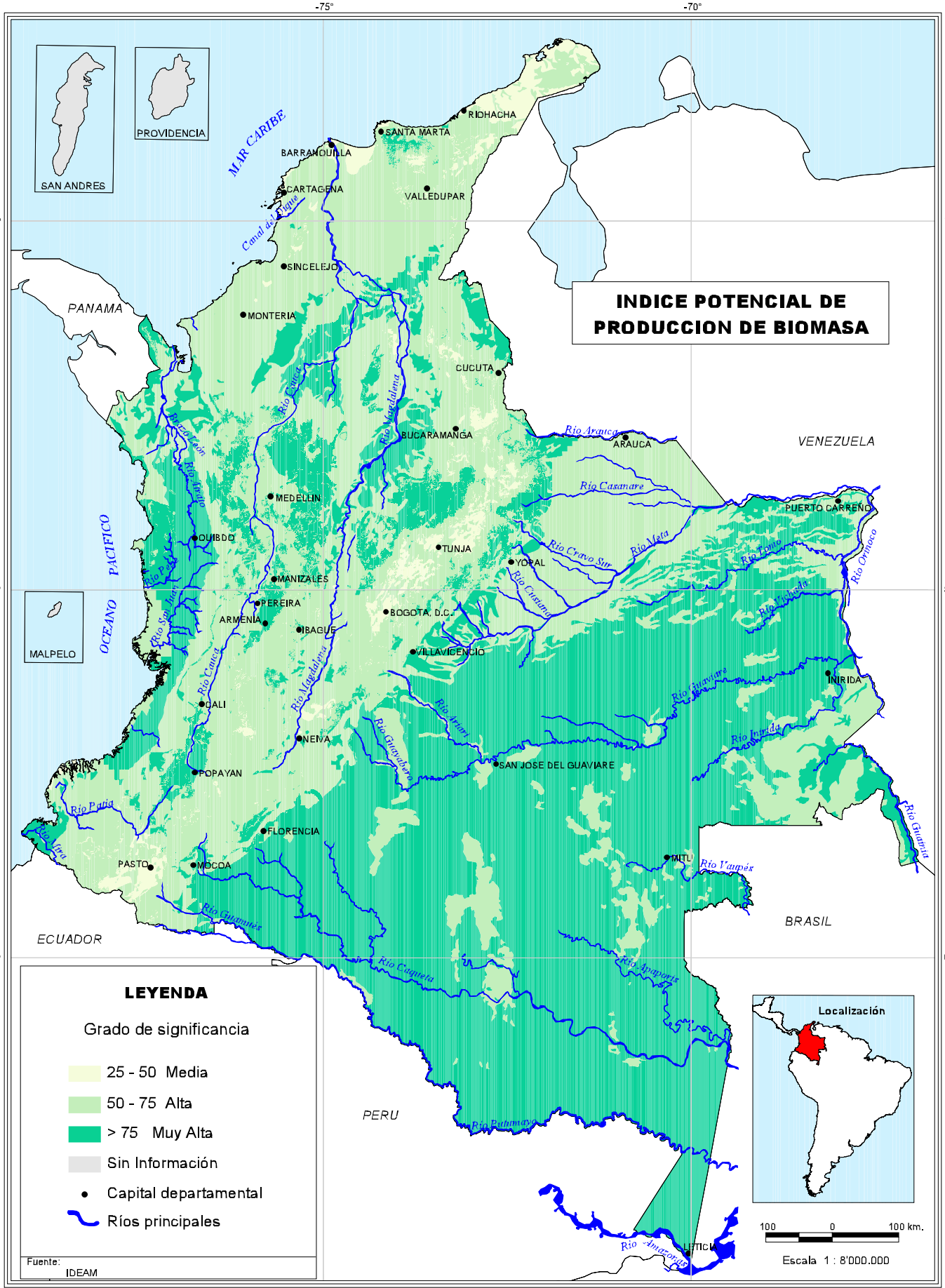
Los resultados de los contenidos de biomasa de los bosques naturales se lograron a partir de la calibración del modelo referido con los datos de inventarios forestales hallando la ecuación de regresión exponencial: $Y = a \cdot \exp(bx)$. Donde: $a = 36.130947$, $b = 0.01924058$, $Y =$ Biomasa en t/ha, $X =$ IPB (índice de producción potencial de biomasa) y un $R^2 = 0.74$, $N=28$. (Cardona y Alarcón, 2001), que expresa la variabilidad de la biomasa respecto a las condiciones biofísicas de un sitio. Con la ecuación anterior se obtuvo un valor promedio de biomasa aérea para bosques naturales de 195 tms/ha, usando un factor promedio de expansión de $1,34^{16}$ y un incremento medio anual promedio de $3,11^{17}$ tms/ha/año. Para estimar la biomasa de bosques plantados se utilizó la ecuación de Brown (1997) y un factor de expansión de 1,3, obteniendo una biomasa promedio de 154,49 tms/ha y un incremento medio anual de 10,08 tms/ha/año.

Para determinar los destinos de la biomasa extraída del bosque una vez es intervenido, es necesario evaluar: la fracción de biomasa que se descompone, la que se quema *in situ*, la que se utiliza como leña¹⁸ y la fracción que se convierte en madera, que no genera emisiones. Las fracciones presentadas por el IPCC (1996) fueron ajustadas (Cardona y Alarcón, 2001), a partir de resultados realizados por Saldarriaga (1994) en el alto río Amazonas en Colombia-Venezuela, de los reportes de aprovechamientos del Sistema Estadístico Forestal de Colombia (SEFC) y la recopilación y análisis sobre consumo y uso de leña por diferentes sectores¹⁹.

En el contexto anterior, se establecieron los criterios para realizar los cálculos sobre los destinos de la biomasa (Ver gráfico 3.2)

Los reportes del SEFC²⁰, muestran que la biomasa extraída de los aprovechamientos forestales para uso comercial, representa el 40% del total extraído del sitio.

El porcentaje de la biomasa aérea no comercial que se abandona en el sitio de la extracción representa el 60% de la biomasa total, que a su vez se distribuye en las siguientes fracciones: biomasa quemada fuera del sitio



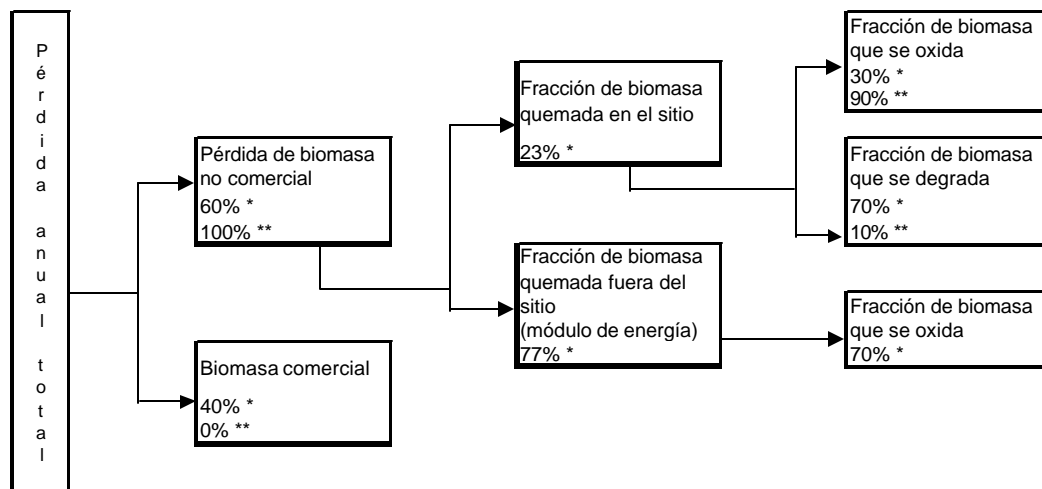
Nota: IDEAM, 2001

-75°

-70°



Proceso de cálculo para evaluar pérdida de biomasa



* Porcentaje propuesto por el IDEAM

** Porcentaje propuesto por el IPCC

Gráfico 3.2
Correlación de las fracciones de biomasa quemada dentro y fuera del sitio y degradación de la biomasa abandonada.

que equivale al 77%, y de este valor, el 70% se oxida fuera del sitio; la biomasa que se quema en el sitio corresponde al 23% de la biomasa total abandonada, de este valor el 30% se oxida en el sitio y el 70% restante entra en proceso de degradación. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la biomasa que se quema fuera del sitio como combustible de leña no se cuenta en este módulo ya que fue contabilizada en el módulo de Energía.

3.4 Módulo de energía

La combustión es un proceso mediante el cual los componentes de un combustible (carbón, petróleo, gas natural o biomasa) se oxidan y liberan energía. Esta energía puede utilizarse para el desarrollo de actividades productivas, mientras que los óxidos y otros compuestos son liberados a la atmósfera en cantidades que dependen de factores como el tipo de combustible y la tecnología utilizada. La manipulación de los combustibles fósiles también genera emisiones por la volatilización de sus componentes.

En el módulo de energía se presenta un estimativo de las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles y biomasa con fines energéticos así como las emisiones fugitivas derivadas de la manipulación de combustibles fósiles. También se analizan las emisiones de CO₂ por uso de biomasa y las relacionadas con el transporte internacional (que no se incluyen en el consolidado nacional), y se hace un breve análisis de los resultados del cálculo detallado²¹ en el transporte automotor (que tampoco se incluyen en el consolidado por no presentar en algunos tipos de vehículos, una buena certidumbre).

3.4.1 Consolidado de las emisiones del módulo

Los consolidados de las emisiones del módulo de energía, derivadas del uso de combustibles como fuente de energía y de emisiones fugitivas para los años 1990 y 1994 se presentan en las tablas 3.6 y 3.7.

3.4.1.1 Emisiones de dióxido de carbono (CO₂)

El gas que se emitió en mayor cantidad fue el dióxido de carbono (CO₂) con 46.866,1Gg en 1990 y 55.351,7Gg en 1994 con un incremento del 18,1%, equivalente a un aumento promedio del 4,2% anual, muy relacionado con los incrementos en el PIB que creció en dicho periodo 17,9%. Las principales fuentes emisoras de este gas fueron las estacionarias con el 63,6% de las emisiones en 1990 y con el 65% en 1994, seguidas por las fuentes móviles con el 34,9% en 1990 y el 33,7% en 1994 y, por último, las generadas por el flameado de gas con el 1,5% en 1990 y el 1,3% en 1994.

Tabla 3.6
Emisiones del
módulo de energía
en Colombia para
el año 1990. (Gg)

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)						
	GEI Directo			Precusores de GEI			Precursor de aerosoles
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
A. Combustibles fósiles							
Fuentes estacionarias							
Energía / Industrias de transformación	11.977,9	0,2	0,09	3,4	34,6	0,9	24,9
Centrales térmicas	5.894,1						15,1
Otros centros de transformación	6.083,8						9,8
Industria Manufacturera	11.646,9	0,9	0,12	11,5	34,9	1,7	54,5
Comercial / Institucional	788,0	0,1	0,01	0,2	1,1	0,1	1,7
Residencial	3.019,4	1,9	0,03	11,2	3,9	1,2	4,0
Agropecuario / minero	869,1	0,1	0,01	0,2	1,2	0,1	1,9
Construcción	284,2	0,01	0,00	0,04	0,8	0,0	0,7
Otros (no especificados anteriormente)	1.203,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Subtotal	29.788,8	3,2	0,3	26,6	76,5	4,0	89,1
Fuentes móviles							
Aviación	976,6	0,01	0,03	1,4	4,1	0,7	1,0
Automotor (cálculo global)	14.777,7	3,8	0,13	1.470,3	134,5	276,1	11,7
Transporte Automotor (cálculo detallado)	12.853,6	5,2	0,19	1.129,6	71,9	188,9	
Ferrocarriles	72,9	0,01	0,00	0,9	1,1	0,2	0,0
Navegación	525,4	0,04	0,00	7,4	11,0	1,5	0,8
Subtotal *	16.352,6	3,8	0,2	1.480,0	150,8	278,4	13,5
Subtotal combustibles fósiles	46.141,4	7,1	0,4	1.506,6	227,3	282,4	102,6
B. Biomasa							
Energía / Industrias de transformación		0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Industria Manufacturera		1,2	0,16	163,2	4,1	2,1	6,4
Comercial / Institucional		0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Residencial		42,8	0,57	722,4	14,3	84,7	20,5
Agropecuario / minero		12,6	0,17	210,3	4,2	25,2	6,0
Otros (no especificados anteriormente)		0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Subtotal biomasa		56,6	0,9	1.095,9	22,6	112,0	32,9
C. Emisiones fugitivas							
Minería		88,4					
Petróleo		3,3					
Gas		79,6					
Venteo y flameado	744,7	33,3					
Subtotal emisiones fugitivas	744,7	204,6					
Total Energía	46.886,1	268,3	1,3	2.602,5	249,9	394,4	135,5

*Incluye el valor del cálculo global del transporte automotor

Tabla 3.7
Emisiones del módulo
de energía en
Colombia para el año
1994. (Gg)

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)						
	GEI Directo			Precusores de GEI			Precursor de aerosoles
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
A. Combustibles fósiles							
Fuentes estacionarias							
Energía / Industrias de transformación	13250,3	0,3	0,10	3,7	38,7	1,0	24,9
Centrales térmicas	6536,5						17,0
Otros centros de transformación	6713,8						7,9
Industria Manufacturera	14.709,6	1,2	0,16	15,0	43,9	2,3	70,5
Comercial / Institucional	1.043,4	0,1	0,01	0,3	1,4	0,1	1,9
Residencial	2.952,6	2,3	0,03	14,2	3,7	1,5	4,1
Agropecuario / minero	1.185,1	0,2	0,01	0,3	1,6	0,1	2,6
Construcción	234,5	0,01	0,00	0,03	0,7	0,0	0,6
Otros (no especificados anteriormente)	2.623,8	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	1,0
Subtotal	35.999,3	4,1	0,3	33,6	90,0	4,9	105,6
Fuentes móviles							
Aviación	1.293,7	0,01	0,04	1,8	5,5	0,9	1,4
Automotor (cálculo global)	16.620,8	4,1	0,14	1.574,6	153,0	295,7	14,2
Transporte Automotor (cálculo detallado)	16.974,1	6,9	0,25	1.472,6	93,6	245,1	
Ferrocarriles	42,8	0,0	0,00	0,5	0,6	0,1	0,1
Navegación	671,0	0,05	0,01	9,3	14,0	1,9	1,1
Subtotal *	18.628,2	4,2	0,2	1.586,2	173,1	298,6	16,8
Subtotal combustibles fósiles	54.627,6	8,3	0,5	1.619,8	263,1	303,5	122,4
B. Biomasa							
Energía / Industrias de transformación		0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Industria Manufacturera		2,1	0,27	266,9	6,7	3,4	10,2
Comercial / Institucional		0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0
Residencial		42,2	0,56	712,6	14,2	83,7	20,3
Agropecuario / minero		16,5	0,22	275,2	5,5	33,0	8,3
Otros (no especificados anteriormente)		0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	1,3
Subtotal biomasa		60,8	1,0	1.254,6	26,4	120,1	40,1
C. Emisiones fugitivas							
Minería		94,9					
Petróleo		3,4					
Gas		82,4					
Venteo y flameado	724,1	34,6					
Subtotal emisiones fugitivas	724,1	215,3					
Total Energía	56.075,8	284,4	1,5	2.874,5	289,5	423,6	162,5

*Incluye el valor del cálculo global del transporte automotor

3.4.1.2 Emisiones sectoriales de dióxido de carbono (CO₂) por uso de combustibles fósiles

El sector con más emisiones de CO₂ es el de transporte, su participación disminuyó del 35,4% en 1990 al 34,1% en 1994, como se aprecia en el gráfico 3.3, a pesar del incremento del 13,9% en sus emisiones. La mayor contribución es la del transporte automotor que en 1990 aportó el 90,4% de las emisiones de este sector (un 32,0% del total de CO₂) y en 1994 el 89,2% (30,4% del total de CO₂).

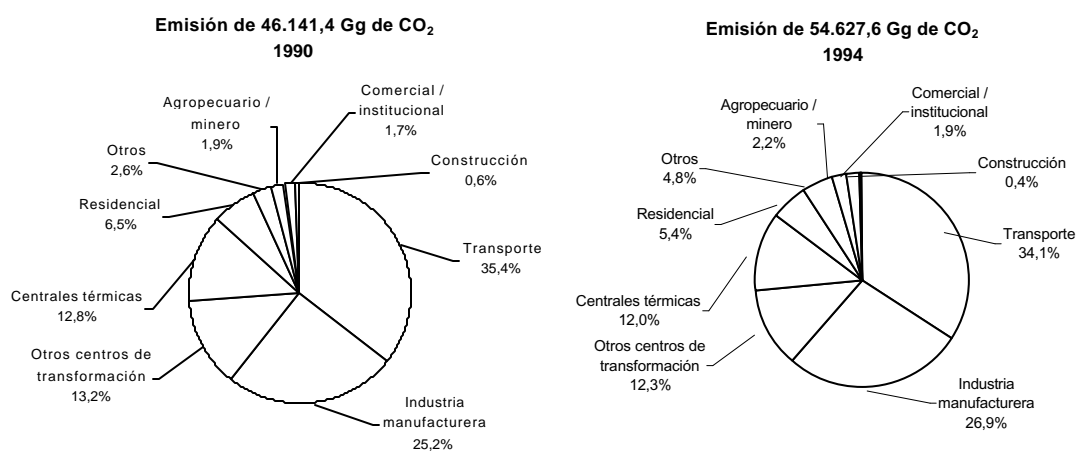


Gráfico 3.3. Participación porcentual por sector en las emisiones de CO₂.

El segundo sector en 1990 fue el de energía e industrias de transformación que tuvo una participación del 26%. En 1994 pasó a ocupar el tercer puesto con una contribución del 24,3%. Sus emisiones tuvieron un incremento del 6,1%. Este aumento relativamente bajo se debió a una disminución en el consumo de carbón en coquerías y altos hornos en 1994, así como de gas natural en refinerías y centros de tratamiento de gas. Dentro de este sector, las centrales térmicas aportaron el 12,8% en 1990 y el 12% en 1994 del total de las emisiones de CO₂ y los otros centros de transformación (incluye: refinerías, centros de tratamiento de gas, coquerías, altos hornos y carboneras) tuvieron una participación del 13,2% en 1990 y del 12,3% en 1994.

El otro sector de gran participación fue el de la industria manufacturera²² con el 25,2% en 1990 y el 26,9% en 1994, presentado un incremento en las emisiones de CO₂ del 26,3% en el periodo evaluado, debido principalmente a aumentos en las emisiones provenientes del uso del carbón y del petróleo y sus derivados.

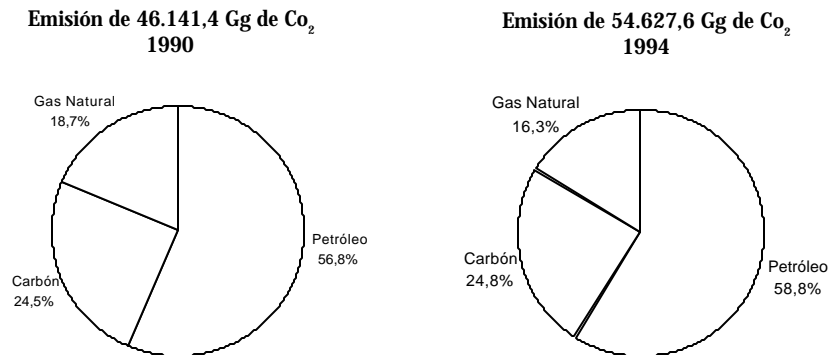
La participación de los otros sectores, en su orden fue: residencial que se redujo del 6,5% en 1990 al 5,4% en 1994 (las emisiones disminuyeron en un 2,2% debido principalmente a la masificación del uso del gas natural, que aunque incrementó las emisiones de CO₂ por este combustible, disminuyó las relacionadas con el uso del petróleo y sus derivados, principalmente cocinol); el sector "otros" cuya participación aumentó del 2,6% en 1990 al 4,8% en 1994; los sectores agropecuario-minero y comercial con una participación promedio del 2,0% cada uno en 1990 y 1994 y por último, el de la construcción con participaciones de 0,6% en 1990 y 0,4% en 1994 (se presentó una disminución en las emisiones del sector del 17%, relacionada con una disminución en las emisiones generadas del uso de petróleo y sus derivados).

3.4.1.3 Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por tipo de combustible fósil

En el gráfico 3.4, se observa que el petróleo y sus derivados, en ambos años, tuvieron la mayor participación respecto a la generación de CO₂ con el

56,8% en 1990 y el 58,8% en 1994. El incremento de las emisiones de CO₂ a causa del empleo de petróleo y sus derivados en 1994, respecto a 1990, fue del 22,7%. Los sectores con mayor aporte a las emisiones relacionadas con el uso del petróleo y sus derivados en 1990 y 1994 fueron: transporte con el 60% en promedio, y la industria manufacturera con el 13%.

Gráfico 3.4
Participación
porcentual por tipo
de combustible en
las emisiones de CO₂



Otro combustible de participación considerable fue el carbón con el 24,5% en 1990 y el 24,8% en 1994. El incremento en sus emisiones fue del 19,9% y estuvo relacionado con el incremento en su consumo en la industria manufacturera. Hay dos sectores que tuvieron altas participaciones en la generación de CO₂ por el uso de carbón y son el de la industria manufacturera y el de energía e industrias de transformación que en 1990 aportaron el 54,1% y el 39,9%, respectivamente y en 1994 el 60,8% y el 32,5%.

El combustible con menor participación en las emisiones de CO₂ fue el gas natural; esta disminuyó del 18,7% en 1990 al 16,3% en 1994, debido al bajo incremento de emisiones (sólo el 3,3%) entre 1990 y 1994. El único incremento apreciable fue el del sector residencial; pues en la industria manufacturera y en el sector de energía e industrias de transformación los aumentos no fueron significativos. Entre los sectores con mayor participación en 1990 y 1994 están: energía e industrias de transformación con el 70% en promedio y la industria manufacturera con el 25%.

3.4.1.4 Comparación de los resultados de la metodología del análisis sectorial (bottom up) y del análisis aproximado (Top Down).

En el año de 1990, el consolidado de emisiones de CO₂ por consumo sectorial de combustibles fósiles (46.141,4 Gg), difiere en un 5,0% del consolidado de la referencia aproximada (48.585,9 Gg). La diferencia radica en que la suma del consumo final sectorial de combustibles no es exactamente igual al consumo aparente nacional pues esta última cifra involucra el combustible no aprovechado, pérdidas y datos de ajuste del balance energético entre la oferta y la demanda. De cualquier manera se puede considerar que la diferencia no es significativa.

3.4.2 Emisiones de otros gases diferentes al CO₂ por uso de combustibles fósiles y biomasa

Entre los gases de efecto invernadero directo, el siguiente gas en emisión (después del CO₂) fue el metano (CH₄), del cual se generaron 268,3 Gg en 1990 y 284,4 Gg en 1994 con un incremento del 6%. La mayor participación la tuvieron las emisiones fugitivas (Ver tabla 3.8) que en 1990 aportaron el 76,3% de las emisiones de CH₄ (la minería del carbón aportó el 33% y las actividades relacionadas con gas y petróleo el restante 43,3%) y en 1994 el 75,7% (minería del carbón 33,3% y las actividades relacionadas con gas y petróleo 42,3%). Otra actividad que generó gran cantidad de metano fue el consumo de biomasa

(específicamente leña) en el sector residencial con un aporte de 16% en 1990 y de 14,8% en 1994.

	1990	1994
Minería subterránea	75,1	81
Minería superficial	13,3	13,9
Subtotal minería	88,4	94,9
Actividades - petróleo	3,3	3,4
Actividades - gas	79,6	82,4
Venteo y flameado	33,3	34,6
Subtotal actividades de gas y petróleo	116,2	120,4
Total	204,6	215,3

Tabla 3.8 Emisiones fugitivas de metano en Colombia para los años 1990 y 1994. (Gg)

Respecto al otro gas de efecto invernadero directo, el óxido nitroso (N_2O), se emitieron 1,31 Gg en 1990 y 1,54 Gg en 1994, con un incremento del 17,7%. El mayor aporte se debió al uso de la biomasa como combustible, que generó un 68,7% de este gas en 1990 y un 66,6% en 1994, destacándose su uso (principalmente leña) en el sector residencial. Se resaltan también las emisiones de N_2O en la industria manufacturera por el uso de combustibles fósiles y biomasa.

Del monóxido de carbono (CO) se generaron 2.602,5 Gg en 1990 y 2.874,5 Gg en 1994 equivalentes a un aumento en las emisiones del 10,5%. Los principales generadores de este gas en 1990 fueron: el sector transporte con el 56,9% (principalmente el automotor con el 56,5%); el uso de leña como combustible por el sector residencial con el 27,8%, así como en el agropecuario/minero con el 8,1% y el uso de biomasa (principalmente bagazo) en la industria manufacturera con el 6,3%. En 1994 el sector transporte emitió el 55,2% del CO (el automotor participó con el 54,8%) y el residencial el 24,8%, sin embargo, los sectores agropecuario/minero y la industria manufacturera aumentaron sus porcentajes de participación a 9,6% y 9,3% respectivamente.

Los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) presentaron un incremento del 7,4%. El principal sector que emitió este gas en 1990 fue el de transporte con el 70,6 % (el automotor participó con el 70,0%). El uso de biomasa en el sector residencial generó otro gran porcentaje (21,5%) de los COVDM. Durante 1994 los anteriores sectores emitieron el 70,5% y el 19,8%, respectivamente.

Respecto a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), en 1990 se generaron 249,9 Gg y en 1994 289,5 Gg, equivalentes a un incremento del 15,8%. Los principales sectores que contribuyeron a la emisión de este gas fueron: transporte con el 60,4 % en 1990 y el 59,8% en 1994 (el automotor emitió el 53,8% en 1990 y el 52,9% en 1994) y el uso de combustibles fósiles en la industria manufacturera (14,0% en 1990 y 15,2% en 1994) y en el sector de generación y transformación de energía (13,8% en 1990 y 13,5% en 1994).

Por último, las emisiones del dióxido de azufre (SO_2) aumentaron de 135,5 Gg en 1990 a 162,5 Gg en 1994, lo que equivalió a un incremento del 19,9%. Las mayores participaciones en las emisiones de SO_2 fueron por el uso de combustibles fósiles en la industria manufacturera, que en 1990 generaron el 40,2%, y en el sector de generación y transformación de energía cuyo uso aportó el 18,4%. En 1994 los aportes fueron del 43,4% y el 15,3%, respectivamente. El uso de biomasa, en especial bagazo en la industria manufacturera y leña en el sector residencial, tuvo gran participación en la generación de SO_2 con el 24,3 % en 1990 y 24,7% en 1994.

3.4.3 Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por uso de biomasa (no incluidas en el consolidado nacional) ²³

Las emisiones de CO₂ generadas por la combustión de biomasa se presentan en las tablas 3.9 y 3.10 y tuvieron un incremento del 18,7%. El sector con mayor participación es el residencial con el 63,5% en 1990 y el 52,9% en 1994, seguido en 1990 por el agropecuario y minero con el 18,7% (20,5% en 1994) y por la industria manufacturera con el 24,4% en 1994 (17,8% en 1990).

3.4.4 Emisiones del transporte internacional (no incluidas en el consolidado nacional).

Como se puede observar en las tablas 3.9 y 3.10, el gas que se emitió en mayor cantidad en los años 1990 y 1994 por estos tipos de transporte es el CO₂, seguido por el NO_x, el CO y el SO₂, principalmente. Las emisiones de CO₂ por el uso de combustibles en el transporte marítimo internacional se incrementaron en un 32,9% entre 1990 y 1994, mientras las relacionadas con el transporte aéreo internacional tuvieron un incremento mayor, el cual fue del 84%.

Tabla 3.9
Emisiones de CO₂ por uso de biomasa y del transporte aéreo y marítimo internacional en Colombia, año 1990 (Gg)

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI		Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)						
		GEI Directo			Precursores de GEI			Precursor de aerosoles
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
Biomasa								
Energía / Industrias de transformación		0,0						
Industria Manufacturera		3.022,3						
Comercial / Institucional		0,0						
Residencial		10.801,8						
Agropecuario / minero		3.175,8						
Otros (no especificados anteriormente)		0,0						
Total biomasa		16.999,9						
Combustibles fósiles								
Fuentes móviles								
Transporte	Aviación	439,4	0,003	0,01	0,6	1,9	0,3	0,5
Internacional	Navegación	144,2	0,010	0,00	1,9	2,9	0,4	0,4
Total Transporte internacional		583,6	0,013	0,011	2,6	4,8	0,7	0,9

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI		Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)						
		GEI Directo			Precursores de GEI			Precursor de aerosoles
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
Biomasa								
Energía / Industrias de transformación		0,0						
Industria Manufacturera		4.931,8						
Comercial / Institucional		0,0						
Residencial		10.667,5						
Agropecuario / minero		4.135,4						
Otros (no especificados anteriormente)		442,9						
Total biomasa		20.177,6						
Combustibles fósiles								
Fuentes móviles								
Transporte	Aviación	811,1	0,006	0,02	1,2	3,5	0,6	0,9
Internacional	Navegación	191,6	0,013	0,00	2,6	3,9	0,5	0,7
Total Transporte internacional		1.002,7	0,019	0,025	3,8	7,4	1,1	1,6

Tabla 3.10
Emisiones de CO₂ por uso de biomasa y del transporte aéreo y marítimo internacional en Colombia, año 1994 (Gg)

3.4.5 Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por tipo de vehículo (cálculo detallado)

Otro análisis posible de las emisiones de CO₂ es establecer cómo han sido las correspondientes al transporte automotor, por tipo de vehículo. Aunque la metodología genera información útil para los responsables de tomar decisiones, los resultados de este cálculo no se incluyen dentro del consolidado debido a que los datos del número de vehículos en algunos tipos no incluye aquellos que salen de circulación y no representan, con alta confiabilidad, el número real de automóviles que circulan en el país (excepto el tipo camión/carga que sí tiene alta confiabilidad).

En general, la mayor participación (tal como se observa en el gráfico 3.5), correspondió al transporte público de pasajeros que comprende taxis, buses, microbuses y busetas, que en su conjunto, emitieron el 34,8% de las emisiones de CO₂ en el año 1990 y el 40,5% en 1994. De este grupo, más del 50% de las emisiones fueron generadas por los taxis: en 1990 aportaron el 18,3% de las emisiones de CO₂ del transporte automotor y en 1994 el 21,7%. El incremento en las emisiones de este grupo fue del 53,3%, debido principalmente al aumento en las emisiones de los micros, que en el periodo fue del 202%.

El siguiente tipo de vehículo en participación es el de los autos particulares, que cual disminuyó del 24,7% en 1990 al 22,8% en 1994, a pesar de que las emisiones en el año 1994 con respecto a 1990 aumentaron en un 21,8%. Le sigue el tipo camiones/carga (incluye camiones de dos y más de dos ejes, tractocamiones y volquetas) con el 22,2% de las emisiones en 1990 (su participación disminuyó en 1994 al 19,6% aunque sus emisiones aumentaron en un 17% en el año 1994 en relación con 1990)

Los camperos y camionetas aportan en conjunto el 16,8% de las emisiones en 1990 y el 15% en 1994, con aumentos en las mismas emisiones del 20% y el 15% respectivamente. Las motocicletas a pesar de su baja participación (1,1% en 1990 y 1,7% en 1994) duplicaron sus emisiones durante este periodo.

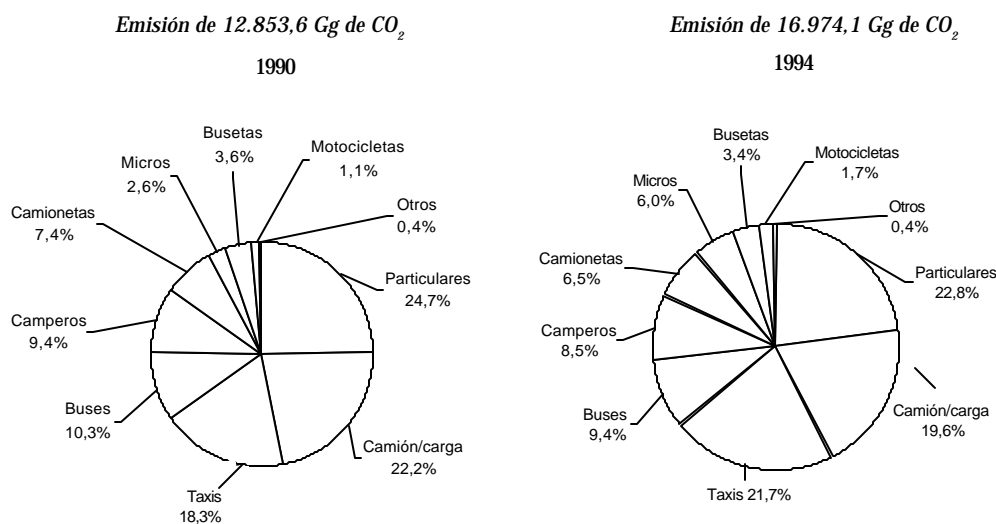


Gráfico 3.5
Participación por tipo de vehículo en las emisiones de CO₂ del cálculo detallado.

3.5 Módulo de procesos industriales

Entre las actividades industriales que generan emisiones de gases de efecto invernadero se encuentran: el procesamiento de productos minerales (principalmente carbonato de calcio y la cal cálcica), la industria química, la producción de metales, la producción de alimentos y bebidas y la fabricación de pulpa para papel.

En Colombia la producción de clinker utilizado para la fabricación del cemento en el año de 1990 fue de 5.706.202 toneladas y fue responsable del 63,5% de las emisiones de CO₂ en este módulo; la producción de hierro para el mismo año fue de 628.264 toneladas y ocupa el segundo lugar en las emisiones de CO₂ con el 21,2%; la cantidad de acero producido fue de 355.803 toneladas y aportó el 12,0% de las emisiones y la cal producida fue de 162.783,8 toneladas, participando con el 2,7% del CO₂ producido (Ver tabla 3.11).

En 1994 la producción de clinker fue de 7.275.323 toneladas y participó con el 73,7% de las emisiones de CO₂; el hierro producido fue de 552.121 toneladas, las cuales aportaron el 16,9% de las emisiones de este gas; la cantidad de acero fue de 256.339 toneladas y aportó el 7,9% del CO₂; la cal procesada fue de 97.467,2 toneladas y participó con el 1,5% (Ver tabla 3.12)

Tabla 3.11 Emisiones del módulo de procesos industriales en Colombia para el año 1990. (Gg)

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)						
	GEI Directo			Precusores de GEI			Precursor de aerosoles
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
Total Procesos Industriales	4.744,5	0,20	0,2	2,4	0,9	25,3	6,3
A. Productos Minerales	3.141,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,48	1,93
1. Producción de cemento							1,93
2. Producción de clinker	3.012,9						
3. Producción de cal calcica	128,6						
4. Producción de asfalto						0,48	
5. Producción de vidrio						0,001	
B. Industria Química	28,5	0,20	0,2	0,18	0,48	2,16	1,39
1. Producción de Amoniaco	0,2						
2. Producción de acido nítrico			0,2		0,47		
3. Producción de carburo de calcio	28,3						
4. Producción de estireno		0,00001				0,0001	
5. Producción de negro de humo		0,2		0,18	0,01	0,73	0,06
6. Producción de formaldehido						0,05	
7. Producción de anhídrido ftálico						0,05	
8. Producción de polipropileno						0,0004	
9. Producción de poliestileno						0,16	
10. Producción de polietileno						0,17	
11. Producción de cloruro de polivinilo						1,0	
12. Producción de acido sulfurico							1,33
13. Producción de dióxido de titanio							0,00001
C. Producción de Metales	1.574,5	0,0	0,0	0,82	0,04	0,07	1,28
1. Producción de acero	569,3			0,0004	0,01	0,01	0,02
2. Producción de hierro	1.005,2			0,82	0,03	0,06	1,26
D. Producción de alimentos y bebidas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,66	0,00
1. Producción de vino						0,01	
2. Producción de cerveza						0,54	
3. Producción de Whisky						0,02	
4. Producción de carnes, pescado y pollos						0,25	
5. Producción de azúcar						16,72	
6. Producción de margarinas						1,46	
7. producción de tortas, galletas y biscochos						0,25	
8. Producción de pan						1,01	
9. Producción de alimentos para animales						1,4	
10. Producción de café tostado						0,0001	
E. Otras Industrias	0,0	0,0	0,0	1,37	0,37	0,91	1,71
1. Producción de pulpa para papel				1,37	0,37	0,91	1,71

Tabla 3.12 Emisiones del módulo de procesos industriales en Colombia para el año 1994(Gg).

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)						
	GEI Directo			Precusores de GEI			Precursor de aerosoles
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVDM	SO ₂
Total Procesos Industriales	5.212,3	0,4	0,3	2,9	1,1	29,8	7,8
A. Productos Minerales	3.918,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74	2,52
1. Producción de cemento							2,52
2. Producción de clinker	3.841,4						
3. Producción de cal calcica	77,0						
4. Producción de asfalto				0,003	0,0	0,74	0,0
5. Producción de vidrio						0,002	
B. Industria Química	0,37	0,39	0,25	0,35	0,62	2,23	1,91
1. Producción de Amoniaco	0,34						
2. Producción de acido nítrico			0,25		0,61		
3. Producción de carburo de calcio	0,03						
4. Producción de estireno		0,00002				0,0001	
5. Producción de negro de humo		0,39		0,35	0,01	1,41	0,11
6. Producción de formaldehido						0,03	
7. Producción de anhídrido ftálico						0,02	
8. Producción de polipropileno						0,001	
9. Producción de poliestileno						0,28	
10. Producción de polietileno						0,16	
11. Producción de cloruro de polivinilo						0,33	
12. Producción de acido sulfurico							1,80
13. Producción de dióxido de titanio							0,00002
C. Producción de Metales	1.293,53	0,00	0,00	0,72	0,03	0,07	1,11
1. Producción de acero	410,14			0,00	0,01	0,01	0,01
2. Producción de hierro	883,39			0,72	0,02	0,06	1,10
D. Producción de alimentos y bebidas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,53	0,00
1. Producción de vino						0,02	
2. Producción de cerveza						0,55	
3. Producción de Whisky						0,08	
4. Producción de carnes, pescado y pollos						0,2	
5. Producción de azúcar						19,64	
6. Producción de margarinas						1,32	
7. producción de tortas, galletas y biscochoz						0,29	
8. Producción de pan						1,36	
9. Producción de alimentos para animales						2,07	
10. Producción de café tostado						0,0001	
E. Otras Industrias	0	0	0	1,78	0,48	1,18	2,23
1. Producción de pulpa para papel				1,78	0,48	1,18	2,23

Las emisiones de CO₂ durante 1994 respecto a 1990 sufrieron un incremento del 9,9%. También se destacan las emisiones de COVDM que tuvieron un incremento del 17,7%. La producción de alimentos y bebidas fue la responsable del 85,8% de estas emisiones. Las emisiones de otros gases reportados tuvieron incrementos entre el 20,4% y el 27,0%, siendo la excepción el metano, que se incrementó en un 95,0%.

3.6 Módulo de agricultura

En este módulo se consideraron, para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): la emisión de metano por fermentación entérica y el cultivo de arroz bajo riego; las emisiones de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno producto de la quema de sabanas y residuos de cosechas²⁴ y la emisión de óxido nitroso por los suelos agrícolas y sistemas de manejo de estiércol de animales.

En términos generales, el procedimiento de cálculo comprende tres etapas: determinar la intensidad de la actividad, definir los factores de emisión y calcular la emisión neta. Las tablas 3.13 y 3.14 presentan las emisiones de las diferentes categorías en el módulo de agricultura.

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)			
	GEI Directo		Precursores de GEI	
	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total Agricultura	1.517,2	75,99	44,04	2184,9
A. Fermentación Entérica	1235,6			
1. Ganado bovino de leche	389,6			
2. Ganado bovino de carne	790,8			
3. Ovejas	12,7			
4. Cabras	4,8			
5. Cerdos	2,6			
6. Caballos	26,0			
7. Mulas y asnos	9,0			
8. Aves de corral				
B. Manejo de Estiércol	30,2	0,072		
1. Ganado bovino de leche	6,8			
2. Ganado bovino de carne	16,1			
3. Ovejas	0,3			
4. Cabras	0,2			
5. Cerdos	2,6			
6. Caballos	2,4			
7. Mulas y asnos	0,8			
8. Aves de corral	1,0			
9. Pastos-Corrales		0,072		
C. Cultivo de arroz bajo riego	168,3			
1. Inundación continua	141,9			
2. Inundación intermitente	26,4			
D. Suelos agrícolas		74,7		
E. Quema de sabanas	72,9	0,9	32,6	1912,4
F. Quema de residuos agrícolas	10,4	0,32	11,44	272,5
1. Trigo	0,05	0,001	0,04	1,3
2. Maíz	0,21	0,01	0,31	5,5
3. Arroz	4,25	0,12	4,44	111,6
4. Algodón	1,30	0,04	1,46	34,2
5. Caña de azúcar	3,82	0,12	4,28	100,4
6. Caña panelera	0,53	0,02	0,59	13,9
7. Sorgo	0,21	0,01	0,32	5,6

Tabla 3.13
Emisiones del módulo de agricultura en Colombia para el año de 1990 (Gg).

Nota: Las directrices del IPCC revisión 1996, no provee las metodologías para el cálculo de las emisiones de CH₄ y N₂O removidos por los suelos agrícolas, y las emisiones de CO₂ por la quema de sabanas y residuos agrícolas. Si se hacen estos reportes, el país debe proveer información adicional como los datos de la actividad y factores de emisión utilizados para realizar estas estimaciones.

Tabla 3.14
Emisiones del
módulo de
agricultura en
Colombia
para el año de
1994 (Gg).

CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos			
	GEI Directo		Precursores de GEI	
	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total Agricultura	1.634,3	87,5	43,8	2178,0
A. Fermentación Entérica	1.369,2			
1. Ganado bovino de leche	441,8			
2. Ganado bovino de carne	857,7			
3. Ovejas	7,4			
4. Cabras	5,9			
5. Cerdos	2,7			
6. Caballos	44,1			
7. Mulas y asnos	9,6			
8. Aves de corral				
B. Manejo de Estiércol	34,4	0,081		
1. Ganado bovino de leche	7,7			
2. Ganado bovino de carne	17,5			
3. Ovejas	0,2			
4. Cabras	0,2			
5. Cerdos	2,7			
6. Caballos	4,0			
7. Mulas y asnos	0,9			
8. Aves de corral	1,2			
9. Pastos-Corrales		0,081		
C. Cultivo de arroz bajo riego	145,14			
1. Inundación continua	110,2			
2. Inundación intermitente	34,9			
D. Suelos agrícolas		86,2		
E. Quema de sabanas	72,9	0,9	32,6	1912,8
F. Quema de residuos agrícolas	12,6	0,32	11,17	265,19
1. Trigo	0,06	0,001	0,04	1,29
2. Maíz	0,25	0,01	0,3	5,27
3. Arroz	4,16	0,1	3,47	87,35
4. Algodón	0,75	0,02	0,67	15,85
5. Caña de azúcar	6,43	0,16	5,75	134,98
6. Caña panelera	0,75	0,02	0,67	15,74
7. Sorgo	0,22	0,01	0,27	4,71

Nota: Las directrices del IPCC revisión 1996, no provee las metodologías para el cálculo de las emisiones de CH₄ y N₂O removidos por los suelos agrícolas, y las emisiones de CO₂ por la quema de sabanas y residuos agrícolas. Si se hacen estos reportes, el país debe proveer información adicional como los datos de la actividad y factores de emisión utilizados para realizar estas estimaciones.

3.6.1 Fermentación entérica

En la actividad pecuaria se produce metano, producto de la fermentación entérica, como consecuencia del proceso digestivo de los herbívoros. Tanto los rumiantes (ganados vacuno y ovino) como algunos no rumiantes (cerdos y caballos) producen metano; la cantidad emitida está en función del sistema digestivo y del tipo de alimento consumido por el animal.

En la actividad pecuaria se consideran las emisiones por fermentación entérica y manejo de estiércol; en los dos casos el número cabezas de ganado define la intensidad de la actividad. En la tabla 3.15 se muestra el número de cabezas para cada año y para cada especie bajo análisis.

La emisión de metano, por fermentación entérica, fue de 1.235 Gg para 1990 y de 1.369,2 Gg para 1994, esta corresponde al 81,4% de las emisiones de metano totales en el módulo de agricultura durante 1990 y el 83,7% 1994.

Tabla 3.15
Número de cabezas
por especie para los
años 1990-1994.

Especies	Población en 1990 (miles de cabezas)	Población en 1994 (miles de cabezas)
Ganado bovino de leche	6.835,0	7.750,9
Ganado bovino de carne	16.138,0	17.505,0
Ovejas	2.547,0	1.487,1
Cabras	959,0	1.179,3
Cerdos	2.640,0	2.650,6
Caballos	1.446,0	2.450,5
Mulas y asnos	902,0	955,7
Aves de corral	52.521,0	66.239,0

3.6.2 Manejo de estiércol

El metano procedente del manejo del estiércol obedece a la descomposición en condiciones anaeróbicas y depende de las técnicas utilizadas para su manejo.

La emisión de metano por el manejo de estiércol ascendió a 30,2 Gg para el año 1990 y 34,3 Gg para el de 1994. La participación total en la emisión de metano en el módulo de agricultura fue de 1,9% en el año 1990 y de 2,1% en 1994.

La emisión de óxido nitroso se determina por el sistema de pastos-corrales para Colombia. Las emisiones de N₂O por pastos-corrales²⁷ fueron del orden de 0,07 Gg para el año 1990 y 0,08 Gg para el año 1994, con una participación del 0,1% para ambos años de evaluación.

3.6.3 Cultivo de arroz bajo riego

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales anegados produce emisiones de metano, durante el periodo de crecimiento de las plantas de arroz.

Según cifras de FEDEARROZ, Fondo Nacional del Arroz²⁹ durante el año de 1990 se sembraron en el país 243.000 hectáreas de arroz bajo riego. En el riego de inundación³⁰ el terreno se mantiene con lámina de agua durante aproximadamente 75 días; cerca de otros 45 días permanece a capacidad de campo. En el riego corrido³¹ el agua se aplica por etapas. Durante 1994 se sembraron 225.092 hectáreas de arroz bajo riego, manteniendo las mismas condiciones de cultivo presentes en el año de 1990, como se reporta en la tabla 3.16.

Tabla 3.16
Área sembrada de arroz bajo riego para los años 1990 y 1994 (ha).

Región	Régimen del manejo de agua			
	Año 1990		Año 1994	
	Inundación continua	Inundación intermitente	Inundación continua	Inundación intermitente
Centro	82.500	34.750	69.758	46.505
Llanos	50.000	18.250	35.000	27.200
Caribe seco	19.000	4.318	16.000	8.894
Caribe húmedo	5.000	3.575	2.000	1.470
Santanderes	20.858	5.000	15.000	3.265
Total	177.358	65.893	137.758	87.334

Nota: No existe una estadística exacta del área bajo cada modalidad de riego. El área bajo riego se ha distribuido porcentualmente según las regiones, en las dos modalidades.

La emisión de metano debido al cultivo de arroz bajo riego para el año 1990 fue de 168,2 Gg; y para el de 1994 145,1 Gg; lo que constituye el 11,1% de las emisiones de este gas en el módulo de agricultura en el año 1990 y el 8,9 % en 1994.

3.6.4 Quema de sabanas

Las quemas de sabanas en el país tienen lugar especialmente en las épocas secas, cercanas al período lluvioso, lo que origina reciclaje de nutrientes y posterior brote de la vegetación. En 1990 el área de sabanas en el país era del orden de 15'970.264 hectáreas y para 1994 de 15'973.534, datos obtenidos con la interpretación de imágenes de satélite a escala 1:500.000³². La fracción de sabanas que anualmente se quema se estimó como de 0,4. Esta cifra corresponde a la quema de sabanas del departamento de Arauca³³ y se toma para todo el país dado que, para esta Comu-

nicación Nacional, no hay datos disponibles para las demás regiones de la nación³⁴. Por lo tanto, los resultados de las emisiones por quema de sabanas deberán verse con base en las anteriores consideraciones.

La emisión de los gases de efecto invernadero por la quema de sabanas para los años de 1990 y 1994 se muestran en la tabla 3.17.

Tabla 3.17
Emisiones por quema
de sabanas para los
años 1990 y 1994 (Gg)

Gas	Factor de emisión (t / Gg de materia seca)	Emisión neta año 1990 (Gg)	Emisión neta año 1994 (Gg)
CH ₄	2,16	72,9	72,9
CO	56,7	1.912,40	1.912,80
N ₂ O	0,0267	0,9	0,9
NO _x	0,966	32,6	32,6

La quema de sabanas participa con el 0,7% de las emisiones totales de metano en el módulo de agricultura en 1990 y con el 0,8% en 1994; con el 87,5% en 1990 y el 87,8% en 1994 en la emisión de monóxido de carbono; con el 1,2% en 1990 y el 1,0% en 1994 en la emisión de óxido nitroso y con el 74,1% en 1990 y 74,4% en 1994 en la emisión de óxidos de nitrógeno.

3.6.5 Quema de residuos agrícolas

En el país las cosechas³⁵ que tienen como práctica común la quema de sus residuos en los años de 1990 y 1994 fueron trigo, maíz, arroz, algodón, caña de azúcar, caña panelera y sorgo. La emisión de los cuatro gases bajo análisis se muestra en la tabla 3.18.

Tabla 3.18 Emisiones
por quema de residuos
agrícolas para los años
1990 y 1994.

N ₂ O (Gg)		NO _x (Gg)		CO (Gg)		CH ₄ (Gg)	
1990	1994	1990	1994	1990	1994	1990	1994
0,32	0,31	11,4	11,2	272,4	265,2	10,4	12,6

Los gases de efecto invernadero procedentes de la quema de los residuos de las cosechas participaron en el total de las emisiones del módulo de agricultura de la siguiente manera: en las emisiones del óxido nitroso con el 0,4% en los dos años de evaluación; en los óxidos de nitrógeno con el 25,9% en 1990 y el 25,6% en 1994; en el monóxido de carbono con el 12,5% en 1990 y el 25,6% en 1994 y en las emisiones de metano en 1990 con el 0,7% y en 1994 con el 0,8%.

3.6.6 Emisiones de suelos agrícolas

Las emisiones de óxido nitroso generadas por los suelos agrícolas se deben, principalmente, al proceso microbiológico de la nitrificación y denitrificación del suelo. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: las directas desde el suelo; las directas de óxido nitroso del suelo debido a la producción animal y las indirectas generadas por el uso de fertilizantes

Las emisiones totales de óxidos nitrosos son la suma de las emisiones directas, las de pastoreo y las indirectas; de estas tres, el 97% corresponde a las directas generadas por suelos agrícolas y por el cultivo de suelos de histosoles.

La emisión total de óxido nitroso para el año de 1990 fue de 74,7 Gg y para el de 1994 fue de 86,2 Gg, participando con el 98,3% del total de las emisiones de óxido nitroso del módulo de agricultura en 1990 y con el 98,5% en 1994.

3.7 Módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura

En este sector se tomaron en consideración para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): la captura y emisión de dióxido de carbono por conversión de bosques, abandono de tierras cultivadas y por los suelos debido al cambio en el uso de la tierra y la emisión de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno por conversión de bosques y pastizales.

La emisión de dióxido de carbono en el módulo fue de 11.879,8 Gg para el año 1990 y 16.540 Gg en 1994; y se presentó una captura de 1.010,8 Gg de dióxido de carbono para el año 1990 y de 2.034,7 para 1994. Las tablas 3.19 y 3.20 presentan las emisiones e inmisiones de las diferentes categorías en el módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura para los años 1990 y 1994.

Tabla 3.19
Emisiones e inmisiones del módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura para el año 1990 (Gg)

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)					
	GEI Directo				Precusores de GEI	
	Emisiones de CO ₂	Inmisiones de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total cambio en el uso de la tierra y silvicultura	11.879,8	-1.010,8	4,2	0,03	1,05	37,0
A. Cambios en los bosques y otros stocks de biomasa maderera	8.654					
B. Conversión de bosques y pastizales	3.225,6		4,2	0,03	1,05	37,0
1. Quema in situ de bosques			4,2	0,03	1,05	37,0
C. Abandono de tierras cultivadas		-1010,75				
D. Emisión y remoción de CO ₂ por suelos	0,20					

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)					
	GEI Directo				Precusores de GEI	
	Emisiones de CO ₂	Inmisiones de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO
Total cambio en el uso de la tierra y silvicultura	16.540,0	-2.034,7	4,2	0,03	1,05	37,0
A. Cambios en los bosques y otros stocks de biomasa maderera	13.314					
B. Conversión de bosques y pastizales	3.225,6		4,2	0,03	1,05	37,0
1. Quema in situ de bosques			4,2	0,03	1,05	37,0
C. Abandono de tierras cultivadas		-2034,66				
D. Emisión y remoción de CO ₂ por suelos	0,4					

Tabla 3.20
Emisiones e inmisiones del módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura para el año 1994 (Gg)

3.7.1 Cambios en bosques y otros stocks de biomasa leñosa

Para estimar los cambios en bosques y otras reservas de biomasa, se evaluó la extracción total de ésta en Colombia, proveniente del bosque natural³⁶, del bosque plantado y de agroecosistemas. Esta información se obtiene a partir de los datos de volumen en m³ de madera aprovechada y reportada por las corporaciones autónomas regionales al Sistema Estadístico Forestal.

En 1990 el volumen total legal movilizado proveniente de bosque natural fue de 3'350.714 m³, y en 1994 de 3'523.325 m³, pues, según Motta³⁷ (1992), se presenta en el país una movilización sin control estimada en un 42%, equivalente para 1990 en 1'407.299,88 m³ y en 1'479.796,50 m³ para 1994 del total aprovechado. De esta manera se obtuvo que el volumen total movilizado para 1990 y 1994 fue de 4'758.013,88 m³ y 5'003.121,5 m³, respectivamente. Para estimar la biomasa se utilizó tanto el valor promedio de la densidad básica de las especies reportadas como movilizadas (0.58 t ms/m³); de acuerdo con lo anterior, la biomasa total aprovechada proveniente de bosques naturales, para 1990, y de 1994, fue 3'696.976,78 tms y 3.887.425,41 tms, de manera respectiva.

El volumen total movilizado de plantaciones forestales en 1990 fue de 179.580 m³ y en 1994 alcanzó 574.621 m³; con base en la densidad básica de las especies plantadas (0,51 t ms/m³), la biomasa total aprovechada para

1990 y 1994 fue de 119.061,54 t y 380.973,72 t, respectivamente. La biomasa total movilizada, para los años referenciados, proveniente de bosques naturales y de plantaciones llegó a 3.816,04 kt ms para 1990 y 4.268,40 kt ms para 1994.

En cuanto al consumo de madera para combustible según datos reportados por la UPME, la leña consumida en el país durante 1990 fue de 11.245.200 tms y en 1994, 11.812.100 tms, de las cuales un alto porcentaje proviene, principalmente, de la renovación y zoqueo de cafetales y cacaotales, lo cual no contribuye a cambios en área de cobertura boscosa pero sí a pérdidas de biomasa.

Por cambios en los bosques y otras reservas de biomasa maderera, se emitieron 8.654 Gg de dióxido de carbono, equivalentes al 73% del total de las emisiones del cambio en el uso de la tierra y silvicultura en el año de 1990 y de 13.314 Gg en 1994, representó el 80% de las emisiones de este módulo.

3.7.2 Conversión de bosques y pastizales

Para determinar la captura y emisión de dióxido de carbono por conversión de bosques, se tuvieron en cuenta aquellas coberturas boscosas³⁸ que por su particularidad se encuentran conformadas por un componente arbóreo mayor o igual al 10%; es el caso de las coberturas de subpáramo, las sabanas arboladas y arbustivas, las xerofitias y los especiales rupícolas.

Las coberturas boscosas que perdieron superficie en el periodo analizado fueron Bosque Andino (BA), Bosque Basal Amazónico (BBam), Bosque Basal Pacífico (BBp), Bosque Ripario (Br), Subpáramo (P), Sabana Arbustiva (Sar), Xerofitias Andinas (Xa); dando como resultado una superficie convertida anualmente de 91.930 ha, al año.

Por la conversión de bosques a pastizales se produjo una emisión de dióxido de carbono de 3.225,6 Gg en los años de 1990 y 1994; el 27% de las emisiones de dióxido de carbono corresponde a la categoría de cambio en el uso de la tierra. Así mismo, por la quema in situ se emitió en los años calculados 4,2 Gg de metano, 0,03 Gg de óxido nitroso, 1,05 Gg de óxidos de nitrógeno y 37 Gg de monóxido de carbono.

3.7.3 Abandono de tierras cultivadas

Para evaluar la captura de dióxido de carbono, por regeneración natural, en el año del inventario (1990) se tuvieron en cuenta cuatro años precedentes al año de referencia, es decir, aquellas coberturas vegetales boscosas que ganaron área entre 1986 y 1990; de igual forma para el inventario del año 1994 se tomaron ocho años atrás comparando el periodo de 1986 a 1994, por no disponer de información referente a veinte años atrás respecto al año base. El área recuperada en superficie boscosa durante el periodo 1986 -1990 fue de 144,84 kha; y en 1986-1994 se obtuvo un área recuperada de 292,24 kha.

Por abandono de tierras cultivadas se obtuvo una captura de dióxido de carbono de 1.010,8 Gg para 1990 y de 2.034,7 Gg para 1994. Los cálculos relacionados con el abandono de tierras entre 20 y 100 años, no fueron realizados ya que el IDEAM no cuenta con la información necesaria. Para ello se requiere de la adquisición del set de imágenes satelitales de alta resolución espacial y espectral para los años 1970 y 2001 y de esta manera realizar el monitoreo y análisis multitemporal de la información histórica para obtener mayor precisión y ajuste de los resultados aquí presentados.

3.7.4 Emisiones y absorciones por los suelos minerales

Se evaluaron los cambios netos de carbono, las emisiones y absorciones en los suelos minerales con modificaciones de uso de la tierra entre los años 1990 y 1994. No se hicieron los cálculos para suelos orgánicos porque no se presentaron transformaciones en el uso de estos durante el periodo, lo mismo que en suelos abonados con cal, por no contar con información georreferenciada de áreas en cultivos de hace 20 años.

Los cálculos de las emisiones de dióxido de carbono procedentes de los suelos minerales se fundamentaron en la contabilización de los cambios en las existencias de carbono orgánico en los primeros treinta centímetros de los mismos, como función de las transformaciones del bosque a otras coberturas.

Los cambios netos en el carbono en los suelos minerales del país entre 1986 y 1996 fue de 0,00327 Tg; y las emisiones de dióxido de carbono de los suelos de 0,60 Gg. por año. Se hace una aproximación para los inventarios de los años 1990 y 1994 que dio como resultado 0,20 Gg y 0,40 Gg, respectivamente.

3.8 Módulo de disposición de residuos

En este sector se tomaron en consideración, para evaluar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): la emisión de metano, producto de la disposición de residuos sólidos urbanos, del tratamiento de aguas residuales domésticas urbanas y de las aguas residuales industriales y el óxido nitroso emitido por las aguas residuales humanas.

La emisión de metano en el módulo de disposición de residuos fue de 173,9 Gg para el año 1990 y 193,4 Gg en 1994; la de óxido nitroso fue de 1,9 Gg durante 1990 y de 2,0 Gg en 1994. Las tablas 3.21 y 3.22 presentan las emisiones de las diferentes categorías en el módulo de disposición de residuos.

Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)		
CATEGORIAS DE FUENTES DE GEI	GEI Directo	Precusores de GEI
	CH ₄	N ₂ O
Total Residuos	173,9	1,9
A. Residuos sólidos dispuestos en tierra	166,2	
B. Manejo de aguas residuales	7,7	1,9
1. Agua residual industrial	5,1	
2. Agua residual comercial y doméstica	2,6	
3. Aguas Humanas servidas		1,9

Tabla 3.21
Emisiones del módulo de disposición de residuos en Colombia para el año 1990. (Gg)

Emisiones en Gigagramos (equivalentes a kilotoneladas)		
CATEGORIAS DE FUENTES DE GEI	GEI Directo	Precusores de GEI
	CH ₄	N ₂ O
Total Residuos	193,4	2,0
A. Residuos sólidos dispuestos en tierra	182,6	
B. Manejo de aguas residuales	10,8	2,0
1. Agua residual industrial	4,9	
2. Agua residual comercial y doméstica	5,9	
3. Aguas Humanas servidas		2,0

Tabla 3.22
Emisiones del módulo de disposición de residuos en Colombia para el año 1994. (Gg)

3.8.1 Disposición de residuos sólidos

Los residuos sólidos generados durante 1990 fueron 5'495.678 toneladas y 6'038.493 de toneladas en 1994, de las cuales se dispuso un 55% distribuidos de la siguiente manera: un 24% en los rellenos sanitarios de Doña Juana y Curva de Rodas, un 28% en botaderos con chimeneas para evacuación de gases y un 3% se cubren con tierra.

Las emisiones netas de metano por disposición de residuos sólidos para los años de 1990 y 1994 fueron de 166,2 Gg y 182,6 Gg, respectivamente, si se considera que no hay recuperación ni quemado de gas.

3.8.2 Aguas residuales domésticas

En Colombia, en el transcurso de 1990 y 1994, las cargas de materia orgánica producidas por la población en aguas residuales domésticas fueron de 347.896,2 kt y 380.198,9 kt, respectivamente. De esta cantidad, alrededor del 3% en 1990 y del 6.2% en 1994 se trató en sistemas anaerobios, lo que generó una emisión neta aproximada de 2,6 Gg y 5,9 Gg de metano en cada uno de los años de análisis (si se toma en consideración que no hubo una recuperación importante de este gas). Es decir, que la cantidad emitida se duplicó de un año al otro.

En las áreas rurales es conocido el uso de sistemas de tratamiento y disposición que podrían generar aportes importantes de metano, pero por la escasez de información, las emisiones generadas por estos sistemas no se consideraron dentro del análisis.

3.8.3 Aguas residuales industriales

Las industrias que generaron el mayor volumen de efluentes líquidos en el país fueron: alimentos y bebidas (incluye cerveza, azúcar, leche, margarinas, mantecas, chocolate, vino), alimentos para animales, hierro y acero, fertilizantes, papel, pulpa para papel y el curtido y acabado de cueros. Las emisiones de metano producidas por estas fuentes fueron de 5,1 Gg para el año 1990 y de 4,9 Gg para 1994 (esta disminución se debe al decrecimiento de los niveles de producción en los sectores evaluados).

3.8.4 Aguas residuales humanas

Para estimar las emisiones, se consideró un consumo per cápita de proteína de 19,71 y 21,21 kilogramos por persona al año, lo que significó una generación estimada de nitrógeno de 119.208 y 128.280 toneladas para 1990 y 1994, respectivamente. Considerando despreciable la remoción de nitrógeno en los sistemas de tratamiento y en el suelo, esta descarga generó procesos de nitrificación en ríos y estuarios que llevaron a una emisión de óxido nítrico de 1,87 Gg y 2,02 Gg para 1990 y 1994, es decir hubo un incremento del 7,6% de un año al otro.

Glosario

Biomasa: Materia orgánica viva o muerta tanto de la superficie de la tierra como subterránea (árboles, cultivos, pastos, restos de árboles, raíces etc). Cuando se quema para obtener energía, se denomina biomasa combustible.

Carbono almacenado: Cantidad de carbono de un combustible que no se quema durante la combustión, esta cantidad se resta del consumo aparente antes de calcular la emisión.

CH₄: Metano.

CO: Monóxido de carbono.

CO₂: Dióxido de carbono.

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido por la materia orgánica en aguas residuales durante la descomposición.

DBO₅: Demanda bioquímica de oxígeno, con prueba de cinco días, expresada en miligramos por litro.

Factor de emisión: Coeficiente que relaciona las emisiones reales con los datos de actividad como tasa estándar de emisión por unidad de actividad.

Fermentación entérica: Proceso de la digestión de los herbívoros que genera metano como subproducto.

Gg: Unidad de medida de masa, significa gigagramos y es equivalente a mil millones de gramos.

IPCC: Sigla en inglés del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

kha: Kilohectáreas, miles de hectáreas.

kt: Kilotoneladas, miles de toneladas.

ML: Megalitros, un millón de litros.

COVDM: Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano.

N₂O: Oxido nitroso.

NOx: Óxidos de nitrógeno.

Tasas de emisiones de otros gases: Las tasas de los compuestos de carbono son la masa de carbono liberada como CH₄ o 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 N₂O y NOx en relación con el contenido de nitrógeno del combustible (en unidades de N).

TJ: Unidad de energía, significa Terajulio. Equivale a un billón de julios (1x10¹² J)

Notas

¹ Directo: Son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera.

Indirecto: Precursores de gases de efecto invernadero y de ozono.

² Este no es un gas de efecto invernadero pero su presencia en la atmósfera puede influir el clima. El SO₂ es un precursor de aerosoles (puede reaccionar con una gran variedad de oxidantes producidos fotoquímicamente para formar aerosoles sulfatados) y tiene un efecto de enfriamiento sobre el clima.

³ La referencia aproximada parte de los datos globales nacionales de producción, comercio exterior, uso en transporte internacional y cambios de stocks de los combustibles sin importar el uso final.

⁴ Parte de los datos de consumos sectoriales de combustibles.

⁵ Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Información Minero Energética -UPME. *Balances energéticos consolidados de Colombia 1975 – 1996. diciembre 1997.*

⁶ ECOPETROL. Dirección de Planeación Corporativa: *Estadísticas de la industria petrolera. 1999.* Vigésima primera edición

⁷ GWP son las siglas en inglés de Global Warming Potential

⁸ Las directrices del IPCC son el resultado de un trabajo de expertos en el ámbito mundial y continuamente se revisan y perfeccionan de acuerdo con los avances en el conocimiento de las diferentes temáticas; de la misma forma, la información básica se revisa para reducir el grado de incertidumbre.

⁹ OLADE. Metodología para el cálculo de los inventarios de GEI en el sector energético. Quito, mayo de 1999.

¹⁰ Metodología ajustada y aplicada por Cardona Ruiz M.C y Alarcón Hincapié. J. C.2001. Metodología para estimar cambios en biomasa aérea boscosa para el período 1970-1990 y su relación con la emisión y captura de dióxido de carbono (CO₂) en los bosques de la ecorregión de la serranía de San Lucas y su área de influencia con el uso de sistemas de información geográfica. IDEAM.

¹¹ Copresidente del grupo de expertos sobre el cambio en el uso de la tierra y silvicultura/expertos/autores convocadores

¹² Brown, Sandra. L R. Iversón And A. E. Lugo. 1994. Land use and biomass changes of forest in Peninsular Malasya during 1972-82: Use of GIS analysis. Chapter 4 in V. H. Dale (ed.), Effects of Land use change on atmospheric CO₂ concentration: Southeast Asia a case study. Springer Verlag, NY.

¹³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 1997. Estimating biomass and change of tropical forests. A primer. FAO Forestry Paper 134. 55 pg.

¹⁴ Se entiende por ecosistema boscoso “aquellos espacios naturales que presentan elementos arbóreos con un área entre el 30% a 100% de la cobertura vegetal. Se caracterizan por tener varios estratos, desde un tapete de plántulas de especies reptantes, de bajo porte y herbáceas poco lignificadas (sotobosque) hasta una bóveda o dosel formado por árboles de altura considerable en cuyas copas frondosas albergan otras especies animales y vegetales, según la definición de bosques del Panel Intergubernamental de Bosques (IPF,1996, adaptada por IDEAM,1998)”.

¹⁵ Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, año de 1990, IDEAM-1999

¹⁶ Factor estimado por Anzola, M. Alejandra y Rodríguez, Juliana E. 2001. Estimación preliminar de reserva de biomasa en algunos ecosistemas boscosos de Colombia. Ingeniería Forestal. Universidad Distrital, Bogotá. 149pg. La ecuación es $FEB = (a*b+c*Ln(BF)^d)/(b+Ln(BF)^d)$ donde $a = 1.3286308$, $b = 4.9202747 e-05$, $c = 1.6236932$, $d = -8.8879315$, $BF =$ biomasa del fuste. $R^2 = 0.63$ $N = 46$

¹⁷ El IMA usado para bosque natural y plantado fue obtenido de diferentes estudios realizados en el país.

¹⁸ La biomasa utilizada como combustible de leña no se contabiliza en este módulo ya que esta fue tenida en cuenta en el módulo de energía.

¹⁹ L. D. Yepes Rubiano; 1999. Oficina de Cooperación Científico-Técnica para el Estudio del Cambio Global

²⁰ SEFC, contiene la información estadística forestal reportada por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, ACOFORE, las Universidades Nacional y Distrital, y el gremio forestal. Este sistema es administrado por el Ministerio del Medio Ambiente y el IDEAM.

²¹ Se entiende por cálculo global aquel que se realiza con factores de emisión globales para el sector y que dependen únicamente del tipo de combustible y del gas que se evalúa; mientras que el cálculo detallado para el transporte automotor incluye factores de emisión que dependen del tipo de combustible, tipo de vehículo y del gas evaluado.

²² Debido a que los autoprodutores son generalmente empresas que se encuentran en el sector de la industria manufacturera (y de acuerdo con las directrices del IPCC), sus consumos finales se incluyeron dentro de este último sector y se excluyeron del de energía e industrias de transformación

²³ Las emisiones de CO₂ generadas por la combustión de biomasa (leña, bagazo y residuos líquidos como la vinaza) no se totalizan en el consolidado, porque, de acuerdo con las directrices del IPCC, se supone que el CO₂ emitido durante la combustión es capturado en el periodo de crecimiento de la vegetación.

²⁴ No se hace evaluación de dióxido de carbono dado que se supone que la emisión en las quemas es igual a la captura que se genera en el crecimiento de las plantas.

²⁵ Para el año de 1990, la información del número de cabezas de ganado de leche y carne, ovejas, cabras y cerdos se tomó este año del Ministerio de Agricultura. Para ganado mular, equino y asnal, no se obtuvo información para el año 1990; se recurrió entonces a la Primera Encuesta Nacional Agropecuaria - PENAGRO (1988) y se aplicó una tasa de crecimiento anual del 5%. La información sobre el número de cabezas de cada especie para el año de 1994 se tomó del proyecto SISAC-DANE; este proyecto es una encuesta realizada en 1995.

²⁶ La información sobre aves de corral proviene del Modelo Avícola desarrollado por CEGA, Centro de Estudios ganaderos y agrícolas *Modelo Avícola*, 1990-1995.

²⁷ Sistema propuesto para Latinoamérica, por las directrices revisadas del IPCC para 1996.

²⁸ Por concertación entre el Ministerio de Agricultura y el Fondo Nacional del Arroz (FEDEARROZ) el dato de área de cultivo de arroz bajo riego en el país, para determinar la emisión de metano será el del Fondo y no el del Ministerio. La cifra de área presentada por el Fondo Nacional del Arroz tiene la ventaja de estar desagregada por tipo de inundación en el cultivo bajo riego para cada año de evaluación. La diferencia entre las cifras de FEDEARROZ y Minagricultura son del orden de 87.800 hectáreas para el año de 1990 y de 20.102 hectáreas, para 1994 es decir, una diferencia del 26,5% para el primero y de 8,2% para el segundo.

²⁹ Fondo Nacional del Arroz. Información del área sembrada por tipo de riego años 1990 y 1994. Bogotá, octubre de 2001.

³⁰ Por las características del arroz bajo riego de inundación, dentro de las hojas de trabajo del IPCC se clasifica como inundación intermitente.

³¹ Por las características del arroz bajo riego de inundación, dentro de las hojas de trabajo del IPCC se clasifica como inundación continua.

³² IDEAM - Subdirección de Ecosistemas. *Mapa imagen de las coberturas vegetales*, Santafé de Bogotá, 2001.

³³ Secretaria de Asuntos Agropecuarios, departamento de Arauca, *porcentaje de quemas por municipio del departamento de Arauca*, 1998.

³⁴ Con ASOCARS (Asociación Colombiana de Corporaciones Autónomas Regionales) se acordó obtener esta información por región y por tipo de sabana para ser tomados en cuenta en las próximas comunicaciones nacionales.

³⁵ La producción anual de los diferentes cultivos se acopió de las estadísticas de producción del Ministerio de Agricultura. La relación residuo / cultivo para trigo, maíz y arroz se tomó de las Directrices del IPCC; para algodón, caña y sorgo se usaron los valores propios del país.

³⁶ Debe tenerse en cuenta que el bosque natural aquí considerado corresponde únicamente a los reportes de volumen movilizado de madera para

estos años, realizados por las Corporaciones Autónomas Regionales al Sistema Estadístico Forestal de Colombia.

³⁷ Motta, María Teresa. 1992. Régimen de aprovechamiento del bosque natural y sistema de tasas forestales.

³⁸ Los Bosques Andinos y Bosques Basales (BA, BB, BBam, BBo, BBp, Br, BBc); los Bosques de pantanos, el Especial pantano Amazónico y Caribe (Epan, EPc); los Bosques plantados: en esta categoría se encuentran Bosques andinos y basales plantados (BApl, BBpl); los Bosques fragmentados localizados en los pisos andinos y basales fragmentados (BAf, BBf), para estas coberturas se estima un 50% en bosques y un

50% en agroecosistemas; manglares: en esta categoría se encuentran Manglar caribe y pacífico (Mc, Mp); las Sabanas arboladas y arbustivas: el área cubierta en sabanas como tal no es considerada una cobertura vegetal boscosa, para este caso se considera la vegetación arbórea y arbustiva presente en estos ecosistemas, donde se estima un 30% en bosques; páramos (P), para efectos de capturas de dióxido de carbono, se estimó hasta un 50% de su área en componente arbóreo; los Especiales Rupícolas: en esta categoría se encuentran Especial rupícola amazónico y caribe (ERam, ERc), para estas coberturas se estima un 10% en componente boscoso; las Xerófitas andinas y basales (XA, XB), donde se considera en un 20% en componente boscoso de su área.

4 Acciones realizadas para mitigar las emisiones del GEI

Colombia ha realizado desde 1994 al presente, diferentes acciones orientadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, GEI, y a fortalecer su captura a través de sumideros.

La mayoría de estas acciones, con excepción de las relacionadas con el mecanismo de desarrollo limpio, MDL, ha sido diseñada e implementada con propósitos diferentes a enfrentar el cambio climático o reducir las emisiones de GEI; sin embargo, sus efectos se relacionan con lo establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

A continuación se relacionan los sectores identificados como los más relevantes sobre el tema; abarca desde leyes y normas hasta acciones voluntarias.

Es importante destacar dos estudios realizados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales: "Opciones para la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero en Colombia 1998-2010" (2000) e "Inventario preliminar de Gases Efecto Invernadero, Fuentes y Sumideros: Colombia 1990" (1998).

El Decreto 948 de 1995 regula lo relacionado con la prevención y control de la contaminación atmosférica y con la protección de la calidad del aire y contiene "las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire, generada por fuentes contaminantes fijas y móviles, las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las

de emisión de ruido y olores ofensivos, se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica".

El Decreto 948 ha sido reglamentado por varias resoluciones y modificado por algunos decretos posteriores, en particular, el Decreto 1.228 de 1997 que establece una certificación obligatoria de cumplimiento de normas de emisión para vehículos automotores importados o ensamblados en el país, y la resolución 619 de 1997 que determina las actividades e industrias que requieren permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.

El Estatuto Tributario Nacional contiene exenciones y descuentos para las inversiones orientadas al control y mejoramiento ambiental, las actividades de reforestación¹ y conservación de bosques² y la importación de equipos de control y mejoramiento ambiental.

En el marco del ordenamiento jurídico colombiano es necesario resaltar las leyes 142 de 1994 (Ley de servicios públicos) y 143 de 1994 (Ley de energía) por su incidencia en el sector energético nacional. Los desarrollos legislativos más recientes en materia de energía son la Ley 697 de 2001 mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la misma y se promueve la utilización de energías alternativas, y la Ley 693 de 2001 por medio de la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo.

4.1 Políticas y estrategias sectoriales

En el ámbito sectorial es importante destacar, además de las políticas y estrategias sectoriales, que el ministerio del Medio Ambiente y los de Desarrollo Económico, Agricultura y Desarrollo Rural, Minas y Energía, Transporte y Salud suscribieron en 1999 agendas conjuntas de trabajo, que definen acciones aunadas en tres aspectos: formular e implementar políticas y regulaciones técnicas ambientales; establecer planes, programas y proyectos conjuntos y fortalecimiento institucional.

4.1.1 Sector energía

4.1.1.1 Sector eléctrico

Los objetivos de la política energética (Plan Energético Nacional, PEN 1994) para el sector eléctrico son: disminución de la vulnerabilidad del sistema frente a factores hidrológicos, ampliación del número de agentes participantes y estímulo a la competencia entre ellos, utilización en forma eficiente de los energéticos disponibles en el país, e incremento de la disponibilidad de instalaciones de generación, especialmente el parque térmico.

La Gestión Eficiente de la Demanda y el Uso Racional de la Energía (URE) constituyen estrategias básicas para garantizar la atención a las de las necesidades energéticas mediante el uso óptimo de las fuentes energéticas. Para este efecto, el PEN propone mecanismos de política y de orientación del mercado e incentivos a la innovación tecnológica, en aspectos de precios, sustitución y gestión de la demanda de energía. La estrategia URE contiene las siguientes líneas de acción:

1) Política de precios y subsidios energéticos: recomienda mantener una política integral de precios para los distintos energéticos, que permita su utilización eficiente.

2) Sustitución de energéticos:

a) Penetración de gas natural y GLP: plan de masificación de uso del gas natural en los ámbitos residencial e industrial

b) Sustitución de gasolina por GNC y GLP en el sector transporte.

c) Política de energía rural orientada a disminuir el consumo de leña comercial mediante la promoción de fuentes o tecnologías energéticas alternativas como el GLP, las briquetas de carbón y los bosques energéticos, en un contexto de desarrollo rural integral. Así mismo, la política de generar energía rural plantea el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas y programas piloto para aplicación de fuentes alternativas.

3) Gestión de la demanda de energía: comprende acciones orientadas a modificar los patrones de consumo a través de equipos y prácticas más eficientes. En este sentido en 1995 el Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES, aprobó un programa dirigido a fomentar el uso eficiente y racional de la energía, sin afectar el bienestar de los usuarios y en un marco de equidad social³. Los patrones ineficientes de consumo se van a modificar mediante las siguientes acciones:

a) Gestión de la demanda en el sector residencial: el Plan de Masificación del Gas Natural es el instrumento principal. Adicionalmente, se plantean dos acciones específicas: la sustitución de bombillas por iluminación de alta eficiencia y el desarrollo de edificaciones eficientes.

b) Programa de sustitución de luminarias en el alumbrado público.

c) Creación de empresas de gestión energética y desarrollo de un mercado eficiente con participación del sector privado.

d) Promoción de sistemas de gestión energética en el sector industrial.

e) Apoyo a la cogeneración en el sector industrial. Consideración de alternativas técnicas y financieras de desarrollo de proyectos.

f) Control y disminución de pérdidas de energía eléctrica de acuerdo con la realidad financiera de las empresas de distribución.

4) Acciones de apoyo

a) Cooperación técnica del BID para la implantación de la estrategia de Uso Eficiente y Racional de Energía.⁴

b) Exploración de alternativas de apoyo con organismos internacionales.

c) Establecimiento de un sistema de administración y seguimiento de programas de URE.

d) Desarrollo del proceso de normalización técnica, certificación y etiquetado de equipos de uso final.

e) Estudios de mercado sobre las características del consumo de energía en los diferentes sectores, las necesidades y preferencias de los consumidores.

f) Implantación de modelos y metodologías de análisis para planificación y apoyo a la toma de decisiones en el campo de URE.

g) Reorientación de la gestión de entidades y fortalecimiento institucional.

En cumplimiento de las funciones asignadas por la Ley 143 de 1994 y en seguimiento de los lineamientos de la Política Energética, la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, desarrolló el plan de expansión de referencia "generación - transmisión 1998 - 2010" que busca brindar información oportuna y confiable sobre las posibles estrategias de generación y transmisión requeridas para satisfacer, tanto en cantidad como en calidad, la demanda estimada de energía eléctrica y los requerimientos asociados de combustible.⁵

Según el plan de expansión, el sistema eléctrico colombiano ha incrementado de manera permanente su componente térmico. Mientras en 1994 la estructura era 80% hidráulica y 20% térmica, en 1998 era 66% hidráulica y 34% térmica, lo que redujo su vulnerabilidad a la variable hidrológica. Durante el último Fenómeno Cálido del Pacífico (1997-1998) el sector térmico logró aportar cerca del 50% de la generación diaria requerida para atender la demanda, con lo que se ayudó a superar una de las hidrologías más deficitarias de los últimos 50 años. Actualmente, el reto es lograr una mayor coordinación entre los sectores electricidad y gas.

El gobierno nacional asignó a la UPME las funciones⁶ de fomentar y diseñar los programas de uso racional de energía, en todos los campos de la actividad económica y adelantar las labores de difusión necesarias fomentar, diseñar y establecer de manera prioritaria los planes, programas y proyectos relacionados con el ahorro, conservación y uso eficiente de energía.

La sección dedicada al uso eficiente de la energía recomienda dos estrategias para fomentarlo: la creación de un mercado sostenible y formación de una cultura de uso eficiente. Establece que Colombia presenta grandes oportunidades para la optimización de la eficiencia energética, mediante el desarrollo de potenciales de ahorro ya identificados:

Programa de Normalización, Certificación y Etiquetado de Electrodomésticos (normas técnicas ICONTEC⁷) en refrigeración, iluminación y calentamiento de agua, con un ahorro potencial en el décimo año de 9.300 GWh.

Ubicación de lámparas eficientes en el sector residencial con un ahorro potencial de hasta de 500 GWh en el décimo año.

Sector industrial, particularmente grandes consumidores, ahorro potencial de energía eléctrica hasta del 10% y para pequeñas y medianas industrias, acciones orientadas a reducir el uso de combustibles fósiles mediante el aumento de la eficiencia en los procesos de combustión, optimización de los consumos y programas de iluminación eficiente.

El plan de reducción de consumo de energía en el alumbrado público, directiva nacional del Ministerio de Minas y Energía y del Instituto de Energías Nucleares y Alternativas (1995) establece como meta el reemplazo de todas las bombillas incandescentes y de las luminarias de mercurio por sus equivalentes de alta eficiencia con ahorro de 366 GWh de energía al año.

En el análisis de combustibles, el plan incluye, además de los combustibles convencionales, gas y carbón, la cogeneración, las pequeñas centrales hidroeléctricas y las energías alternativas.

Cogeneración: la UPME identificó un potencial de 42 MW sin incluir el sector azucarero. El mayor potencial está en el sector alimentos, bebidas y

tabaco (145 MW) seguido por papel e imprenta (98 MW). Así mismo, establece un potencial importante en los sectores hotelero y hospitalario.

Pequeñas centrales hidroeléctricas: el plan prevé que en el mediano plazo es de esperarse que el desarrollo hidroeléctrico se dé mediante la instalación de pequeñas y medianas centrales (menos de 100 MW). El potencial estimado para pequeñas centrales (menos de 5 MW) es de 25.000 MW de los cuales se han aprovechado cerca de 168.2 MW.

Energías alternativas: la UPME advierte que la participación en el Sistema Interconectado Nacional de algunas fuentes de energías alternativas como la solar y la eólica podrían causar inestabilidad por las variaciones diarias en intensidad que presentan; por este motivo, se acoge a la recomendación internacional de limitarla al 10% de la capacidad instalada, lo cual, en el corto plazo, arroja un potencial para este tipo de energías de 1.200 MW. El plan hace referencia a la energía solar, la eólica, biomasa y destaca la dendroenergía y la geotérmica.

El diagnóstico para una política de mercados verdes del Ministerio del Medio Ambiente establece que la experiencia colombiana con proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables se concentra en las cerca de 200 pequeñas centrales hidroeléctricas que operan en el país⁸. En los últimos dos años han entrado en operación las pequeñas centrales hidroeléctricas de Pajarito (4.5 MW) y Dolores (8.5 MW), y se espera que en 2001 opere la de Sonsón (9.8 MW). Existe, asimismo, una capacidad instalada de módulos fotovoltaicos, alrededor de 3.500 kwp, en usos de electrificación rural, residencial y telecomunicaciones⁹. Existen cerca de 30 empresas en el país que trabajan en el área de energía solar y seis en el de energía eólica.

El mismo documento relaciona que el Instituto de Promoción y Planificación de Soluciones Energéticas, IPSE, tiene en estudio proyectos de electrificación rural fotovoltaica por valor de \$1'902.770.900 y planea la construcción de cinco pequeñas centrales hidroeléctricas con un costo de US \$98'997.300. Ante la UPME se encuentran registrados siete proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas con capacidad total de 37.25 MW. Existen proyectos propuestos para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa (Calamar, en el Guaviare) y con la utilización de energía eólica (Puerto Bolívar, en la Guajira).¹⁰

El plan de expansión finalmente contiene un capítulo de consideraciones ambientales donde reitera que la conservación y el mejoramiento de la calidad ambiental en todas las instancias decisorias, procesos productivos e inversiones futuras del sector es uno de los objetivos básicos de la estrategia integral adoptada por el país. Así mismo, destaca la formulación de políticas ambientales sectoriales lideradas por ECOPEPETROL, ISA, ECOCARBÓN y la UPME. Tanto en el plan de expansión como dentro del Plan Energético Nacional se considera que el Mecanismo de Desarrollo Limpio es una importante opción tanto para modernización del parque de generación térmica existente como para la expansión futura con tecnologías de punta.

Para el sector eléctrico colombiano la protección ambiental y la promoción de tecnologías limpias son metas principales. La gestión ambiental del sector se ha orientado en dos direcciones: al fortalecimiento de la capacidad de gestión ambiental empresarial y sectorial; y al desarrollo de instrumentos facilitadores. En la primera se cuenta con los siguientes proyectos:

Factibilidad y diseño de turbogases y ciclos combinados: se identificaron y jerarquizaron 18 zonas factibles para la instalación de turbogases y ciclos combinados entre 50 y 300 MW.¹¹

Inventario de proyectos carboeléctricos, optimización ambiental, técnica y económica: se identificaron 20 sitios aptos para la expansión eléctrica del país por sus opciones técnicas, económicas y ambientales para proyectos termoeléctricos a base de carbón, con capacidad instalada entre 300 y 600 MW por planta.¹²

Estudio de restricciones y posibilidades ambientales para proyectos de transmisión del Plan de Expansión ISA 2001 - 2010 (1998).

Información ambiental de referencia: Incorporación del módulo ambiental en el Sistema de Información Eléctrica.

Formulación de una propuesta de lineamientos de política ambiental para el sector energético con énfasis en el sector eléctrico.

Promoción de la autorregulación y autocontrol ambientales, incluida la adopción de, norma ISO 1.4000.

El desarrollo de instrumentos cuenta con definición de términos de referencia para los estudios ambientales, utilización de guías ambientales para proyectos del sector eléctrico y guías y manuales ambientales sectoriales.

4.1.2 Sector transporte

El sector transporte en Colombia es un importante consumidor de energía y responsable de una significativa fracción de las emisiones contaminantes. Colombia formula e implementa desde hace algún tiempo, un programa de gas natural vehicular y el Ministerio de Minas y Energía avanza en la reglamentación del uso del gas natural comprimido para vehículos, GNCV, que tiene como fin establecer estándares de calidad y control sobre la utilización de este combustible y dentro de las estrategias del Plan Energético Nacional se contempla la sustitución de gasolina por GNCV y GLP.

El PEN recomienda que el programa piloto sea desarrollado por el sector privado, con el compromiso y apoyo institucional del Estado. Un programa de GNCV finalmente, el aplicado a 84.100 vehículos en cinco años, implicaría un consumo de aproximadamente, 120 MPCD y reduciría a 23.000 BPD el consumo de gasolina, con inversión total en estaciones y vehículos del orden de US\$ 460 millones. También, contempla dentro de sus estrategias el uso del GLP en automotores, como complemento al GNCV y para propósitos específicos como las flotas.

Hasta el momento y después de un año del lanzamiento del proyecto de gas natural vehicular, se han reconvertido 1.000 vehículos de servicio público, una inversión cerca a los 2.400 millones de pesos. Adicionalmente, según el Ministerio de Minas y Energía, al finalizar el año 2000 se tendrían cerca de diez talleres de conversión y ocho instalaciones de suministro de gas natural vehicular, debidamente aprobadas y en funcionamiento, en todo el país¹³.

Además de estos proyectos de sustitución, el Plan Energético Nacional resalta la necesidad de desarrollar acciones de incremento de la eficiencia energética en el transporte público de pasajeros y gestión de tráfico en las principales ciudades del país, particularmente en Bogotá. Propone la creación de un sistema de gestión intersectorial para el transporte limpio, que convoque a las entidades responsables de la planeación, gestión, ejecución, control y seguimiento de actividades relativas al transporte, para lograr soluciones conjuntas y en forma coordinada para los problemas del sector.

En el ámbito capitalino el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, con jurisdicción en Bogotá, en su informe de gestión del año 2000 reporta que las acciones para el control de las emisiones atmosféricas por fuentes móviles, se orientaron hacia dos programas: "la reconversión vehicular de gas", que buscó reducir las emisiones a través de una estrategia de sustitución de combustibles; y "el desarrollo de seguimiento, monitoreo y control de los vehículos que transitan por la ciudad" mediante operativos que registran las emisiones vehiculares con aplicación de multas cuando exista violación de la norma.

La red de monitoreo de la calidad del aire reportó una carga, por fuentes móviles de monóxido de carbono (CO) de 735.684 Ton/año para 1999 y 636.608 Ton/año para 2000, que se traduce en una reducción del 13 % (99.076 Ton/año de CO) de la carga atmosférica de este contaminante. Igualmente, reportó una carga por fuentes móviles de NO_x de 169.054 Ton/año para 1999 y 128.411 Ton/año para 2000, es decir, una reducción del 24 % (40.643 Ton/año de NO_x).

El desarrollo de programas de educación ambiental dirigido a los directores y trabajadores de las empresas de transporte público y la campaña de capacitación a los mecánicos de talleres automotores para garantizar un mejor trabajo en la sincronización de los vehículos, fortaleció los resultados de disminución de la contaminación ambiental y generó conciencia acerca de la importancia de mantener en buen estado los vehículos.

El programa Pico y Placa se orienta a la restricción vehicular en Bogotá de 7:00 a.m. a 9:00 a.m. y de 17:30 p.m. a 19:30 p.m. de lunes a viernes. Cada vehículo tiene dos días de restricción de acuerdo con el último número de la placa. Según el DAMA, el programa ha mostrado disminuciones promedio del 13% en la carga contaminante. Se está llevando a cabo una fase piloto de restricción vehicular en transporte público.

Otra estrategia de la administración distrital de Bogotá fue la prohibición de que circulen vehículos particulares durante un día denominada "Sin mi carro en Bogotá". La jornada se realizó el 24 de febrero de 2000. El Decreto 1.098 de 2000 adopta la prohibición a la circulación de vehículos automotores particulares el primer jueves de febrero de todos los años entre las 6:30 a.m. y las 7:30 m. Los resultados de la segunda jornada (1 de febrero de 2001) mostraron una notable mejoría en la calidad del aire de la ciudad.

Las concentraciones de material particulado menor a 10 micras - PM₁₀ disminuyeron 16% durante la jornada, las de dióxido de nitrógeno -NO₂- (se incrementaron) en un 1%, los niveles de monóxido de carbono -CO-, se redujeron en un 76%, los hidrocarburos (benceno, tolueno y formaldehído) se redujeron en promedio 34%, 48% y 3%, respectivamente respecto a un día típico o normal. Los operativos de control de emisiones al transporte público realizados durante la jornada mostraron que el 62% de los vehículos de transporte público que utilizan gasolina y el 33% de los que emplean diesel no cumplieron con la norma de emisión (resolución 160 del DAMA). Durante la jornada se evitó la emisión de 1.379 toneladas de contaminantes, lo que equivale a una reducción del 34% de la carga.

Programa de inspección y certificación vehicular: mediante resolución 868 del 27 del 2000, el DAMA estableció que a partir del 1 de septiembre de 2000, todos los vehículos que transiten en la capital, deberán portar el certificado de verificación de emisiones de gases contaminantes, expedido por los centros de diagnóstico reconocidos. Se han certificado 435 centros de diagnóstico y 40 más adelantan el proceso. Siete unidades

móviles de verificación de emisiones han evaluado cerca de 300 vehículos diarios en los operativos viales que realizan la policía de tránsito y el DAMA. Aproximadamente 700.000 vehículos han realizado la revisión, 245.000 no pasaron la prueba de emisión de gases, es decir el 35%. Se calcula que el parque automotor de Bogotá está compuesto por 855.000 vehículos matriculados en el D. C., y otros 250.000 están matriculados en otras poblaciones de la sabana.

Transmilenio¹⁴: como respuesta a la crítica situación de tránsito, y en particular de transporte público en Bogotá, la administración distrital comenzó en 1998 el diseño y materialización del Proyecto Tercer Milenio Transmilenio cuya primera fase entró en operación en diciembre de 2000. Transmilenio es un sistema de transporte público que consiste en troncales de alta velocidad alimentadas por buses que van a los diferentes barrios cercanos a las estaciones de cabecera. Las troncales son vías exclusivas para buses articulados con capacidad para 160 pasajeros cada uno, con estaciones cada 500 metros y terminales de cabecera e intermedias como puntos de integración. Los buses son controlados con GPS y sistemas de comunicación por radio en cada uno y control central de gestión. El proyecto completo comprende 387,9 km. de troncales, una inversión de 1.970 millones de dólares a precios de 2000 y 4.474 buses articulados en operación en el 2015.

Uno de los aspectos sobre los cuales se ha hecho mayor énfasis fue el componente ambiental. Los buses utilizan GN y diesel como combustible y cuentan con un convertidor catalítico que cumple con la norma Euro II. Se estima que el proyecto puede reducir en un 80% la contaminación producida por los buses que circulan actualmente.

Ciclorrutas y andenes¹⁵: la administración distrital de Bogotá (1997-2000) reconoció que el problema del transporte no es solamente el generado por el transporte motorizado; por esta razón creó una política de espacio urbano que contenía un ambicioso programa de recuperación y construcción de andenes. Adicionalmente, implementó el proyecto de las ciclorrutas permanentes con la construcción de 110 km (la ciclorruta es un corredor alternativo a la calzada vial). El proyecto ayudó a incrementar el uso de la bicicleta como medio de transporte: en 1997 el 0,5% de los viajes se realizaba por este medio, en 2000 el 4% y la meta es llegar al 15% de los viajes.

El plan de manejo y gestión ambiental de Bogotá 2001-2009 busca fortalecer y dar continuidad a estas estrategias en el programa de transporte sostenible cuyo objetivo es desarrollar las condiciones para operar un sistema de transporte sostenible que minimice los graves problemas ambientales y de calidad de vida generados por el actual sistema de transporte urbano. Como línea de acción se contempla aumentar la eficiencia ambiental de los vehículos mediante la sustitución de los desplazamientos realizados en automóvil privado por sistemas de transporte masivo, con aumento de la eficiencia energética y de tiempo por pasajero transportado.

La política abarca las siguientes líneas de acción: transporte masivo, energías limpias en el transporte urbano y consolidación de la ciudad peatonal, que se desarrollan a través de los siguientes subprogramas.

Subprograma de consolidación del Sistema Integrado de Transporte Masivo, SITM: El propósito central es incrementar la proporción de la movilidad urbana a través del SITM y la ecoeficiencia del mismo, según se ha previsto en el Plan de Ordenamiento Territorial. Tiene como núcleo a Transmilenio y a sus rutas alimentadoras y abarca otros subsistemas pre-

vistos como el tren de cercanías y el metro; debe, además, integrarse efectivamente con el sistema de ciclorrutas y alamedas, de modo que sea fácil el transbordo y se conforme una sola red de transporte sostenible.

Subprograma de energías limpias en el transporte urbano: orientado a diseñar y operar medios para disminuir el consumo energético por pasajero transportado y aumentar la eficiencia energética (tecnologías y tiempos), con disminución de las emisiones contaminantes en el transporte urbano. Incluye asegurar el mejoramiento de la calidad de la gasolina, del Acpm y del gas natural comprimido, que puede lograrse tanto con el mejoramiento del combustible como con la inclusión de mejoras tecnológicas dentro de los automotores (mejoramiento de procesos internos, aditamentos a los equipos, filtros, etc). Adicionalmente, busca incentivar el uso de combustibles alternativos, dentro de los cuales se encuentran el gas natural comprimido, el gas licuado de petróleo y metanol/etanol/aceites naturales, considerando la utilización de automotores duales y bicomcombustibles, y a largo plazo la utilización de combustibles cero emisiones como hidrógeno, electricidad, celdas de combustible y energía solar.

Subprograma de consolidación de la ciudad peatonal: La ciudad peatonal es el conjunto de estructuras y conductas que permiten el transporte masivo a pie y en bicicleta, mejorando física y socialmente la calidad del ambiente social urbano. Es un elemento central en la política de movilidad urbana y en el ordenamiento territorial previsto para el Distrito Capital. El subprograma tiene como propósito desarrollar los medios físicos y los instrumentos normativos y económicos para promover el transporte urbano peatonal y en bicicleta, como estrategia complementaria del sistema de transporte masivo y como medio para reducir los impactos derivados de la movilidad urbana

4.1.3 Cambio en el uso de la tierra y silvicultura

El cambio en el uso del suelo comprende múltiples acciones y ámbitos, pero esta sección se enfoca exclusivamente al sector forestal.

4.1.3.1 Sector forestal

Debido al importante papel de los sumideros es necesario destacar que en Colombia, desde la década de los años de 1960, se conformó el sistema de parques nacionales naturales que cuenta actualmente con 46 parques¹⁶, ocupan, aproximadamente el 8% de la extensión del territorio nacional emergido (9.1 millones de hectáreas)

En el ámbito nacional, los planes y políticas forestales de mayor relevancia se han generado desde la década de los años 1970. En este sentido, en 1974 se formuló el Plan Indicativo de Pulpa, Papel y Cartón, el primer Plan Nacional de Reforestación y la Política Forestal del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables, INDERENA. En 1984, esta entidad con el aval del Ministerio de Agricultura formuló una nueva Política Forestal; en 1989, el Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES, mediante el documento 2429 aprobó el Plan de Acción Forestal para Colombia, PAFC, que fue el primero en contar con recursos económicos para su desarrollo.

Durante los últimos años Colombia ha expedido tres políticas forestales: la Política de Bosques (MMA- DNP 1996), el Plan Estratégico para la Restauración y Establecimiento de Bosques en Colombia (Plan Verde, MMA 1998) y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (MMA, Ministerio de Agri-

cultura y Desarrollo Rural, Ministerio de Comercio Exterior, Ministerio de Desarrollo Económico y Departamento Nacional de Planeación). Adicionalmente, durante 1990 y 1993, el gobierno colombiano adelantó el diseño, evaluación, negociación y aprobación de dos programas Programa de Manejo de Recursos Naturales, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, BIRF, y Programa Ambiental, Banco Interamericano de Desarrollo, BID, los cuales se formalizaron a principios de 1994 y su ejecución apenas se concluye.

La Política de Bosques (1996) tiene como objetivo lograr el uso sostenible, con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población. Para alcanzar estos propósitos se formularon las siguientes estrategias: modernizar el sistema de administración de bosques; conservar, recuperar y usar los bosques naturales; fortalecer los instrumentos de apoyo y consolidar la posición internacional de Colombia en esta materia.

En el marco de ejecución de la política de bosques, con recursos del presupuesto nacional además del apoyo del Programa de Manejo de Recursos Naturales, se pueden destacar resultados concretos como la expedición del decreto 1791 de 1996 "Régimen de Aprovechamiento Forestal", ejecución de alrededor 15 estudios que abordan situaciones referentes a la problemática de deforestación y uso del recurso forestal; el decreto 900 de 1997 por el cual se adopta el Certificado de Incentivo Forestal de Conservación, la expedición de la resolución 293 para establecer términos de referencia para la elaboración del Plan de Manejo Ambiental de la Sustracción de Zonas de Reserva Forestal, desarrollo del Programa de Incendios Forestales, la ejecución, entre 1995 hasta 1998, de 39.000 hectáreas en proyectos de reforestación de microcuencas que abastecen acueductos municipales, el Plan Estratégico para la Recuperación y el Establecimiento de Bosques en Colombia, Plan Verde, y el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (Documento CONPES 3125 de 2001).

El Plan Verde se sustenta en la política nacional ambiental (CONPES 2750 de 1994), la Política Nacional de la Biodiversidad (1997), la Política de Bosques (CONPES 2834 de 1996) y en la política Estrategias para la Consolidación de un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas del País, 1998.

El plan surge por la necesidad de unificar criterios y priorizar acciones de reforestación, restauración ecológica y gestión ambiental que efectúan ministerios, corporaciones, municipios, institutos de investigación y organizaciones privadas en cumplimiento de la legislación vigente. Tiene como objetivo básico: "Generar las bases para involucrar la restauración ecológica, la reforestación con fines ambientales y comerciales y la agroforestería en el ordenamiento ambiental territorial"

Estrategias del Plan Verde: involucrar el uso forestal, la agroforestería, la conservación y restauración ecológicas en el ordenamiento ambiental del territorio, recuperar ecosistemas degradados y promover la reforestación protectora en áreas que generen servicios ambientales básicos a la población y de especial importancia para la economía nacional; incorporar y aplicar criterios ambientales que contribuyan a controlar la deforestación; propiciar usos agropecuarios sostenibles mediante la implantación de la agroforestería; propiciar acciones necesarias para hacer competitiva la reforestación comercial; crear un entorno favorable para los "mecanismos de desarrollo limpio"; fortalecer la investigación, impulsar procesos de formación y participación ciudadana e involucrar la silvicultura en los programas y planes nacionales de la paz.

Las metas cuantitativas del Plan Verde se muestran en la siguiente tabla y ascienden a más de un millón de hectáreas, restauradas o reforestadas.

Estrategías	Meta Plan Verde (ha)
I. Restauración	
1. Ecosistemas estratégicos	
a) Abastecimiento de servicios a la población y procesos productivos	56.000
b) Abastecimiento de agua potable	65.000
c) Generación hidroeléctrica(embalses)	40.000
2. Distritos de riego	2.000
3. Minería a cielo abierto	4.000
4. Erosión ligera y moderada	50.000
5. Suelos salinizados	5.000
6. Áreas deforestadas por procesos de colonización sin aptitud de uso agropecuario	18.000
7 Restauración de Manglares	5.000
Subtotal	245.000
II. Reforestación protectora	231.000
III. Sistemas agroforestales	195.000
IV. Reforestación comercial	332.000
Subtotal	758.000
TOTAL	1'003.000

Tabla 4.1
Meta Plan Verde

El diagnóstico del Plan Nacional de Desarrollo Forestal establece que la reforestación industrial muestra un comportamiento creciente en el período 1988-1997. De las 63.395 ha., reforestadas a nivel industrial, el 39,14% (24.817 ha) se establecieron en los primeros seis años y el 60,85% restantes (38.578 ha) en los siguientes cuatro años. Esta tendencia es fruto directo del esfuerzo de la industria privada para garantizar el suministro de materia prima a sus procesos industriales y del apoyo que el Estado ha brindado a la reforestación comercial con el Certificado de Incentivo Forestal CIF y la Cooperación Técnica Internacional, a través de la KFW y FEDECAFÉ.

El Certificado de Incentivo Forestal de Plantaciones ha creado un área reforestada a 30 de septiembre de 1998 de 18.797 ha, de las cuales 11.278, 60%, fueron plantadas con especies introducidas y 7.519 ha, 40%, con especies nativas.

En el período 1988-1997, se reforestaron 87.944 ha en el país con fines protectores; el 32,12% (28.248 ha) en los primeros seis años y el 67,87% (59.696 ha) se establecieron en los últimos cuatro años.

El Plan de Desarrollo Forestal que busca "establecer el marco estratégico que incorpore activamente el sector forestal al desarrollo nacional, optimizando la competitividad de los productos forestales maderables y no maderables en el mercado nacional e internacional, a partir del manejo sostenible de los bosques naturales y plantados", en el subprograma Manejo y Aprovechamiento del Bosque Natural señala el apoyo a la implementación de tecnologías que, entre otras cosas, pueden lograr beneficios como maximizar la retención de carbono.

En este sector, el Estudio Estratégico Nacional para el Aprovechamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio identificó un importante potencial de proyectos que se describen más adelante.

4.1.4 Sector agrícola

Desde hace cinco años la dimensión ambiental cobra una creciente importancia en el sector agrícola colombiano e incursiona en el mercado de productos agrícolas ecológicos. Con más de veinte empresas certificadas (y unas 20 más proceso), cuenta con un área certificada de alrededor de

33.000 mil ha y exportó cerca de US\$9 millones en el año 2000. Frente a los valores de 1999, esto representa un aumento del 65% del valor exportado y del 90% del área certificada.¹⁷

Los Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural y del Medio Ambiente suscribieron una agenda conjunta de trabajo que reporta entre sus resultados para el semestre diciembre 1999 - junio 2000 la contratación de la elaboración de 15 guías ambientales para los subsectores: avícola, porcícola, camaronería, plantas de sacrificio de ganado, floricultor, palma de aceite, cafetero, panelero, papa, horticultura, algodón, bananero, caña de azúcar; fique, arroceros y la elaboración de los convenios regionales de producción más limpia para los subsectores molinería de arroz (Orinoquia) y avícola (Risaralda y Caldas).

Entre los proyectos realizados en los últimos años es importante destacar el Estudio de caso sobre el manejo convencional y agroecológico del cultivo de la caña de azúcar en el valle del Cauca¹⁸ por el impacto de las quemadas en la emisión de GEI. El estudio compara el manejo convencional del cultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca con la alternativa agroecológica implementada en la reserva natural El Hatico desde 1990 para la producción de azúcar, lo que involucra algunas variables ambientales.

Es importante destacar que la agroindustria azucarera realizó un convenio de concertación con el Ministerio del Medio Ambiente para establecer una producción limpia donde se pactó el desmonte gradual de las quemadas hasta el año 2005, cuando toda el área sembrada en caña se cosechará en verde (Ministerio del Medio Ambiente, CVC, CARDER, CRC y ASOCAÑA, 1996).

El estudio reporta los siguientes resultados respecto a las emisiones de GEI: la cantidad de carbono orgánico del suelo en cultivo de caña manejada agroecológicamente en la reserva natural El Hatico es de 1,31% mientras que en el manejo convencional es 1,03%. (Arias, J., 1994). Esta diferencia de 0,28% de carbono, corresponde a la fijación de 5,6 ton/ha que se capturan en el suelo. Así mismo, al eliminar las prácticas de quema y requema se mitiga la liberación de 618 kg de carbono por ha/año que es la cantidad que se libera a la atmósfera.

4.1.5 Procesos industriales

4.1.5.1 Producción más limpia

El Ministerio del Medio Ambiente desarrolló la Política Nacional de Producción más Limpia en 1997 que contempla los sectores hidrocarburos, minería, eléctrico, agropecuario, manufactura, transporte y sector doméstico. A partir de la política nació un convenio marco de concertación de producción más limpia entre diferentes entidades¹⁹ y el Ministerio del Medio Ambiente. También se han suscrito convenios sectoriales, regionales y sectoriales regionales.

La Política Nacional de Producción más Limpia está encaminada a prevenir y minimizar eficientemente los impactos y los riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, lo que garantiza la protección ambiental, el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como desafío de largo plazo. Sus principales objetivos son optimizar el uso de los recursos naturales y las materias primas, aumentar la eficiencia energética y utilizar energéticos más limpios, prevenir y minimizar la ge-

neración de cargas contaminantes, prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas, adoptar tecnologías más limpias y prácticas de mejoramiento continuo de la gestión ambiental y minimizar y aprovechar los residuos.

En el ámbito de la producción más limpia en Colombia es necesario destacar dos instituciones de promoción, difusión y desarrollo de tecnologías más limpias y ecoeficiencia:

- El Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible formado por 32 empresas y tres gremios pertenecientes a las áreas más importantes de la economía colombiana: minería, petróleo, agroindustria, manufactura, construcción, comercio, banca y seguros que representan más de 5% del Producto Interno Bruto Nacional, genera más de 410.000 empleos directos e indirectos, y exportan más de US\$ 1.600 millones al año. Estas compañías decidieron unir esfuerzos para mejorar sus procesos de producción y consumo, el cambio hacia el desarrollo sostenible a través de su ejemplo. El CECODES intenta encabezar el proceso de reforma del sector empresarial hacia la ecoeficiencia, y ser punto focal sobre el tema del desarrollo sostenible desde la perspectiva empresarial. Fue creado en 1993 como el capítulo colombiano del World Business Council for Sustainable Development- WBCSD.

CECODES ha desarrollado numerosos proyectos de ecoeficiencia en diferentes compañías, entre estos se encuentran:

- Aprovechamiento energético del residuo del empaque tetra brik aséptico en hornos de cocción de ladrillo, con reemplazo parcial carbón por intermedio de la incineración del empaque. Aumenta la eficiencia del proceso de combustión del 67% al 95% y logra una reducción en las emisiones de SO₂ en un 90%, CO en un 11%, NO_x en un 46% y partículas en un 16%.

- Cementos Boyacá: El proyecto consistió en reconvertir uno de los hornos de proceso húmedo a otro seco e instalar los equipos complementarios. Como resultado, la capacidad instalada se aumentó en un 70%, redujo el consumo específico de energía térmica un 45% y la emisión de partículas (de 200 - 400 mg/ m³ N se pasó a menos de 25 mg/ m³ N), óxidos de azufre (se obtuvo 7,1 mg/ m³ N) y óxidos de nitrógeno (se obtuvo 764 mg/ m³ N) a la atmósfera a índices que cumplen con la normativa internacional. No hay emisión visible en las chimeneas.

- El Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales está orientado a la difusión de los conceptos de ecoeficiencia, producción más limpia, tecnologías ambientales, sistemas de gestión ambiental, valoración de residuos y demás temas relacionados que le permitan al sector empresarial (privado y público) desarrollar, fortalecer e incrementar su gestión ambiental y mejorar su desempeño económico. Fue constituido en marzo de 1998 por iniciativa de un grupo de instituciones y empresas, nacionales e internacionales, empeñadas en incentivar la implementación de políticas y acciones ambientales en el sector industrial colombiano.

- Red Interinstitucional de Producción más Limpia: El proyecto busca consolidar una red especializada de centros de investigación y desarrollo tecnológico de tecnologías más limpias, mediante el fortalecimiento de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación, con participación de las universidades, grupos de investigación y centros tecnológicos, en el marco de los lineamientos de política del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

4.1.6 Sector residuos

En 1997, el Ministerio del Medio Ambiente formuló la Política para la Gestión Integral de Residuos, que se refiere tanto a los residuos sólidos no peligrosos como a los residuos sólidos peligrosos, con inclusión de los semisólidos (cuando estos no son vertidos a las fuentes de agua), pues los demás se analizan bajo el ámbito de la política y gestión de los recursos agua (en el caso de vertimientos líquidos) o aire (en el caso de emisiones de sustancias peligrosas).

El objetivo fundamental de la política de residuos es impedir o minimizar, de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial disminuir la cantidad y la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, con lo que se constituye a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

Tres son los objetivos específicos: disminuir la cantidad de residuos que se generan, aumentar el aprovechamiento racional de residuos generados y mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los mismos. Para residuos peligrosos el objetivo específico es conocer y dimensionar la problemática de estos en el país y establecer los sistemas de gestión de los mismos, con la separación en la fuente.²⁰

El IDEAM diseñó y realizó una prueba piloto del Sistema de Información Ambiental Unificado en Residuos que consolida la información nacional sobre transporte, recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición de residuos sólidos y líquidos para grandes ciudades y pequeños municipios.

Con el apoyo del Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales se creó la Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales BORSI como mecanismo para fomentar el intercambio de residuos y subproductos industriales, mediante transacciones de compraventa entre demandantes y ofertantes y a través de la recuperación, el reciclaje y la reintroducción de dichos materiales a las cadenas productivas que operan con base en la publicación de anuncios de ofertas y demandas de residuos y subproductos industriales.²¹

Existen, además, cuatro proyectos para la mitigación de emisiones de metano generadas en los rellenos sanitarios de Doña Juana (Bogotá), El Carrasco (Bucaramanga), La Glorita (Pereira), Parque de los Suelos (Armenia) y Los Angeles (Neiva) mediante el aprovechamiento de los gases de combustión para la generación de energía.

4.1.7 Medidas para Implementar el CMCC - El Mecanismo de Desarrollo Limpio

Con el objetivo de preparar una estrategia nacional para participar en el MDL, el gobierno colombiano realizó el Estudio Estratégico Nacional de Cambio Climático (NSS- Colombia)²² con el apoyo del gobierno de Suiza y del Banco Mundial. Este estudio evaluó el potencial nacional frente al nuevo mercado en términos de los beneficios potenciales y su competitividad; identificó las restricciones que puedan limitar el desarrollo de dicho potencial; y desarrolló líneas estratégicas para superar las restricciones y maximizar los beneficios potenciales del MDL identificados. Adicionalmente, se estructuró y formuló un portafolio inicial de proyectos.

Es importante precisar que el estudio se realizó durante 1999, cuando aún no se habían realizado las Conferencias de las Partes 6 y 7 que exclu-

veron los proyectos de conservación y se limitaron los de reforestación y aforestación en el MDL. Por esta razón, tanto el potencial estimado como el portafolio de proyectos incluyen actividades de conservación, reforestación y aforestación.

Además de la incertidumbre sobre el diseño y la operación del MDL en el ámbito internacional, el estudio identificó una serie de barreras nacionales que restringen el logro del potencial del país en MDL:

1. Carencia de información sobre evolución de precios de Certificados de Reducción de Emisiones y oportunidades de mercado.

2. Restricciones institucionales: barreras y costos de transacción de la eficiencia y transparencia de las instituciones que se implementen en el país serán determinantes para el éxito del programa y la maximización de los beneficios.

3. Capacidad técnica para el desarrollo de proyectos bajo el marco regulatorio MDL: El diseño, la financiación, ejecución, operación, medición y certificación de proyectos de acuerdo con el marco regulatorio del MDL podrán ser procesos muy complejos. Si no conocen los métodos y procesos requeridos, los formuladores colombianos podrían cometer errores costosos que podrían limitar la viabilidad de sus proyectos.

4. Fuentes de financiación: Tanto la formulación de estudios de factibilidad como la ejecución de proyectos completos van a necesitar fuentes de financiación accesibles por parte de los sectores y empresas nacionales interesados. La falta de financiación con costos racionales puede constituirse en cuello de botella significativo para el desarrollo y ejecución de gran parte de los proyectos colombianos.

5. Riesgo: Colombia es considerada como país de alto riesgo en el ámbito internacional: riesgo país, de seguridad, de proyecto, de instituciones que generan una desventaja frente a naciones que ofrece de menor riesgo.

6. Tamaño de proyectos: Los altos costos de transacción asociados a proyectos MDL generalmente requieren de grandes proyectos. Aunque Colombia puede ofrecer proyectos de gran tamaño en los sectores industrial, agrícola y forestal, un gran potencial de reducción de emisiones radica en la pequeña y mediana empresa y en el sector transporte.

Para superar dichas barreras el gobierno colombiano diseñó un Plan de Acción para la Implementación del MDL, basado en las estrategias desarrolladas en el estudio, que incluye los siguientes componentes: 1). Fortalecimiento y consolidación de la capacidad institucional nacional para el desarrollo de proyectos MDL; 2). Creación de la capacidad regional, local y sectorial para el diseño, identificación y desarrollo de proyectos MDL; 3). Apoyo al portafolio de proyectos MDL en los procesos de financiación, mercadeo y negociación. El Plan de Acción está en etapa de ejecución y de fuentes de búsqueda de financiación.

4.1.8 Proyectos

El portafolio inicial de proyectos MDL formulado para el Estudio Estratégico Nacional comprende 11 proyectos:

1. Conservación de bosques naturales amenazados en los parques Tinigua y La Macarena: protección de 48.650 ha, reconversión de 3.350 ha de

sistemas agropecuarios a sistemas forestales (150 ha), agroforestales (700 ha) y silvopastoriles. (2.500 ha). En términos de emisiones de CO₂ los resultados que se esperan obtener son: fijar 558.057 toneladas de CO₂ en 3.350 ha de suelos y plantaciones forestales de propósito múltiple y 2.980 en suelos dedicados a la regeneración natural de la vegetación durante 30 años; reducir 14.592.382 toneladas de CO₂ en 45.670 ha de bosques naturales y la disminución del consumo de leña mediante fogones eficientes reemplazan 138.987 toneladas de emisiones de CO₂ en 30 años con la sustitución de plantas de gasolina, por paneles solares.

2. Conservación y restauración de bosques en el Medio Atrato, Pacífico colombiano: programas de conservación, manejo sostenible del bosque, dendroenergía y reforestación en 93.500 ha para establecer un manejo apropiado de 60.000 ha de bosque comunitario destinados a reservas de la sociedad civil, establecer un aprovechamiento sostenible de maderas tropicales certificadas en 20.000 ha de bosques naturales, generar 10 MW a partir de combustible biodiesel producido en 3.500 ha reforestadas, establecer en 10.000 ha de suelos degradados, sistemas forestales y agroforestales.

El proyecto pretende prevenir la emisión de 12.936.887 toneladas de carbono en 60.000 ha conservadas, 20.000 ha de bosques naturales manejados mediante la sustitución de 8.000 fogones rudimentarios por estufas de leña de alta eficiencia; fijar 3.661.690 toneladas de carbono en 13.500 ha de plantaciones forestales y sustituir la emisión de 193.963 toneladas de dióxido de carbono provenientes de la quema de combustibles fósiles.

3. Manejo de bosques, sistemas forestales, agroforestales y dendroenergéticos para la optimización económica, social y ambiental del uso de la tierra en el municipio de calamar, amazonia colombiana: contempla la transformación de los sistemas productivos agropecuarios actuales hacia sistemas silvopastoriles, agroforestales, forestales y de manejo de bosques naturales. También contempla la utilización de combustibles provenientes de biomasa forestal plantada en áreas degradadas por ganadería para la generación de energía eléctrica. En términos de balance de emisiones de CO₂ los resultados esperados incluyen: fijar 3.915.944 toneladas de CO₂ en 15.350 ha de plantaciones forestales durante 25 años, sustituir otras 216.206 provenientes de la quema de combustibles fósiles y reducir 30.880.340 toneladas de CO₂, producto de la conservación de 100.000 ha de bosques naturales.

4. Conservación, restauración y manejo del corredor biológico del parque nacional natural Puracé, cueva los Guácharos, al sur del departamento del Huila: Transformación de los sistemas productivos agropecuarios actuales hacia sistemas silvopastoriles, agroforestales, forestales y de manejo de bosques. El área del proyecto está enmarcada dentro del gran Macizo Colombiano, el cual fue declarado reserva de la biosfera de la red mundial en enero de 1980. El área del proyecto será un corredor de paso de flora y fauna a través de varias zonas de vida, que en este momento sufre un proceso de deforestación a una tasa de 3,77%. En términos de emisiones de CO₂ los resultados esperados del proyecto son: fijación de 6'553.732 toneladas de CO₂ en 25.916 ha de plantaciones forestales y sistemas agroforestales y silvopastoriles durante 30 años; reducción de 17'977.104 toneladas de CO₂, provenientes del manejo de 6.661 ha y la conservación de 51.829 ha de bosques naturales.

5. Contribución a la mitigación del cambio climático y al desarrollo forestal de la región del páramo de Guerrero por parte de la CAR: El objetivo principal es conservar y dar viabilidad al manejo y desarrollo

sostenible de la estrella fluvial del páramo. La ejecución del proyecto está planeada para un período de 25 años con lo cual se pretende conservar 5.050 ha, altamente amenazadas por actividades agropecuarias y mineras; revegetalizar 6.000 ha de suelos degradados por actividades agropecuarias insostenibles y reconvertir 2.000 ha de sistemas productivos agropecuarios hacia sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles.

Entre los resultados que se espera obtener están: garantizar el almacenamiento de 587.661 toneladas de carbono atmosférico en 5.050 ha de páramo, fijar 728.464 toneladas de carbono atmosférico en 6.000 ha de suelos recuperados por la regeneración natural de la vegetación reconvertir 2.000 ha en sistemas forestales y agroforestales.

6. Establecimiento, restauración y conservación de bosques húmedos tropicales y andinos con fines de captura de GEI en el área de jurisdicción de la CDMB: proyecto de 25 años que pretende conservar 20.000 ha de bosques naturales altamente intervenidos, regeneración natural de la vegetación en 2.000 ha, de tierras degradadas, establecer y manejar 10.000 hectáreas de bosques protectores - productores, 2.000 ha de sistemas agroforestales y 3.000 ha de sistemas silvopastoriles en tierras degradadas por la agricultura itinerante y la ganadería extensiva. Los resultados esperados son fijación de 3'001.727 toneladas de CO₂ en 15.000 ha de plantaciones forestales y sistemas agroforestales y silvopastoriles y en 2.000 ha dedicadas a la regeneración natural de la vegetación, durante 25 años, y la reducción de 4'406.403 toneladas de CO₂ provenientes de la conservación y manejo de 20.000 ha de bosques naturales.

7. Conversión de tierras sometidas a ganadería extensiva y agricultura itinerante a sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles de producción rural y de generación de energía en el municipio de Puerto Carreño, Orinoquia colombiana: reconversión de 18.000 ha, bajo sistemas agropecuarios extensivos y de agricultura itinerante hacia sistemas forestales, agroforestales y silvopastoriles en un periodo de 25 años, conservación, preservación y utilización sostenible de 25.000 ha de bosques naturales remanentes de galería y eliminación de la práctica de quemas anuales de pastizales en 18.000 ha de tierras, sometidas a ganadería extensiva. Contempla la utilización de combustibles provenientes de biomasa forestal plantada en áreas degradadas por sobrepastoreo y quemas frecuentes, para la generación de energía eléctrica (3,0 MW).

En términos de balance de emisiones de CO₂ los resultados esperados involucran: fijación de 1'062.600 toneladas de CO₂ en 18.000 ha de plantaciones forestales; sustitución de 190.767 toneladas de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles reducción de 3'780.500 toneladas de CO₂ resultado de la conservación de 25.000 ha de bosques naturales.

8. Recuperación y manejo integrado de ecosistemas para conservación de la biodiversidad e implementación del MDL en Urabá: busca ordenar, recuperar y manejar de manera sostenible tierras forestales de interés estratégico en la región central del Urabá antioqueño. Periodo de 30 años. Sobre un área total 150.000 ha contempla la conservación y manejo de 8.000 ha de bosques relictuales de cativo; 5.000 ha de bosques de mangle, 45.000 ha de bosques y vegetación de humedal, y 52.000 ha de bosques húmedos en la serranía de Abibe, para un total de 110.000 ha de bosques húmedos tropicales amenazados; el establecimiento de 10.000 ha de plantaciones forestales con fines de protección-producción y 15.000 ha de sistemas agroforestales y silvopastoriles; regeneración natural de la vegetación en 15.000 ha de suelos forestales degradados; y con el fin de disminuir

la presión sobre los bosques naturales por el consumo de leña, sustitución de 1.500 fogones de baja capacidad por estufas eficientes.

Los resultados esperados del proyecto son, fijación de 7'451.483 toneladas de CO₂ en 25.000 ha de plantaciones forestales y sistemas agroforestales y silvopastoriles; reducción de 21.668.774 toneladas de CO₂, provenientes del manejo de 15.000 ha y conservación de 110.000 ha de bosques naturales.

9. Conservación y ampliación de la cobertura forestal para la regulación hídrica y el manejo de las emisiones de GEI como opción de desarrollo sostenible en el departamento del Quindío: En términos de emisiones de CO₂ los resultados que se esperan conseguir incluyen: fijación de 1'916.516 toneladas de CO₂ en 4.000 ha de plantaciones forestales y sistemas agroforestales y silvopastoriles y en 1.000 ha dedicadas a la regeneración natural de la vegetación durante 30 años, y reducción de 7'229.171 toneladas de CO₂, provenientes de la conservación de 15.000 ha de bosques naturales.

10. Desarrollo económico y social de comunidades campesinas en la planicie de Caribe con base en el manejo sostenible de bosques naturales y de plantaciones forestales: plantea establecer y consolidar en la población campesina un sistema de prácticas de manejo y de producción sostenible de productos no maderables en 6.311 ha de bosques naturales de carácter cooperativo, el manejo y la utilización sostenible de 11.184 ha de plantaciones forestales cuales a partir de 1990, establecer y manejar sosteniblemente 5.000 ha de plantaciones forestales productoras-protectoras de especies maderables en tierras de pequeños y de medianos propietarios y restablecer la vegetación natural en 1.475 ha degradadas a causa del sobrepastoreo o por prácticas inadecuadas que emplean los campesinos de la región.

Los resultados esperados del proyecto son fijación de 3'069.064 toneladas de CO₂ en 17.659 ha de plantaciones forestales, sistemas agroforestales, silvopastoriles y en tierras dedicadas a la regeneración natural de la vegetación durante 25 años y reducción de 749.539 toneladas de CO₂, producto de la conservación de 6.311 ha de bosques naturales.

11. Aprovechamiento eólico de la Alta Guajira: factibilidad, diseño, construcción y operación de un parque eólico de entre 20 y 25 MW (en primera fase) en inmediaciones de Puerto Bolívar, en el departamento de La Guajira, que estaría conectado al Sistema de Transmisión Nacional con el fin de atender una porción de la demanda de energía del país y contribuir a la reducción de emisiones de GEI mediante el desplazamiento de la instalación y la generación de energía con plantas térmicas a base de combustibles fósiles.

De acuerdo con las investigaciones y el análisis sobre reducción de emisiones de GEI adelantados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que elaboró el escenario base (Línea Base) a partir del Plan de Expansión de Generación-Transmisión de la UPME, se espera una reducción de emisiones de 0,7 kg de CO₂ por cada kW-h generado por el proyecto, lo cual significa que el parque eólico proyectado contribuiría a la reducción de, aproximadamente, 56.000 toneladas de CO₂ al año.

Dado que el portafolio inicial de proyectos elaborado en el Estudio Estratégico Nacional estaba enfocado, fundamentalmente, al sector forestal y que las decisiones de la COP limitaron la participación de este tipo de actividades en el MDL, durante el último año se ha desarrollado el estudio Diseño de Guías para la Formulación de Proyectos para la Reducción de

GEI que incluyó el desarrollo de un portafolio de proyectos demostrativos que cuenta con ocho proyectos formulados con un potencial de reducción de 427.832 Ton., de CO₂ equivalente al año²³.

1. Mejoramiento de la eficiencia energética en la producción de panela: sustitución de 2.500 hornillas tradicionales por dos alternativas más eficientes con reducción estimada de 276.706 Ton CO₂ equivalente/año.

2. Sistema de cogeneración en la industria textil: planta de cogeneración de 5MW que emplea gas natural con reducción estimada de 9.398 Ton CO₂ equivalente/año.

3. Producción de agua potable con energía eólica en el archipiélago de San Andrés: una unidad desalinizadora y tres generadores eólicos de 750 KW cada uno, con reducción estimada de 4.963 ton CO₂ equivalente/año.

4. Mejoramiento de la eficiencia energética en la producción de coque: sustitución de hornos de carbón por 10 baterías de 30 más eficientes, y equipamiento adicional para aprovechar el calor, con reducción estimada de 64.883 T, CO₂ equivalente/año.

5. Generación de electricidad a partir de biogás en Tumaco: Utilización del biogás derivado de las lagunas anaeróbicas de tratamiento de una empresa palmera, para genera electricidad, con reducción estimada de 5.365 Ton CO₂ equivalente/año.

6. Generación de electricidad a partir de biogás en el relleno sanitario de Pírgua (Tunja): generación de 1.5Gwh, con reducción estimada de 11.251 T CO₂ equivalente/año.

7. Iluminación doméstica eficiente en Villavicencio: Sustitución de bombillas convencionales por lámparas fluorescentes compactas (60.000 LFC), con una reducción estimada de 927 T CO₂ equivalente/año.

8. Mejoramiento de la eficiencia energética en la producción de ladrillo: Sustitución de 500 hornos tradicionales por otros tipo llama invertida y stokers con reducción estimada de 54.339 365 T CO₂ equivalente/año.

Además, existen en el país otros dos proyectos de reducción de emisiones en el marco de las actividades implementadas conjuntamente. La USJI aceptó un proyecto de expansión con tecnología de ciclo combinado de una termoeléctrica de gas natural en la planta La Sierra que adiciona 181.35MW a la capacidad existente (300MW) y aumenta la eficiencia energética de 38% a 55%.

El año pasado la embajada de Francia en Colombia presentó en el marco de AIJ un proyecto para generar energía en el relleno sanitario de Doña Juana en Bogotá que adiciona un generador de electricidad de biogás con un potencial de reducción de emisiones de 12.217.577 365 T CO₂ equivalente en los 20 años del proyecto.

Ante el Fondo Prototipo de Carbón se tramitan el Proyecto de Generación de Energía Eólica en la Alta Guajira descrito anteriormente y que ya agotó su etapa de factibilidad, un proyecto de generación mediante una pequeña central hidroeléctrica alimentada por energía cinética, ubicada en el río Amoyá; se espera que genere 515 GWh-año. El proyecto tiene un horizonte de 50 años y una reducción esperada de 18.025.000 365 T CO₂ equivalente.

Dentro de los proyectos sobre cambio climático del GEF es importante destacar tres de reducción y captura de GEI.

- Cogeneración industrial en el sector azucarero colombiano con la introducción y presentación del enfoque Energy Services Companies, ESCO. El objetivo general es el de promover la cogeneración en el sector azucarero colombiano. La estrategia propuesta es identificar, evaluar, priorizar y diseñar actividades para eliminar las principales barreras de la cogeneración. Adicionalmente, identificar los requisitos e iniciar un proceso para introducir el enfoque ESCO que apoye la capacidad de operación del potencial cogenerador.

- Estudio de factibilidad para la reconversión de vehículos gas licuado de petróleo, GLP, en Bogotá que consistió en una evaluación comparativa del desempeño ambiental de una muestra de vehículos con gasolina motor y GLP, la exploración de efectos de contaminación vehicular sobre la salud humana, el cambio climático, entre otros factores que se finalizó en 1998.

- Gasificación del bagazo de caña y generación de energía: Factibilidad de la utilización de los residuos de biomasa del cultivo de caña de azúcar. Se evaluaron varias alternativas y se recomienda utilizarla en generación de energía. Finalizado en 1999.

Notas

1. Adicionalmente, para las actividades de reforestación la Ley 139 de 1994 establece el Certificado de Incentivo Forestal que reconoce parte de los costos de las actividades de reforestación protectora y protectora - productora.
2. El Decreto 900 de 1997 reglamenta el CIF en cuanto a las actividades de conservación de bosques.
3. Documento CONPES 2.801 de 1995. Estrategias y Acciones para fomentar el Uso Eficiente y Racional de Energía.
4. En marzo de 1998 el gobierno de Colombia y el BID firmaron un préstamo de asistencia técnica por US\$10 millones (y US\$2 millones de contrapartida) con el objetivo de apoyar la implantación del programa de Uso Eficiente y Racional de Energía.
5. Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 1998 - 2010. UPME, Revisión de 1999.
6. Decreto 2.740 de 1997 en su artículo 1º., numeral 1 y 2.
7. El ICONTEC y la UPME firmaron un convenio general de cooperación mutua que busca establecer el marco de referencia para el desarrollo de proyectos conjuntos relacionados con actividades de normalización de equipos de uso final de energía y difusión de información sobre eficiencia energética de productos y sistemas. Así mismo, la Resolución CREG 097 de 2000 establece las pautas para el diseño, normalización y uso eficiente de equipos y aparatos eléctricos.
8. UPME, Plan de expansión 1998-2015. Bogotá. 2000.
9. ARANGO, Francisco. Elaboración de criterios para incorporar las energías renovables al Programa de Mercados Verdes. Bogotá. Universidad de los Andes, 2001.
10. Diagnóstico para una Política de Mercados Verdes, Ministerio del Medio Ambiente, 2001.
11. ISAGEN, Selección y Recomendación de Sitios para la Instalación de Turbogases y Ciclos Combinados - Metodología y Resultados, 1996.
12. ISAGEN, ECOCARBON y UPME, "Inventario de Proyectos Carboeléctricos, Optimización Ambiental, Técnica y Económica", 1998.
13. Diagnóstico para una Política de Mercados Verdes, Ministerio del Medio Ambiente, 2001
14. Transmilenio: un Sistema de Vida, Bogotá, diciembre de 2000.
15. Ibid.
16. Estas áreas se han clasificado en cinco categorías de acuerdo con sus características ambientales de la siguiente manera: Parque Nacional Natural, Reserva Nacional Natural, Santuario de Flora, Santuario de Fauna, Vía Parque. CÓDIGO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES, 1974.
17. Diagnóstico para una política de mercados Verdes. Ministerio del Medio Ambiente, 2001.
18. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria , CIPAV.
19. Ministerio de Minas y Energía, Ecopetrol, Mineralco, Ecocarbón, ISA, Isagen, Corelca, Empresas Públicas de Medellín, Empresas Públicas de Cali, EEB, EPSA, CHEC, ICEL, CHB, EBSA, Electrificadora de Santander, Electrificadora de Norte de Santander; ACIL, Acolfa, Acoplásticos, Acopi, ACP, Analdex, ANDI, Asocaña, Andigraf, Asocolflores, Asoconfecciones, Asoconcreto, Asocueros, Asogravas, Asomineros, Asotextil, Camacol, Cornical, Fedecarbón, Fedegán, Fedemetal, Fedecafé, Fenalco, ICPC y SAC.
20. Ministerio del Medio Ambiente, Política para la Gestión de Residuos, 1997.
21. www.borsi.org
22. Estudio Estratégico Nacional para el Aprovechamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio, MMA, abril de 2000.
23. Diseño de Guías para la Formulación de Proyectos para la Reducción de GEI, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Ministerio del Medio Ambiente, 2001.

5 Vulnerabilidad y adaptación

5.1 Introducción

El cambio climático y sus fenómenos asociados tendrán un impacto sobre los ecosistemas y en el medio ambiente socioeconómicos de Colombia. Este cambio global ocasionará múltiples alteraciones sobre el medio biofísico de zonas costeras, masas glaciares, suelos, coberturas vegetales y el recurso hídrico, lo que incrementará la probabilidad de ocurrencia de otras amenazas como las inundaciones, deshielo de masas glaciares, sequías, desertificación y degradación de los suelos, incendios y deterioros en los ecosistemas forestales, entre otros. Dada la variedad de amenazas que se podrían intensificar y conjugar, los impactos sobre los ecosistemas naturales, infraestructuras civiles, bienes y actividades socioeconómicas y otros, podrían ser considerables. Por lo anterior, resulta de la mayor importancia identificar los elementos y sistemas nacionales que estarán expuestos al fenómeno, evaluar los posibles impactos y el grado de vulnerabilidad de los sistemas naturales y socioeconómicos del país ante el cambio climático y los fenómenos conexos.

En este capítulo se presentan los resultados del análisis de vulnerabilidad de los sistemas naturales en los diferentes sectores y regiones de Colombia ante el cambio climático. En la mayoría de los elementos y sistemas analizados se identifica el grado de vulnerabilidad y, en algunos casos, se proponen acciones para la adaptación.

5.1.1 Aspectos conceptuales

El análisis de vulnerabilidad que se presenta en este capítulo se desarrolló en un marco conceptual y metodológico que se ajusta a las orientaciones dadas por el Panel Intergubernamental de Expertos (IPCC). Se tomó en consideración el esquema conceptual en el que un fenómeno natural que se constituye en amenaza puede impactar un elemento o sistema. El grado

de preparación de este elemento o sistema para asimilar o amortiguar el impacto está dado por la vulnerabilidad, la cual se compone de características propias del elemento o sistema expuesto.

Como orientación para el entendimiento de la información presentada en esta sección, a continuación se presentan las definiciones de los términos más usados, a saber:

Sensibilidad. Se asocia a seres vivos y determina los efectos que presenta un ser vivo por cambios en las condiciones externas como el frío, el calor, el déficit de oxígeno y otros, sin cambios permanentes en su estructura orgánica.

Susceptibilidad. Se aplica a cualquier elemento del medio biofísico y corporal y es el grado de propensión al cambio de un elemento, componente o terreno a desarrollar un proceso. La susceptibilidad es medida a partir de la evaluación de las características o propiedades intrínsecas del elemento.

Amenaza. La amenaza se relaciona con un evento externo detonante (lluvia, temperatura, sismo, etc.) y es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en el que desencadene y produzca desastres de magnitud específica en lugar y período determinados.

Elemento expuesto. El elemento expuesto puede ser una población, un organismo, un bien o servicio, una función natural o antrópica sometida a un fenómeno amenazante.

Vulnerabilidad. Determinada en función de la resistencia del elemento expuesto, el cual es un factor interno de una comunidad o elemento expuesto a una amenaza como resultado de sus condiciones intrínsecas para ser afectada, dada por la magnitud y duración del fenómeno amenazante.

Riesgo. El riesgo cuantifica o determina la medida del daño o de la pérdida esperada a causa de la ocurrencia de un fenómeno amenazante sobre un elemento potencialmente expuesto. Ejemplo, número de muertos esperados o de heridos, pérdidas económicas y físicas.

5.1.2 Marco metodológico

En el estudio, cuyos resultados se reportan aquí, se identificaron y analizaron los principales fenómenos asociados al cambio climático global que, en general, afectarían elementos naturales, ecosistemas y el sistema socioeconómico nacional. Afectarían a Colombia el incremento del nivel del mar, las modificaciones de la temperatura media del aire y de la precipitación.

En el incremento del nivel del mar, se analizaron las tendencias nacionales y regionales de esta variable y se estableció que hacia el 2050-2060 podría presentarse un aumento alrededor de 40 o 60 centímetros en las costas Caribe y Pacífico colombianos, respectivamente, en relación con el promedio 1961-1990. La magnitud del cambio establecido permitió aplicar la guía del IPCC que recomienda utilizar un metro de ascenso para la evaluación de la vulnerabilidad de diferentes elementos y sistemas de la zona costera.

En lo relacionado con la temperatura del aire y la precipitación se hizo un análisis de tendencias, de los resultados de modelos globales, de estimaciones regionales y se aplicó la técnica del *downscaling* estadístico a modelos globales, a partir de la cual se determinaron los posibles cambios de

temperatura y de precipitación en diferentes regiones del territorio colombiano. Se estima que hacia el 2050-2060 podría darse un aumento de la temperatura anual del aire entre 1 y 2°C. La precipitación tendría cambios variados para diferentes regiones (aumento para algunas, disminución para otras) que estarían diferenciadamente entre $\pm 15\%$ del valor anual del período 1961-1990.

Una vez identificados y estudiados estos fenómenos, se pasó a analizar la amenaza directa y las asociadas a ellos, se determinó la susceptibilidad y la vulnerabilidad de elementos y sistemas expuestos que tiene importancia en el sistema socioeconómico nacional. Los elementos y sistemas seleccionados fueron la zona costera, los recursos hídricos, los glaciares, las coberturas vegetales y los ecosistemas, los suelos y las tierras en desertificación, la agricultura y la salud humana.

Se analizó la vulnerabilidad de las costas por causa del incremento del nivel del mar y de las masas glaciares ante el deshielo ocasionado por el aumento de la temperatura del aire. También, se consideró la amenaza de aumento de la temperatura del aire y los cambios en la precipitación y se estudió la vulnerabilidad que ante ésta presentan los suelos y tierras, los recursos hídricos, las coberturas vegetales y los ecosistemas, los cultivos y la población humana frente al incremento de las vectores de malaria y dengue.

Los estudios y resultados aquí presentados tienen diferentes alcances hacia la vulnerabilidad y adaptabilidad. Así, por ejemplo, para la zona costera, a partir de un análisis completo, se definieron los grados de vulnerabilidad para diferentes sectores y ecosistemas y se plantearon algunas opciones para su adaptación. En el caso de la salud, un análisis completo de los posibles cambios en el aumento de las áreas con malaria y dengue, permitió a los expertos plantear los diferentes grados de vulnerabilidad de las regiones ante esta amenaza y orientar sobre posibles medidas de adaptación. Para los ecosistemas, a partir del análisis de los cambios que podrían ocurrir en las coberturas vegetales de Colombia, se analizaron los posibles impactos sobre los ecosistemas y se estableció el grado de vulnerabilidad de algunos de ellos, particularmente los páramos, y se propusieron medidas de adaptación. A través del análisis de los cambios en los glaciares se identificaron las poblaciones colombianas susceptibles a este cambio. En cuanto al recurso hídrico, se estimaron los posibles cambios en la escorrentía y la vulnerabilidad del régimen hidrológico por efectos del cambio climático. Para la agricultura, se identificaron las áreas que podrían ser afectadas.

5.2 Vulnerabilidad y adaptabilidad de la zona costera

Colombia es un país ampliamente reconocido como agrícola, en donde la mayor parte de las actividades están concentradas sobre su área montañosa. Sin embargo, debido a las actividades industriales, comerciales y turísticas, principalmente, se han desarrollado importantes centros urbanos e infraestructuras industrial y comercial en la zona litoral. El país posee 3.340 km de línea de costa que comprenden dos litorales, Caribe y el Pacífico, y un territorio insular conformado por el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el mar Caribe y las Islas de Gorgona, Gorgonilla y Malpelo en el océano Pacífico.

La línea de costa del Caribe está caracterizada por la presencia de extensas playas arenosas, limitadas por puntas rocosas y montañosas, algunas veces asociadas con marismas de mangle y ciénagas costeras que se adentran en el continente. Las costas bajas son interrumpidas por macizos

montañosos, tal como la Sierra Nevada de Santa Marta, la serranía del Darién y los acantilados de la alta Guajira. Extensas praderas de fanerógamas se asientan sobre la plataforma litoral somera del Caribe y arrecifes coralinos a lo largo de la costa en grupos discretos y en la forma de atolones, bancos y complejos arrecifales sobre la plataforma continental. Otro importante ecosistema caribeño son los manglares, que se distribuyen a lo largo del litoral continental e insular pero restringido a franjas angostas, que localmente se extienden sobre algunos deltas.

La concentración de población en la costa Caribe, así como el desarrollo de áreas de interés turístico ha generado una significativa inversión en infraestructura de varios tipos en especial en la industria hotelera que representa un importante sector que produce divisas para el país. A su vez, el desarrollo portuario, relacionado con actividades industriales y comerciales importantes, se ha concentrado en ciudades como Barranquilla y Cartagena.

El litoral Pacífico, dominado por costas escarpadas en la zona norte y extensos bosques de mangle, al sur, sólo tiene desarrollos portuarios y comerciales puntuales, en tanto que la actividad turística se encuentra limitada al ecoturismo y a la recreación local. El ecosistema más importante del Pacífico es el manglar, que ocupa inmensas planicies aluviales costeras y estuarios formados por la confluencia de numerosos e importantes ríos. Al norte se encuentran extensos acantilados y sistemas de playas que soportan significativas comunidades de fauna marina propia de estos nichos, con algunos desarrollos menores y reducidos de arrecifes coralinos. La población costera se encuentra concentrada en Buenaventura, Tumaco y Bahía Solano. Por su proximidad a la zona tectónica de subducción del Pacífico, este litoral ha sido escenario de desastres naturales ocasionados por el arribo de tsunamis que han causado devastación, especialmente en la zona sur de la costa.

El territorio insular está conformado principalmente en el mar Caribe por el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, atolones, cayos y varios bancos coralinos, y en el océano Pacífico por las islas Gorgona y Malpelo, la ensenada Utría y la bahía de Tebaida así como numerosos cayos, islotes y bajos arenosos. Los primeros están situados al occidente de la llamada Región del Gran Caribe entre los meridianos 78° y 82° de longitud oeste y los paralelos 12° y 16° de latitud norte. El archipiélago en su conjunto es de forma alargada con dirección suroeste - noreste; en total tiene una superficie de 5.220 ha, la principal actividad económica de las islas es el turismo. Los segundos se localizan al oeste de la costa del Pacífico sobre latitudes 2° al Norte del Ecuador y en longitudes 80° del Oeste de Greenwich. Las islas Gorgona y Gorgonilla se constituyen hoy día en un parque nacional natural con una extensión de 49.200 ha en su parte submarina (Zapata, 1994) y 1.568 ha en su parte terrestre.

Las características ambientales de la zona insular del Caribe son típicas de la región así como su posición geográfica, entre las que se cuentan: la duración del día y la noche sensiblemente iguales; la presencia de temperaturas elevadas y constantes durante el año con oscilaciones diurnas, la distribución monomodal del clima con un periodo seco entre febrero y abril, y uno húmedo entre junio y diciembre; la localización dentro del cinturón de huracanes del Caribe y tormentas tropicales que pueden producir lluvias de más de 200 mm/día entre los meses de agosto y noviembre; las afinidades geológicas, faunísticas y florísticas con los territorios centroamericanos del Caribe, el origen volcánico y la existencia de diferentes ambientes terrestres y marinos, con flora y fauna características (Chiriví, 1988).

La zona insular del Pacífico cuenta con ecosistemas selváticos muy húmedos, con vegetación nativa altamente influida por valores de precipitación (cerca de 10.000 mm anuales) y también por sus formaciones rocosas y alberga un alto grado de diversidad biológica, tanto marina como de vertebrados terrestres y en alto grado son especies endémicas. Las formaciones coralinas de la isla Gorgona poseen el mayor número de especies coralinas del Pacífico Este. Los arrecifes de la isla son de tipo borde costero, que constituyen las estructuras arrecifales más al sur del Pacífico (Prahl *et al.*, 1988). La isla de Malpelo también hace parte de los parques nacionales naturales, pero allí no se alcanzan a formar arrecifes coralinos verdaderos.

Las potenciales variaciones físicas de largo plazo, en 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 genera impactos socioeconómicos y ecológicos sobre los sistemas y actividades de la zona. Este informe prevé una primera evaluación de los impactos del ascenso del nivel del mar en Colombia, e incorpora un desarrollo metodológico, adaptado a las condiciones específicas del territorio colombiano.

5.2.1 Consideraciones metodológicas para la evaluación de la vulnerabilidad

Para la evaluación de la vulnerabilidad por inundaciones, asociadas al incremento del nivel del mar por el cambio climático se consideraron las siguientes fases metodológicas:

5.2.1.1 Adquisición y compilación de la información

Existe en Colombia una considerable cantidad de información básica para el análisis de los impactos sobre los recursos costeros, que está disponible tanto en las instituciones nacionales como en la bibliografía disponible, en la cual se colectaron estudios específicos que fueron usados en la evaluación. Por otra parte, estudios de caracterización geomorfológica y análisis morfodinámico fueron elaborados por el IDEAM y la Universidad Nacional de Colombia para los dos litorales durante los años 1996 a 1998, en los cuales se incorporó también información geológica, climatológica y de dinámica litoral¹.

En adición a la información biofísica, algunos estudios recientes realizados por instituciones de investigación ambiental e información de agencias gubernamentales, reportes y artículos publicados, proporcionaron la información oceanográfica, mareográfica, ecosistémica y socioeconómica necesaria para la evaluación de la vulnerabilidad. Sin embargo, se resalta la ausencia de información básica cartográfica detallada de la zona costera, porque no se conoce la ubicación de la cota de un metro de altura para el litoral, en general.

En cuanto a la información pertinente a la vulnerabilidad, se contó con información gráfica y alfanumérica a nivel de sector censal y el mapa de puntos referente a la distribución espacial de la población² para obtener una mejor aproximación de la población localizada en la zona de afectación.

5.2.1.2 Selección de escenarios

La evaluación de los potenciales impactos del ascenso del nivel del mar fueron considerados bajo la proyección del incremento en un metro del nivel medio del mar, siguiendo las recomendaciones de IPCC (1995). Sin embargo se reconocen los esfuerzos nacionales e internacionales por esta-

blecer escenarios de ascenso del nivel del mar, en los cuales Klein *et al* (1998) estiman hasta 86 cm para el año 2100 y Warrick *et al* (1996) hasta 96 cm. En Colombia, el IDEAM estima un ascenso para el año 2060 de hasta 60 cm el océano Pacífico y 40 cm en el mar Caribe. El escenario de cambio de nivel del mar fue combinado con las principales consideraciones socioeconómicas y biofísicas para evaluar los impactos sobre la zona costera, por los potenciales efectos derivados de su rápido ascenso.

5.2.1.3 Evaluación y zonificación costera preliminar

El estudio abarcó la totalidad del litoral colombiano, incluidas las costas del mar Caribe y del océano Pacífico; del área insular se seleccionó la isla de San Andrés en el mar Caribe. El primer paso consistió en la definición de la susceptibilidad de la zona litoral a los procesos de erosión e inundación por el ascenso acelerado del nivel del mar. En este paso, la susceptibilidad hace referencia a la propensión de una porción del litoral a sufrir procesos de erosión e inundación. En un análisis posterior, mediante técnicas geomorfológicas con la metodología de panel de expertos, se definió la posible zona afectada por el proceso de inundación marina, y se establecieron tres categorías de amenaza de acuerdo con los efectos potenciales proyectados: amenaza alta, con inundación permanente; amenaza media, efecto variable entre encharcamiento fuerte a inundación permanente; y amenaza baja, con encharcamiento variable entre leve y moderado. Para el litoral Pacífico se estableció una categoría adicional, denominada amenaza medio-alta, en la que ocurrirá la profundización de zonas con inundación fluctuante asociada con el régimen de macromarea.

5.2.1.4 Escenarios de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define aquí como el grado de daño o pérdida esperado de un elemento (corporal, estructural, social o económico) expuesto como resultado de la ocurrencia de un fenómeno amenazante. Para el análisis de vulnerabilidad se consideraron tres aspectos principales: la base espacial y categorizada de la amenaza; la identificación, localización y categorización de los elementos expuestos que se podrían ver afectados; la valoración cualitativa del daño y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, de acuerdo con la valoración del daño en su dimensión corporal, funcional, estructural y la vulnerabilidad social. Se consideraron principalmente las características socioeconómicas de los hogares, las cuales hacen a la población más o menos vulnerable a los impactos del ascenso del nivel del mar y que hacen que se vea disminuida su capacidad de recuperación.

5.2.2 Caracterización de las zonas expuestas

5.2.2.1 Litoral Caribe

El resultado del análisis y la zonificación de la susceptibilidad a la erosión costera del litoral Caribe se sintetiza en la tabla 5.1, de donde se puede deducir que los procesos severos de erosión afectarían principalmente la

Tabla 5.1
Susceptibilidad a la
erosión marina de la línea
de costa colombiana.

Categoría	Litoral Caribe		Litoral Pacífico	
	Extensión (Km)	%	Extensión (Km)	%
Muy baja	173.7	9.6	46.8	3.1
Baja	462.2	25.4	86.2	5.8
Media	569.5	31.2	375.6	25.1
Alta	504.7	27.8	677.2	45.3
Muy alta	108.4	6.0	194.5	13.0
No aplica	---	---	114.8	7.7
Total	1818.5	100	1495.1	100

línea de costa con alta y muy alta susceptibilidad, y que se caracteriza por presentar gran fragilidad ante los procesos erosivos del mar, estar expuesta directamente al oleaje y recibir poca protección de los mecanismos de resiliencia. En ella se presentan principalmente playas activas y marismas de mangle, unidades que comprenden el 50.4% de la extensión total del litoral, en las que hay alta predisposición para que el oleaje las erode.

Respecto a la evaluación de la susceptibilidad por inundación marina, en la tabla 5.2 se presentan los resultados de su zonificación; en este análisis, la susceptibilidad fue considerada fundamentalmente con base en la posición altitudinal aproximada de la geoformas, la cual se consideró así: muy alta, las geoformas por debajo del nivel del mar; alta, geoformas a nivel del mar; moderada, geoformas situadas entre 0 y 1 msnm; baja, entre 1 y 3 metros; y muy baja susceptibilidad, geoformas situadas entre 3 y 5 metros sobre el nivel del mar. Las geoformas no susceptibles son las ubicadas por encima de los 5 metros.

Grado de amenaza y otros efectos	Litoral Caribe		Litoral Pacífico	
	Area (Km ²)	%	Area (Km ²)	%
Alta	1192.2	9.8	617.7	2.3
Media-alta	---	---	3121.0	11.8
Media	2331.4	19.1	2772.9	10.5
Baja	2336.0	19.2	2301.4	8.7
Profundización	1338.8	11.0	874.8	3.3
Ascenso nivel freático	2041.3	16.7	132.9	0.5
Sin potenciales efectos	2948.7	24.2	16604.1	62.8
Total	12188.4	100	26424.8	100

Tabla 5.2
Amenaza por inundación marina en el litoral colombiano.

5.2.2.2 Litoral Pacífico

En la tabla 5.1 se presentan los resultados de la zonificación de la susceptibilidad a la erosión de la línea de costa del Pacífico. Los procesos severos de erosión marina asociada al ascenso del nivel del mar afectarían sólo el 8.9% de la línea costera, la cual se caracteriza por su gran fragilidad ante los procesos erosivos del mar, exposición directa al oleaje y presentar moderada capacidad de reducir los efectos de la erosión. Estas geoformas son principalmente playas activas y marismas, unidades con alta predisposición a ser desgastadas por el oleaje. La susceptibilidad a la inundación marina del litoral Pacífico fue establecida en forma similar que para el Caribe, con el uso de criterios geomorfológicos y con definición de la propensión a partir de la posición altitudinal aproximada de las geoformas. Sus resultados se presentan en la tabla 5.2.

5.2.3 Posibles efectos sobre las zonas expuestas

Los posibles efectos que se presentarán sobre las zonas costeras expuestas a la inundación por el ascenso del nivel del mar se han analizado bajo el concepto de amenaza por inundación, caracterizada en tres grados de acuerdo con los potenciales efectos: amenaza alta, inundación permanente; amenaza media, con efectos de encharcamiento fuerte a inundación; y amenaza baja, donde se presentaría encharcamiento leve a moderado. Como otros efectos, secundarios pero asociados con el ascenso del nivel del mar, se consideraron los procesos de profundización de los cuerpos de agua y el ascenso del nivel freático. La relación entre áreas correspondientes a los diferentes grados de amenaza para los dos litorales se presenta en la tabla 5.2

5.2.3.1 Litoral Caribe

La zona de amenaza alta comprende áreas de marismas activas, manglares, salares, salinas, en las que se verían afectadas importantes áreas de

Cartagena localizadas al sur de la bahía de Tesca, en donde se asientan numerosos barrios marginales. Caso similar ocurre en Turbo, donde parte de su casco urbano ha sido levantado sobre una marisma de mangle. Igualmente, se verían afectadas importantes instalaciones industriales y portuarias ubicadas en antiguas marismas de mangle y plataformas coralinas. La zona de amenaza media corresponde a los cordones litorales actuales, playas y los deltas activos; allí la inundación y el encharcamiento dependerán de la pendiente y la variación altitudinal de las geoformas. Se vería afectado por esta amenaza el importante sector turístico y residencial de Bocagrande en Cartagena, pues el incremento del nivel del mar en un metro producirá la pérdida de pendiente para los sistemas de drenaje urbano de alcantarillado y la posible licuación de los depósitos de arena que sustentan las construcciones del sector turístico.

La zona de amenaza baja presentaría un notable ascenso del nivel freático y el encharcamiento leve a moderado de acuerdo con la posición de la geoforma. Se verían afectadas poblaciones como Tolú, Coveñas y El Rodadero, en donde el encharcamiento produciría obstrucción del drenaje e incremento de la posibilidad de licuación de las arenas (Tabla 5.2).

Relacionados con el ascenso del nivel del mar se presentarían también zonas con efectos secundarios asociados como son la profundización y el aumento del nivel freático. Las zonas con profundización corresponden a ciénagas y arrecifes de coral (cartografiados en forma aproximada). Estas unidades sufrirían un incremento en la profundidad de sus aguas, lo cual puede afectar los ecosistemas de las ciénagas y corales y algunos asentamientos humanos construidos sobre palafitos. Algunas áreas menores podrían presentar un aumento del nivel freático, lo que en el litoral Caribe podría representar la posible salinización de zonas con déficit hídrico.

5.2.3.2 Litoral Pacífico

La zona de amenaza alta del litoral Pacífico se encuentra asociada con el valle inundable del río Patía, dado que en estos pantanos es muy alta la posibilidad de inundación en los próximos 100 años. Se verían afectadas grandes extensiones pantanosas que actualmente actúan como zonas amortiguadoras naturales de los desbordes del río. Una categoría de amenaza adicional fue considerada para el litoral Pacífico y se designó como amenaza medio-alta. En ella se incluyen las áreas afectadas por el avance y retceso periódico de la marea que produce una inundación fluctuante y que por el ascenso proyectado del nivel del mar sufrirán una mayor inundación de sus planicies mareales. Se incluyen sectores de barrios marginales de la ciudad de Buenaventura, de Tumaco y Satinga, levantados sobre palafitos.

La zona de amenaza media comprende los cordones litorales actuales, playas y deltas activos, áreas donde la intensidad del efecto dependerá de la variación altitudinal de las geoformas. Bajo esta amenaza se encuentran numerosos caseríos distribuidos a lo largo del litoral que utilizaron estas playas para levantar sus viviendas. Adicionalmente, deben destacarse las zonas turísticas de Tumaco, Buenaventura y Nuquí, que también presentarían este efecto. La zona de amenaza baja corresponde a terrazas bajas, donde la intensidad de los efectos dependerá de la posición y pendiente de la geoforma, en ella se verían afectadas grandes extensiones de terreno asociadas con vegas de los principales ríos. La principal consecuencia indirecta asociada al ascenso del nivel del mar en el Pacífico es el potencial aumento del nivel freático, sin embargo, debido a las condiciones climáticas puede no representar un efecto apreciable.

5.2.3.3 Zona insular isla de San Andrés

El área potencial de afectación esperado para el año 2100 por el ascenso del nivel medio del mar según los modelos del IPCC (1995), es de aproximadamente 4,58 km², lo que corresponde al 17% de la superficie total de la isla, que es de 27 km². Las zonas de mayor afectación por el ascenso se encuentran en el norte y este de la isla, donde precisamente se encuentra gran parte de los atractivos paisajísticos e infraestructura que sustentan el turismo y comercio. Es importante destacar que una buena parte del área afectada corresponde a zonas de relleno que se habilitaron en los años cincuenta para la construcción de viviendas. La infraestructura de servicios públicos se vería afectada por el ascenso, en especial el alcantarillado, el abastecimiento de agua y la infraestructura vial, ubicada cerca de las playas del casco urbano de North End y la avenida circunvalar (especialmente en el sector de San Luis). Por otra parte las playas actualmente ya poseen problemas de erosión, debido a que la fuente esencial de sedimentos son los corales, los cuales, a su vez, son impactados por actividades humanas como la contaminación, la pesca intensiva y la navegación de barcos y motos acuáticas.

De otra parte, las islas de Providencia y Santa Catalina sufrirían menores efectos sobre su superficie que San Andrés. La topografía abrupta de estas islas es un factor a favor frente al ascenso. Las zonas que serían afectadas corresponden a pequeñas playas y a las marismas de mangle que se ubican en la isla de Providencia, especialmente en los sectores de la bahía de Maracaibo y la bahía de Catalina. La población en la isla de Providencia se encuentra esencialmente sobre la vía circunvalar que bordea la isla sobre la línea de costa, y que corresponde a los sectores críticos que coinciden con las zonas de marismas de mangle.

5.2.4 Vulnerabilidad de los elementos naturales costeros

Se define elemento natural como el componente o conjunto de componentes del medio biofísico que cumplen una función ecosistémica y/o socioeconómica importante, sobre los cuales se evaluó el grado de daño por el ascenso acelerado del nivel del mar de acuerdo con el índice de vulnerabilidad.

De la tabla 5.3 se puede deducir que en el litoral Caribe entre los elementos naturales más expuesto al ascenso del nivel marino están las ciénagas salobres (981,3 km²) que sufrirían profundización e intrusión de aguas saladas, que posiblemente cambiarían su estructura ecosistémica. De acuerdo con el nivel del daño, los elementos naturales más vulnerables

Tabla 5.3
Grado de vulnerabilidad y
área de exposición de los
elementos naturales.

Tipo	Amenaza						Otro	
	Baja		Media		Alta		Profundización	
	Daño	Km ²	Daño	Km ²	Daño	Km ²	Daño	Km ²
Litoral Caribe								
Ciénagas salobres							I	981,3
Ciénagas de agua dulce							II	104,6
Zonas pantanosas					I	94		
Arrecife de coral							I	13,5
Cauces de ríos							I	240,7
Playas			III	256,9				
Marismas con salares					II	73,8		
Marismas con salinas					I	57,6		
Marismas con manglar			II	151,1	III	387		
halófitas			I	280,8				
muerto			I	229,6				
Litoral Pacífico								
Bocanas							I	683,7
Marisma con manglar					I	3121		
Cauces de ríos							I	191,1
Playas			II	436,4				

son las playas, con índice de vulnerabilidad III, en tanto que con vulnerabilidad moderada II fueron calificadas las ciénagas de agua dulce y algunas marismas. Para el litoral Pacífico el elemento con mayor exposición es la marisma con manglar (3.121 km²) y los más vulnerables son las playas, con índice de vulnerabilidad II.

5.2.5 Vulnerabilidad de la población y asentamientos humanos

En los últimos 20 años 1980-2000 la zona costera colombiana, en especial la del Caribe, ha adquirido gran importancia socioambiental en el país por las consecuencias e impactos que ha traído el cambio en el patrón de asentamiento de la población colombiana, que se manifiesta en un incremento de la participación de la población en esa área del país, una alta concentración de personas en los centros urbanos costeros y la localización de complejos industriales, especialmente, en las partes bajas de la costa.

En la zona analizada se encuentran ocho de las 30 ciudades más pobladas del país: Barranquilla ocupa el cuarto lugar y concentra el 3,04 % de la población nacional; Cartagena el quinto, con el 2,13 % de la población; Santa Marta ocupa el undécimo y participa con el 0,88% de la población; Buenaventura ocupa el decimotercero y concentra el 0,76% de la población nacional; Ciénaga en el puesto vigésimo segundo, con 0,41% de población; Riohacha, puesto veintitrés, con 0,40% de la población; Tumaco el vigésimo noveno, con el 0,32% de la población y Malambo, en el puesto trigésimo, representa el 0,32% de la población (Zambrano, 1996). Una proporción importante de la población de estas ciudades sería afectada por algún tipo de amenaza u otros efectos.

La configuración socioespacial del país muestra que, si bien las dos costas presentan algunos elementos en común en cuanto a la vulnerabilidad -una mayor población expuesta en la zona urbana-, están llenas de contrastes, producto de las especificidades en sus procesos de poblamiento, de las características sociodemográficas, culturales y económicas de su población y de la dinámica de los procesos naturales.

El patrón de asentamiento que expresa el uso social del espacio, la forma de apropiación y empleo de los recursos naturales pueden favorecer el aumento de la vulnerabilidad de la población expuesta a fenómenos naturales como el ascenso del nivel del mar, los tsunamis, entre otros, la cual se acentúa si se tiene en cuenta que estos procesos, por lo general, están acompañados de altos índices de población en estado de pobreza, densidad poblacional y tasas de crecimiento por encima de los parámetros nacionales.

El patrón de asentamiento predominante en la zona costera del Caribe es lineal, a lo largo de los cordones de playa, con poblaciones concentradas que conforman grandes conglomerados urbanos como Cartagena, Santa Marta y Barranquilla o poblaciones nucleadas, comparativamente de menor tamaño, como son Turbo, Necoclí, Acandí, Tolú, San Bernardo del Viento, entre otros. En general, estas pautas de asentamiento responden al dinamismo que impone el sector servicios, en especial, la actividad turística y el comercio. La población rural, por su parte, presenta un patrón lineal disperso con algunos núcleos a lo largo del litoral o de las vías; sus pobladores viven de un comercio, predominantemente informal o del transporte y servicios conexos. De igual manera, se encuentra un patrón de asentamiento anular disperso y/o concentrado alrededor de las ciénagas. Esta población vive de la pesca y de una agricultura de subsistencia.

La dinámica sociodemográfica y socioeconómica dentro del contexto regional refleja grandes contrastes, por una parte, se observan asentamientos

urbanos, con una fuerte actividad agroindustrial, turística y comercial, receptores de población, no sólo por la actividad económica que desarrollan sino por ser sitios de llegada de la población desplazada por el conflicto actual, especialmente, las áreas metropolitanas de Barranquilla y Cartagena. De otra parte, se encuentran asentamientos urbanos y rurales con un relativo estancamiento o con tendencia al empobrecimiento que los ha llevado a ser expulsores de población y otros en los que, aunque su actividad productiva aporta al crecimiento económico, socialmente se encuentran marginados del proceso de desarrollo de la región.

En la costa Pacífica, por su parte, el proceso histórico da cuenta de una estrecha relación entre las poblaciones de comunidades negras, indígenas y colonos y el espacio geográfico, que han desempeñado papel importante en las diferentes fases de ocupación del territorio de la zona costera del Pacífico y en la transformación de la oferta natural que éste alberga.

El patrón de asentamiento predominante en el Pacífico es disperso con grandes vacíos poblacionales. En este sentido, se observa desde el punto de vista morfológico un patrón lineal a lo largo de los cordones de playa, con centros nucleados de gran tamaño como Tumaco, Buenaventura y otros de menor dimensión. En general, estas pautas de asentamiento responden al dinamismo que impone la actividad de los puertos de Buenaventura, Tumaco y su articulación funcional con ciudades como Popayán, Pasto y Cali. La población rural presenta un patrón lineal disperso con algunos núcleos a lo largo del litoral, de los ríos y de las vías. Sus poblaciones, predominantemente afrocolombianas, han estado asentadas desde el siglo XVIII en los cauces de los ríos, esteros y litoral, han hecho uso social del espacio del río y del mar como espacio lúdico, de explotación económica y de localización de sus viviendas.

Los centros urbanos de Tumaco y Buenaventura son centros de actividad industrial, transporte y comercio y mantienen relaciones con centros regionales y nacionales, a los cuales les prestan servicios de abastecimiento de bienes y de servicios. Los otros núcleos urbanos se encuentran articulados a centros regionales localizados por fuera de los límites de sus departamentos e incluso de sus regiones. El dinamismo de estos centros urbanos, especialmente con la construcción del ferrocarril del Pacífico y las instalaciones portuarias, generó un acelerado proceso de urbanización que trajo como consecuencia la ocupación del espacio público (la playa y el mar) y el asentamiento de altos porcentajes de población pobre, vulnerable a la amenaza por inundación.

5.2.5.1 Análisis y resultados

La población por su dinámica y capacidad de adaptación puede acen-
tuar o disminuir su vulnerabilidad a los efectos del ascenso del nivel del mar por el cambio climático. Por lo tanto, si la probabilidad de ocurrencia de la amenaza por inundaciones está determinada por una magnitud entre 80 cm a 1m en 100 años, el nivel de daño físico de las personas -muerte y heridos- en cualquier categoría de amenaza es de cero, por lo cual su vulnerabilidad es nula. Sin embargo, la vulnerabilidad de las personas a la inundación por el ascenso del nivel del mar podría ser significativa en su aspecto funcional y social.

En el área evaluada de la zona costera colombiana se encuentran 2'620.853 habitantes, de estos el 56% se localiza en áreas con algún grado de amenaza por inundación, el 14% en la zona dominada por otros efectos y el 30% en área que no tendría ningún impacto directo en la población.

En total, para las dos costas, la población total ubicada en la zona de amenaza por inundación es de aproximadamente 1'482.629 personas, que representa el 4% de la población nacional. La distribución urbano-rural de la población expuesta a amenaza muestra una concentración del 85% en la zona urbana. En el litoral Caribe la población asentada en la zona afectada es de aproximadamente 2'121,887 personas, de las cuales 1'241.352 (58%) están expuestas a algún tipo de amenaza por inundación. Con respecto a la población urbana, aproximadamente el 59% se encuentran en algún tipo de amenaza por inundación (tabla 5.4).

Tabla 5.4
Distribución de la población expuesta a la amenaza por inundación en el litoral Caribe.
Fuente: DANE. Censo Nacional de Población (sectores censales-microdatos-formulario No.1). Estimaciones realizadas por IDEAM.

Elemento expuesto		Distribución de la población expuesta a la amenaza y otros efectos por inundación															
Clase	Tipo	Amenaza								Otros efectos							
		Baja		Media		Alta		Total Amenaza		Profundización		Ascenso del nivel freático		Nulo		Total otros	
		#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Población	Total	780.480	37	151.447	7	309.425	14	1.241.362	58	19.045	1	311.349	15	550.141	26	880.535	42
	Urbana	717.406	37	124.219	7	287.423	14	1.129.043	59			291.828	15	485.173	26	777.001	41
	Rural	63.074	29	27.228	13	22.002	10	112.304	52	19.045	9	19.521	9	64.968	30	103.534	48

Es importante destacar que los centros urbanos de San Juan de Urabá, Turbo, San Bernardo del Viento, Ponedera, Puerto Colombia, Barranquilla y Cartagena presentan un porcentaje significativo de personas localizadas en sectores de amenaza alta por inundación, al igual que el área rural de Cartagena.

Por su parte, la población localizada en la zona de afectación del litoral Pacífico es, aproximadamente, de 498.970, de ellas el 48% se encuentra expuesta a algún tipo de amenaza por inundación. De igual manera, es importante anotar que el 48% de la población que se encuentra en la zona de afectación no sería perjudicada por algún tipo de amenaza ni por otros efectos (tabla 5.5).

Tabla 5.5
Distribución de la población expuesta a la amenaza por inundación en el litoral Pacífico.
Fuente: DANE. Censo Nacional de Población (sectores censales-microdatos-Formulario No.1). Estimaciones realizadas por IDEAM.

Elemento expuesto		Distribución de la población expuesta a la amenaza y otros efectos por inundación																	
Clase	Tipo	Amenaza								Otros efectos									
		Baja		Media alta		Media		Alta		Total Amenaza		Profundización		Ascenso del nivel freático		Nulo		Total otros	
		#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
Población	Total	27.335	6	129.441	26	78.241	16	6.260	1	241.277	48	13.219	3	3.107	1	241.367	48	257.693	52
	Urbana	7.387	2	88.600	29	40.268	13	0	0	136.255	44	0	0	0	0	166.902	56	166.902	56
	Rural	19.948	10	40.841	21	37.973	19	6.26	3	105.022	53	13.219	7	3.107	1	74.465	38	90.791	47

Con respecto a la población urbana, cerca de un 44% del total urbano del litoral pacífico, se encuentra expuesto a algún tipo de amenaza. A pesar de no haber amenaza alta para la población, existe un porcentaje importante de población en amenaza media y media alta, especialmente en los centros urbanos de Buenaventura, Tumaco, Timbiquí, Nuquí, Charco y Guapi.

El 53% de la población total rural que habita en la zona de afectación del litoral pacífico está expuesta a algún tipo de amenaza. Los sectores censales rurales de los municipios de Tumaco, el Charco, Nuquí, Juradó, Santa Barbara y Olaya Herrera, concentran la mayor cantidad de población en amenaza alta, media alta y media.

Dado el enorme valor de la diversidad cultural, las poblaciones que se diferencian por una identidad étnica particular deben ser tomadas en cuenta en una aproximación a los efectos del cambio climático sobre la población. El conocimiento tradicional y local que estas comunidades

poseen puede ser un factor determinante al momento de valorar su vulnerabilidad y a la vez, les proporcionan una capacidad de adaptación y cambio únicos en el mundo.

5.2.5.2 *Litoral Pacífico*

Según datos del Censo Nacional realizado en el año de 1993, en la zona de afectación por ascenso del nivel del mar en el litoral Pacífico, se encuentran 37 resguardos indígenas, pertenecientes a las etnias Emberá y Wounana, que habitan este territorio desde tiempos prehispánicos; estos resguardos equivalen a 575.250 ha; sin embargo, gran parte de estos asentamientos están ubicados dentro de la zona categorizada como nula, sin efectos.

5.2.5.3 *Litoral Caribe*

A diferencia del Pacífico, en el litoral Caribe sólo hay dos resguardos que se encuentran dentro de la zona de afectación, y están ocupados por comunidades indígenas Wayuu y Cuna. El territorio de estos resguardos que hace parte de la zona de afectación equivale a 230.921 ha. La mayor parte de este territorio está ubicada dentro de los límites del resguardo Wayuu en la Alta y Media Guajira.

5.2.6 Vulnerabilidad de las viviendas

El análisis se realizó con base en la información censal sobre el tipo predominante de material de las viviendas censadas, que se clasifica en las siguientes categorías: bloque, tapia pisada, bahareque, madera burda, guadua y zinc-tela, y sobre la funcionalidad habitacional de las mismas.

Los daños físicos y funcionales de las viviendas por el ascenso del nivel del mar se relacionan con el probable deterioro del material y con la interrupción de su función habitacional a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta que el fenómeno amenazante es una acumulación muy lenta de agua y que los posibles efectos de la dinámica litoral serán graduales. La vulnerabilidad funcional y estructural de las viviendas, en este estudio tiene un carácter ilustrativo y cualitativo y debe ser mirada como una primera aproximación con el propósito de profundizar en estudios posteriores en una escala de trabajo 1:5.000, o en estudios de zonas críticas.

En la zona urbana del caribe el 91% de las viviendas están construidas en materiales como bloque y ladrillo, en tanto que el 9% restante presentan materiales sensibles a los efectos de la inundación y que en general no presentan una adecuación previa del terreno y el mantenimiento respectivo de la estructura. En contraste, en la zona rural alrededor de un 46% de las viviendas son construidas con materiales sensibles a los efectos de la inundación. Estos conjuntos de vivienda que están localizados en zonas de amenaza alta o media se verían afectados en su dimensión estructural y funcional.

Según esta caracterización, a manera de ilustración y con la intención de profundizar y verificar en campo, en la zona de afectación de la zona Caribe, los sectores que pueden presentar mayor vulnerabilidad estructural y funcional están localizados en la zona rural del Urabá antioqueño y chocono, en especial, los pertenecientes a los municipios de Apartadó, Necoclí, Turbo y Ungía y en las áreas rurales de los municipios de Puerto Escondido, Los Córdoba y Pueblo Viejo.

En el litoral Pacífico, el 55% de las viviendas tiene el material más utilizado para las paredes: el bloque o ladrillo, un 45% están construidas con materiales sensibles a los efectos de la inundación a corto y largo plazo. En la zona urbana, 52% de las viviendas son construidas con bloque o ladrillo y alrededor de un 48% en materiales sensibles al efecto inundación, especialmente en los centros urbanos de Bajo Baudó, Maguí, Mosquera, Olaya Herrera y Santa Bárbara. En la zona rural, alrededor del 87% de las viviendas son altamente vulnerables.

De acuerdo con esta caracterización, los sectores donde sería mayor la vulnerabilidad estructural y funcional en la zona del litoral Pacífico son los localizados en los municipios de Juradó, Francisco Pizarro, Mosquera, Buenaventura y Maguí, entre otros.

Respecto a la vulnerabilidad social de la población, esta se analizó con base en el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), definiendo niveles de vulnerabilidad a partir del potencial grado de daño y recuperación asociado a las diferentes combinaciones de NBI. De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que el índice de pobreza NBI y sus componentes se comportan y se miden de manera diferencial en la zona urbana y rural, el análisis de vulnerabilidad se realizó por separado obteniéndose los siguientes resultados:

En la zona rural del litoral Caribe, el 28% de los hogares se encuentran en vulnerabilidad alta, el 11% en medio y el 61% en baja. En el grupo de vulnerabilidad alta hay una proporción de hogares que simultáneamente tienen tres o más NBI: el 7,3% tiene viviendas inadecuadas, dependencia económica e inasistencia escolar; el 6,2% viviendas inadecuadas, hacinamiento y dependencia económica y el 6% viviendas inadecuadas, hacinamiento, dependencia económica e inasistencia escolar, entre otros. El grupo de vulnerabilidad media, se caracteriza por el alto porcentaje de hogares con dos NBI simultáneamente: el 16% tiene viviendas inadecuadas y servicios públicos; el 2,3% tiene viviendas inadecuadas y dependencia económica y el 2% viviendas inadecuadas, hacinamiento y dependencia económica, entre otros. El grupo de vulnerabilidad baja tiene una alta proporción de hogares con un sólo NBI: el 8% tiene viviendas inadecuadas; el 17% dependencia económica y el 4% inasistencia escolar, entre otros.

En la zona urbana del Caribe, el 83% de los hogares se encuentran en vulnerabilidad baja, el 15% en media baja, el 1% en media y el 1% en alta. Los hogares en vulnerabilidad baja, se caracterizan por altos porcentajes con dependencia económica (17%), servicios inadecuados (4,3%) y viviendas inadecuadas (3%). En vulnerabilidad media baja, los hogares más afectados tienen dos NBI simultáneamente, en donde se destacan los hogares con viviendas y servicios inadecuados (4%), con dependencia económica (16%), servicios inadecuados (8%). En vulnerabilidad media, un alto porcentaje de hogares presentan dos o más NBI: vivienda inadecuada y dependencia económica (3%), viviendas y servicios inadecuados (10%), hogares con dependencia económica y servicios inadecuados (5%). En vulnerabilidad alta, hay una proporción significativa de hogares con tres o más NBI: vivienda y servicios inadecuados (22%); dependencia económica, vivienda y servicios inadecuados (15%) y vivienda y servicios inadecuados, hacinamiento y dependencia económica (5%).

En contraste con el Caribe, la zona rural del litoral Pacífico los hogares se caracterizan por tener un mayor número de indicadores de NBI simultáneamente. En el Pacífico, la distribución de los hogares por nivel de vulnerabilidad en la zona rural es del 25% en baja, 62% en media y 13% en alta.

En el grupo de vulnerabilidad baja tienen una mayor participación los hogares con dos NBI, en donde sobresalen los hogares con dependencia económica y hacinamiento, entre otras combinaciones. La vulnerabilidad

media presenta un predominio de dos o tres NBI con una participación importante de los hogares con dependencia e inasistencia; hacinamiento y dependencia; hacinamiento, dependencia e inasistencia. En vulnerabilidad alta los hogares se caracterizan por tener tres o más NBI. En la zona urbana, en la vulnerabilidad baja es importante resaltar la alta presencia de hogares con dependencia económica. En el grupo de vulnerabilidad media se tiene una importante participación de hogares con dependencia económica, servicios inadecuados o dependencia económica y hacinamiento. En vulnerabilidad alta se destaca el porcentaje de hogares con tres o más NBI.

5.2.7 Vulnerabilidad de las actividades económicas

La caracterización para los sectores mencionados se realizó mediante el análisis de información tanto estadística (variables físicas y económicas de cada actividad), como geográfica (ubicación o áreas de uso). Las variables y fuentes consideradas fueron:

- Agricultura: cobertura de las áreas en cultivos según el mapa de usos del suelo del IGAC, 1987 a escala 1:500.000.

- Manufactura: número de empleados, número de establecimientos a escala municipal y área metropolitana para el año 1990, fuente DANE. Producción Bruta, Valor Agregado y Total de Activos Fijos, en miles de pesos corrientes de 1998, a escala de área metropolitana, fuente DANE. Cobertura de la zona industrial de Mamonal, escala 1:20.000, fuente Fundación Mamonal.

- Vías: Cobertura de las redes principal y secundaria, IDEAM - Universidad Nacional, escala 1:100.000, base cartográfica IGAC, 1998.

- Puertos: número de puertos, movimiento de carga, dimensiones básicas, capacidad de atraque, conexión con otros modos de transporte, fuente Ministerio del Transporte, 1998.

Teniendo en cuenta que en la costa Caribe se concentra la mayor parte de las actividades consideradas para el estudio y el grado de información disponible, la caracterización y los análisis de vulnerabilidad se realizaron, principalmente, sobre esta zona.

Para el sector agropecuario se identificaron en la costa Caribe (departamentos de Chocó, Antioquia, Atlántico, Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena y la Guajira) 814.085 ha en cultivos y 6'394.214 ha en pastos. Los principales cultivos presentes son: misceláneos permanentes (mezcla de cultivos permanentes, entre frutales y rastrojo, asociados a cultivos no tecnificados) con 5,9%, café con 2,6% y misceláneos transitorios (maíz tecnificado, maíz tradicional, arroz seco mecanizado, arroz de riego, yuca, algodón y hortalizas entre otros) con 2,1%. El cultivo de banano de exportación se encuentra presente en un 0,5%.

Las actividades manufactureras en la zona del Caribe se encuentran asentadas en los corredores industriales de Barranquilla – Soledad, Cartagena - Mamonal y en la ciudad de Santa Marta. En el ámbito nacional, estos asentamientos representaron en 1998, el 8,6 % del personal total ocupado, el 7,9% del número de establecimientos y el 12,4% de los activos totales fijos; generaron el 11,2% de la producción bruta y el 10,5% del valor agregado nacionales (Ver tabla 5.6).

Tabla 5.6
Caracterización de los corredores industriales de las zonas costeras.
FUENTE: Departamento Nacional de Estadística, DANE, Encuesta Anual Manufacturera, 1998.

Descripción área metropolitana	Personal ocupado total	Número de establecimientos	Producción bruta industrial (miles de pesos)	Valor agregado (miles de pesos)	Valor de activos fijos (miles de pesos)
Barranquilla - Soledad	36.687	446	2'797.762.012	1'277.843.679	2'422.570.382
Cartagena	11.968	133	2'439.995.164	954'521.322	2'300.316.542
Magdalena	2.426	42	108'369.096	36'886.988	50'197.964
Total general	51.081	621	5'346.126.272	2'269'251.989	4'773.084.888

Los sectores manufactureros de mayor peso, definido sobre los activos fijos totales, corresponden a sustancias químicas en Cartagena, con el 21%; industrias de bebidas en Barranquilla, con el 17,3%; otras industrias en Cartagena (incluye la refinación de petróleo), con el 11,1%; y alimentos en Barranquilla, con el 5,8%.

Tabla 5.7 Número de terminales portuarios identificados por regiones.
Fuente: Consorcio Incoplan & Parsons (CIP) «Ordenamiento físico portuario de los Litorales colombianos».

Costa Atlántica		Costa Pacífica			
Región	No.	Región	No.	Región	No.
Guajira	6	Jurado	2	Guapi	2
Santa Marta	3	Bahía Solano	1	Iscuandé	1
Barranquilla	50	Nuquí	3	El Charco	2
Cartagena	51	Querá (río Baudó)	1	La Tola	3
Morrosquillo	6	San Isidro (río Calima)	1	Satinga	1
Turbo	11	Buenaventura	15	Mosquera	1
Atlántico chocoano	3	Puerto Merizalde	2	Salahonda	1
Isla de San Andrés	3	Timbiquí	1	Tumaco	13
Total Costa Atlántica	133	Total Costa Pacífica			50

La infraestructura vial terrestre (férrea, carreteras, senderos y caminos) es de 5.788,6 km, de los cuales 548,5 km corresponden a vías pavimentadas, 1.003,4 km vías sin pavimentar, 4.205,7 km a caminos y senderos, 23,6 a vía férrea y 7,4 km de puentes.

Colombia cuenta con 183 terminales portuarios. En la costa Pacífica se encuentran 50 y en la costa Caribe 133. El movimiento de carga de los principales puertos en 1998 fue de aproximadamente 75,9 millones de toneladas. Los mayores movimientos se presentaron en Coveñas con el 28,6 % y Puerto Bolívar (Guajira) con el 22,4 %, (Ver tabla 5.7).

5.2.7.1 Vulnerabilidad de los sistemas de producción

Después de haber establecido los elementos expuestos para cada actividad se obtuvieron los siguientes resultados:

- Sector agropecuario: De las 7'208.299 ha identificadas con cultivos y pastos en la zona, se encontró que el área expuesta ante los diferentes tipos de amenaza equivale a 351,971 ha (4,9 % del área total en los departamentos considerados). De esta área, el 49,5%, del área de cultivos y pastos presenta alta vulnerabilidad, de los cuales el banano se ve afectado en 39,2 %; los cultivos transitorios en 6,8%, los cultivos permanentes en 1,2 % y la palma africana en 9,7 %, con respecto al total de cada uno de estos cultivos existentes en los departamentos considerados.

- Sector industrial: La evaluación de vulnerabilidad muestra que 75,3% (475 ha) del área ocupada por los establecimientos manufactureros en Barranquilla y 99,7% (877 ha) en Cartagena son de alta vulnerabilidad.

- Infraestructura de vías: Como resultado de la evaluación de vulnerabilidad se estableció que 44,8% de la infraestructura vial terrestre presenta alta vulnerabilidad, 5,2% vulnerabilidad media y el 22,7% baja vulnerabilidad.

5.2.8 Adaptación de la zona costera al ascenso del nivel del mar

La identificación y zonificación de los cambios biofísicos potenciales permiten definir opciones generales de adaptación para la zona costera colombiana, las cuales son planteadas a manera de lineamientos a partir de las propuestas metodológicas de IPCC (Feenstra *et al*, 1998; IPCC, 1995; IPCC, 1992) y acordes con el documento de política na-

cional para las zonas costeras del ministerio del Medio Ambiente, donde se establece el manejo integrado de las zonas costeras como el modelo de gestión para hacer frente al ascenso rápido del medio nivel del mar en forma conjunta e integrada con las prácticas de manejo de las zonas costeras. La adaptación incluye numerosas opciones de adecuación que dependen fuertemente de las características biofísicas y socioeconómicas locales, donde la opción óptima para una región específica puede ser una mezcla de ellas. Su implementación deberá estar soportada en rigurosos estudios socioeconómicos y ambientales que garanticen su viabilidad integral, dentro de un amplio proceso de planeamiento de la zona costera y en un contexto de manejo sostenible.

La capacidad de adaptación autónoma del litoral colombiano ha sido reducida por el desarrollo de la infraestructura y la contaminación, que interfieren con los procesos naturales de crecimiento de los corales, la sedimentación de los manglares y los aportes de sedimentos por la deriva litoral. Opciones de adaptación como la no intervención de áreas naturales de amortiguación de inundaciones y la no alteración y/o interrupción de la dinámica costera y fluvial, así como la reversión de malas adaptaciones, permitirán el fortalecimiento de los mecanismos de resiliencia del litoral y aumentar la capacidad de respuesta y adaptación natural de los sistemas costeros. Ejemplo de zonas donde estas acciones pueden ser consideradas son Bocas de Cenizas, islas del Rosario y San Bernardo, las áreas deltaicas y los humedales costeros, en general.

La adaptación planeada incluye opciones para prevenir, reducir y resistir los impactos del ascenso del nivel del mar. La prevención y reducción de impactos puede ser implementada mediante la incorporación de estrategias de retiro manejado y acomodación, que incluyen, principalmente, medidas preventivas que faciliten la adaptación autónoma y la estabilidad de la dinámica de los sistemas costeros, así como medidas de acomodación para mantener el continuo pero modificado uso de la tierra. Acciones correspondientes a esta estrategia integrada pueden ser dirigidas hacia zonas como humedales, manglares y llanuras de inundación, en los cuales se deberán implementar medidas como reubicación de población amenazada por inundación, preservación de ecosistemas y ampliación de zonas protegidas.

Las medidas de protección involucran tanto medidas de respuesta como de prevención para tratar de mantener la línea de costa en el sitio actual, las cuales pueden incluir la defensa de las zonas de importancia económica y turística potencialmente afectadas por inundación y erosión. Por su importancia económica se considera necesaria la protección de la zona industrial de Mamonal y los puertos de Cartagena y Barranquilla. La opción de proteger zonas de importancia turística mediante la alimentación de playas, permitiría mantener la función recreativa de las playas y el uso turístico de la tierra en las localidades que desarrollan este tipo de actividad. Igualmente, las zonas portuarias de Buenaventura y Tumaco requerirán también un tratamiento similar.

5.3 Vulnerabilidad del recurso hídrico

Los ecosistemas naturales, y aquellos en los cuales se desarrollan actividades sociales y productivas, se encuentran en interacción continua con el régimen climático e hidrológico del país. A través del tiempo, la diversidad intrínseca de las variables hidroclimáticas ha definido el desarrollo y la

estructura actual de los ecosistemas y las actividades socio-económicas existentes. Regularmente, la economía de cada país está condicionada por las características hidrológicas de las regiones donde se establecen los procesos productivos y, dado que el régimen hidrológico representa una respuesta a la interacción del medio geográfico con la atmósfera y los procesos que en ella ocurren, es evidente que los cambios climáticos alteran el régimen de escorrentía y afectan la estructura socio-económica de cada espacio, por ello la vulnerabilidad del recurso hídrico se aborda desde dos aspectos:

En primer lugar el relacionado con la capacidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener su régimen hidrológico actual ante las posibles alteraciones climáticas. En segundo lugar la vulnerabilidad de los sectores usuarios del recurso, ante la amenaza de cambios sustanciales en el régimen hidrológico, en la oferta y la disponibilidad de agua para su abastecimiento. La evaluación de este segundo aspecto se realiza a través de las funciones de producción de cada sector usuario, con la aplicación de análisis de sensibilidad no sólo a las variables hidroclimáticas, sino también a factores como: la tecnología, la inversión de capital, la construcción de capacidades e influencia de otros insumos. Adicionalmente, la construcción de relaciones costo-beneficio permiten estructurar los indicadores de vulnerabilidad de cada sector.

Como lineamiento básico para abordar ambos aspectos de la vulnerabilidad se establece la definición de régimen hidrológico, su sensibilidad y vulnerabilidad a los cambios climáticos e influencias antrópicas. De este modo, se entiende por régimen hidrológico un marco característico de los procesos hidrológicos que los describe mediante la conjugación de los tres primeros momentos estadísticos (norma³, coeficiente de variación⁴ y coeficiente de asimetría⁵) de las series temporales durante un periodo determinado y con una agregación señalada (diario, mensual o anual).

Este enfoque sigue las tendencias actuales de análisis en las que la teoría de procesos estocásticos, aplicada a la hidrología, ha generado herramientas para la resolución de evaluaciones hidrológicas que abarcan desde problemas de optimización hasta simples marcos descriptivos formalizados a través de la información registrada por las estaciones de monitoreo hidrológico; se continúa de esta forma con el ya tradicional enfoque de explicar los comportamientos hidrológicos de distintas zonas por medio del análisis de sus oscilaciones en el marco anual y mensual multianual con las herramientas que brinda la teoría de las probabilidades y procesos estocásticos, entre las cuales se tienen un numeroso conjunto de nociones como la ley de los grandes números para comenzar (Kolmogorov, 1998) hasta la técnicas de análisis de procesos estocásticos no estacionarios (Pankratov, 2001) y pronóstico continuo de funciones de distribución (Kartvelishvili, 1967, 1985), lo cual justifica la aplicación de este mismo método para la descripción del régimen hidrológico actual y la evaluación de los efectos del cambio climático sobre el mismo⁶.

Todas estas evaluaciones se realizan con el seguimiento del marco metodológico presentado en el Gráfico 5.1, pero fijando como vulnerabilidad del recurso hídrico el grado de exposición del régimen hidrológico ante un factor externo que lo limita en su funcionalidad o que es capaz de transformarlo o destruirlo.

Esta propuesta metodológica se apoya no sólo en los lineamientos del IPCC (Feenstra *et al*, 1998), sino también en las experiencias del IDEAM en

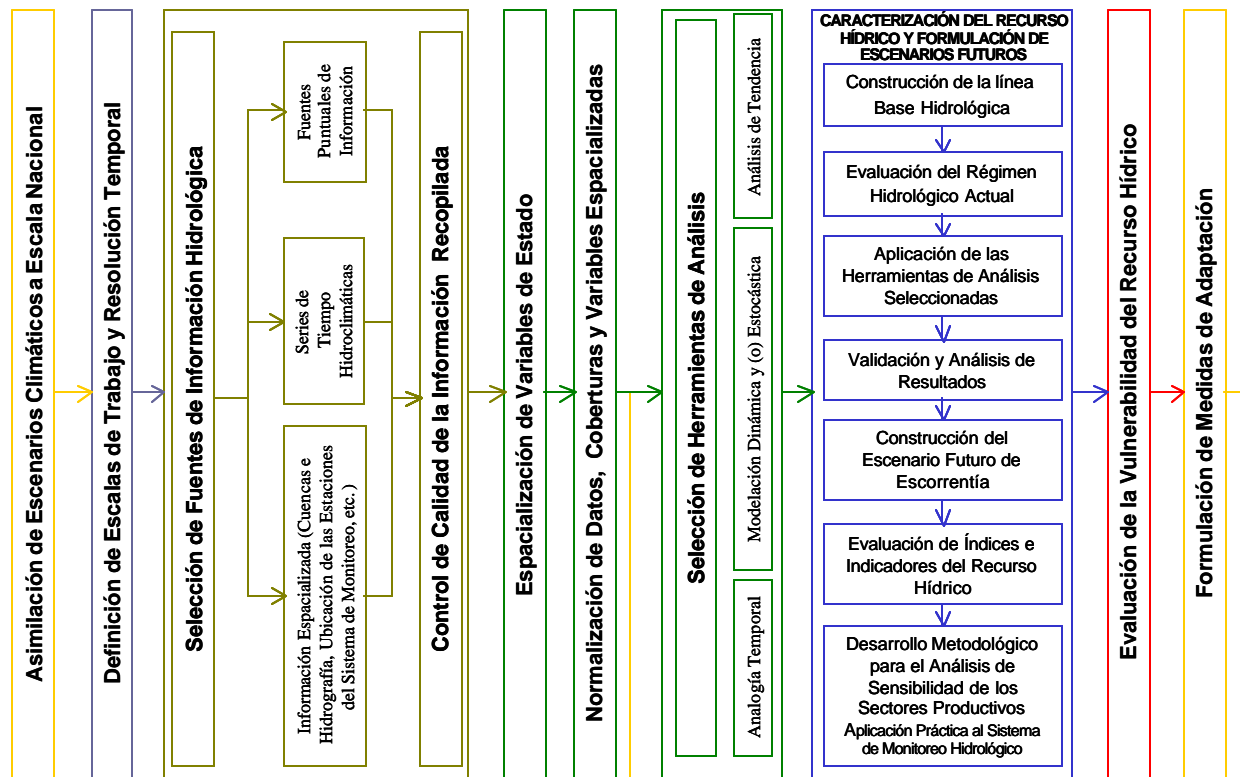


Gráfico 5.1
Flujo metodológico para la evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico

el campo de evaluación y pronóstico de características hidroclimáticas (IDEAM, 1998) y los trabajos de otros autores en el campo de la evaluación de los recursos hídricos y de los efectos del cambio climático (GGI *et al*, 1974 ; Kuchment *et al*, 1993).

Con la definición anterior, como base es necesario establecer que la funcionalidad intrínseca del componente hídrico consiste en su habilidad para sostener los ecosistemas naturales o intervenidos y los sectores socioeconómicos que se han adaptado a su régimen actual para satisfacer sus necesidades de abastecimiento.

De acuerdo con los conceptos anteriores, para analizar la afectación del régimen hidrológico por efectos del cambio climático es necesario contar con información sobre el régimen de escorrentía actual en términos de su norma, coeficiente de variación y de asimetría y pronosticar, en estos mismos términos, el régimen de escorrentía para distintos escenarios climáticos. El régimen de escorrentía actual está formulado por mapas en isolíneas de escorrentía, coeficiente de variación y de asimetría construidos en el IDEAM para el periodo histórico 1974-1995 mediante la metodología de espacialización de variables (Domínguez, 1999).

Para efectos de simulación del régimen hidrológico se aplicó el modelo MAPS (Modelo Aglutinado con Parámetros Semidistribuidos) complementado con la ecuación de Fokker - Plank - Kolmogorov (en adelante MAPS - FPK) para el pronóstico de la curva de distribución probabilística en el escenario futuro (Kovalenko, 1993, 1998, 2001), así se obtuvo la norma, el coeficiente de variación y el de asimetría, también en mapas en isolíneas, para el posible régimen de escorrentía futuro. Finalmente, al comparar el régimen hidrológico actual con el escenario climático futuro, se obtuvieron los porcentajes de afectación de la escorrentía con respecto a la norma, al coeficiente de variación y al coeficiente de asimetría. La conjugación de los tres índices anteriores se utilizó para construir el indicador con el cual se clasifican las zonas del país con mayor o menor vulnerabilidad del régimen hidrológico ante un eventual cambio climático (Véase mapas: *Afectación de la escorrentía anual multianual por causa de un eventual cambio climático* y *Vulne-*

abilidad del régimen hidrológico ante un eventual escenario de cambio climático).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la alteración promedio que puede traer el escenario climatológico del IDEAM, al régimen hidrológico actual, puede alcanzar el 12 % a favor del aumento de la escorrentía promedio anual multianual del país, mientras que las variaciones máximas absolutas con respecto al régimen hidrológico actual pueden alcanzar hasta el 30% de alteración. En promedio, la variabilidad temporal de la escorrentía tenderá a disminuir en un 5% mientras que en valores absolutos se espera que presenten afectaciones del coeficiente de variabilidad hasta de un 25%. Finalmente, se espera que los valores de la relación C_s/C_v mantengan el mismo signo de la asimetría del régimen hidrológico actual y que sean afectados en un 5%, en promedio, hacia el aumento en la magnitud absoluta de la asimetría.

Para entender las cifras y tendencias anteriores, es necesario recordar que el país está dividido en dos grandes sectores, uno con coeficiente de asimetría positivo y otro con asimetría negativa y analizar qué consecuencias tienen los cambios señalados para cada una de estas dos grandes zonas.

Como posibles consecuencias del cambio climático en el componente hidrológico, son característicos dos tipos de respuesta:

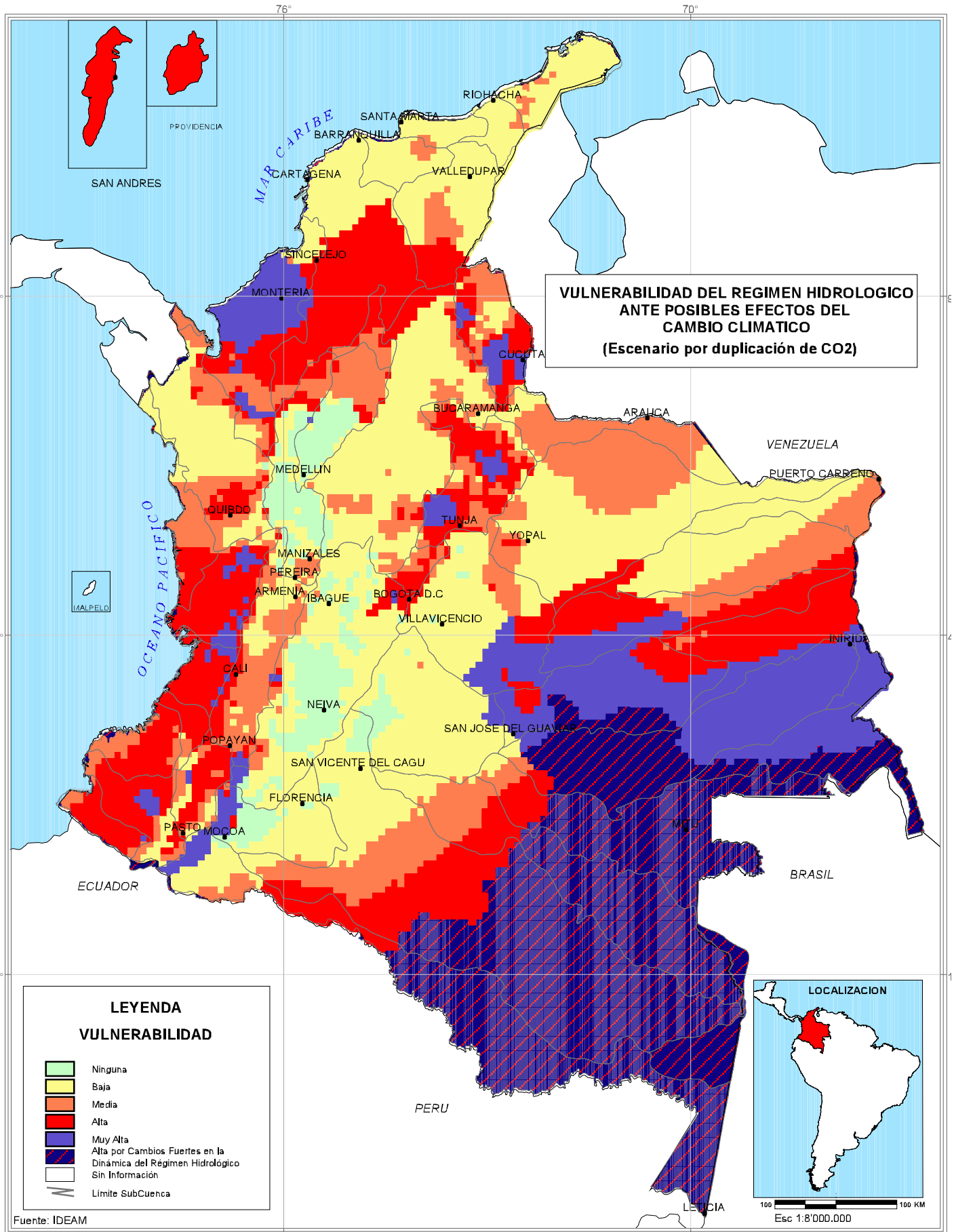
1. Primer Tipo: establece aumentos de la norma de escorrentía, disminuciones de la variabilidad temporal del recurso y acentuamiento de su asimetría
2. Segundo Tipo: determina descenso en la norma de escorrentía, aumento en la variabilidad temporal del recurso y atenuación de su asimetría.

La distribución espacio-temporal del régimen hidrológico en Colombia divide al país en dos grandes zonas en las cuales los efectos del primer tipo de respuesta se manifiestan en forma *sui generis*. Para la primera zona, delimitada por las áreas en las que el coeficiente de asimetría es positivo, serán posibles incrementos significativos en la frecuencia de los caudales máximos, los cuales se verán ligeramente atenuados en su magnitud. Sin embargo, no se excluyen situaciones en las que, por el contrario, se puedan presentar caudales de inundación un poco más severos que los actuales. Adicionalmente, los caudales mínimos serán menos graves en magnitud y su frecuencia se verá ligeramente incrementada debido al aumento de la asimetría de la escorrentía.

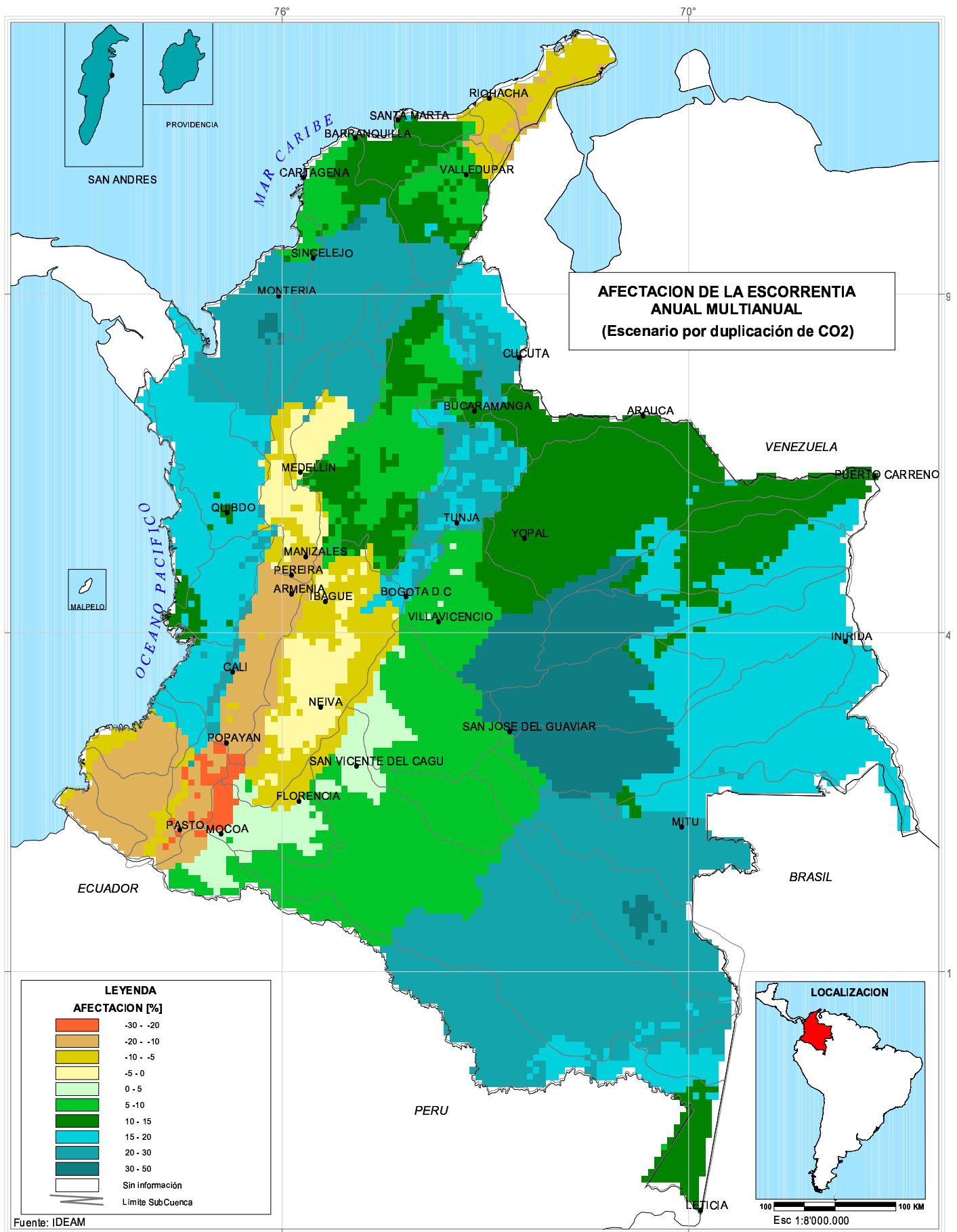
En los sectores donde actualmente el régimen hidrológico se caracteriza por presentar un valor de la relación C_s/C_v negativo se tendrán afectaciones contrarias, pero no totalmente inversas, a las anteriores. De este modo, los caudales bajos serán favorecidos con incrementos de su magnitud, pero a la vez, con un aumento relevante de su frecuencia. Finalmente, los caudales máximos también aumentarán sus valores pero con un decrecimiento de su frecuencia.

Para ambos casos, zonas con asimetría negativa o positiva, será posible una disminución de la frecuencia de los valores modales de escorrentía, lo cual favorecerá las condiciones de regulación temporal de las corrientes.

Para el segundo tipo de respuesta, sin diferencia por zonas de distinta asimetría, el patrón de afectación señala disminuciones en la frecuencia y magnitud de los valores modales, aumento en la frecuencia de los caudales



IDEAM - 2001
 NOTA: COBERTURA RASTER [10 KM * 10 KM] GENERADA POR EL MODELO MAPS - FPK.



IDEAM - 2001
 NOTA: COBERTURA RASTER [10 KM * 10 KM] GENERADA POR EL MODELO MAPS - FPK.

extremos (tanto máximos como mínimos), la agudización de estos eventos y, finalmente, deterioro en las condiciones de regulación de las corrientes.

Los resultados obtenidos permiten vislumbrar la necesidad de profundizar en el análisis detallado de la sensibilidad de algunos sectores productivos, dado que un 50% del territorio nacional se verá posiblemente afectado por vulnerabilidad desde alta hasta muy alta como resultado de grandes afectaciones en las magnitudes de la norma de escorrentía, coeficiente de variación y de asimetría o por el cambio total en el funcionamiento del régimen hidrológico.

Para el análisis, finalmente, de vulnerabilidad de los sectores económicos ante la amenaza de posibles cambios en el régimen hidrológico son necesarios insumos de mayor resolución (acordes con los requerimientos de cada sector), sin embargo, al analizar el sistema de monitoreo hidrológico, que se toma como sector productivo y con la utilización de los criterios de Karassiov como su función de producción (Kovalenko, 2000; Domínguez y Verdugo, 2001; Kovalenko y Pivavaro, 2000; Karassiov, 1972 y 1968), es posible -con el empleo de los productos generados en esta comunicación nacional- evaluar su sensibilidad ante los posibles cambios en el régimen hidrológico. De acuerdo con los análisis realizados, la tendencia general consiste en que, bajo el aumento de la norma de escorrentía (por aumento de precipitaciones o del coeficiente de escorrentía), la densidad de la red óptima disminuye, lo que se debe -principalmente- a la disminución del coeficiente de variación cuando aumenta la norma de escorrentía. Adicionalmente, bajo disminuciones significativas de la norma de escorrentía (más del 20%) el aumento del número óptimo de estaciones se estabiliza. Este efecto no lineal es posible gracias a la acción limitante del criterio de representatividad (Karassiov, 1972 y 1968) en las regiones donde éste se convierte en el factor de control del área óptima de monitoreo hidrológico.

La superficie de sensibilidad también indica que ante la realización de cualquier escenario climático posible, el número óptimo de estaciones hidrológicas para Colombia oscilará entre 780 y 950 estaciones.

Según el significado que tienen la red de monitoreo y la información hidrológica que ella produce para la gestión sostenible del recurso, se puede plantear como una de las estrategias de mitigación de los efectos del cambio climático sobre el sistema de monitoreo hidrológico, el diseño de un plan de gestión de la red hidrológica que prevea la flexibilidad de financiación y la logística necesaria para dotar a la red de la capacidad de activación de nodos de muestreo óptimo adicionales que soporten al sistema de monitoreo, en caso de ser necesario un aumento de la densidad espacial de la red por efectos de la influencia del cambio del clima. Este plan de gestión también debe incluir una profundización en el conocimiento de la dinámica de la frecuencia de muestreo temporal y en el desarrollo de métodos hidrométricos económicos que permitan la reconstrucción de hidrogramas a un menor costo.

Un elemento para fortalecer el proceso de formulación de medidas de adaptación está constituido por la asimilación detallada de los resultados obtenidos en el componente hidrológico y su integración en el marco de los resultados derivados en otros componentes; así, se podrá formular la línea de trabajo necesaria para desarrollar las bases que fortalezcan la implementación de futuras evaluaciones, con mayor resolución, sobre efectos del cambio climático.

El proceso de formulación de medidas de adaptación debe ir acompañado de las herramientas de análisis desarrolladas en esta comunicación y de

aquellas que se elaboren en un futuro, consolidadas en un sistema de apoyo que permita la generación de lineamientos de adaptación que no resulten contraindicadas⁷ para la gestión sostenible del recurso hídrico.

5.4 Vulnerabilidad de las coberturas vegetales y de los ecosistemas ante el cambio climático

5.4.1 Vulnerabilidad de las coberturas vegetales

El presente texto corresponde al desarrollo de la metodología del IPCC para determinar la vulnerabilidad de las coberturas vegetales y de los ecosistemas al cambio climático. El ejercicio fue realizado por el IDEAM a partir de dos estructuras básicas del conocimiento: la primera, de la base de datos climática, y la segunda, de la información espacial de las coberturas vegetales del país obtenida a partir de la clasificación de imágenes de satélite de todo el territorio nacional. Lo anterior permitió realizar el ejercicio en cuanto al análisis de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales como forma de entrada al análisis ecosistémico.

Mediante el método de Planteamiento de Función Directa IPCC, se desarrollaron tres fases secuenciales: la primera, de obtención de la distribución espacial de unidades bioclimáticas (Holdridge), la segunda, de construcción del escenario esperado según los posibles cambios en temperatura y precipitación y, la tercera, de la evaluación del grado de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia. El resultado final corresponde a los siguientes productos, también finales: 1. Desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge con escenario cambio climático; 2. Coberturas vegetales afectadas por el desplazamiento de las zonas de vida y 3. Zonificación del territorio nacional en grados de vulnerabilidad de las coberturas vegetales frente a un cambio climático.

La distribución geográfica nacional de los tipos de vegetación podría variar, latitudinal y altitudinalmente, en respuesta al cambio del patrón de clima y al ritmo en que se presente; las coberturas vegetales, son más vulnerables si éste se presenta en forma rápida.

El 56% de la superficie nacional está cubierta por bosques, el 26% por agroecosistemas, el 14% por sabanas, el 1,5% por coberturas xerofíticas, el 1,4% por páramos, el 0,03% por cobertura nival (IDEAM/96), entre otros, y la vulnerabilidad de estas coberturas vegetales, ante el cambio climático, de acuerdo con la susceptibilidad natural, pueden verse afectadas por los cambios que pueden presentarse a partir del análisis del presente documento.

5.4.1.1 Metodología

El modelo prospectivo de evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible cambio climático se desarrolló en SIG,⁸ con base en el método de planteamiento de función directa del IPCC, utilizado por más de 56 países del mundo en sus respectivos estudios de vulnerabilidad para sus Comunicaciones Nacionales de cambio climático. El modelo permite analizar las distribuciones bioclimáticas actuales de los tipos de vegetación y sus posibles distribuciones futuras al cambiar el patrón del clima, con la suposición que la varianza geográfica de los controles del clima es igual a la varianza geográfica de la vegetación.

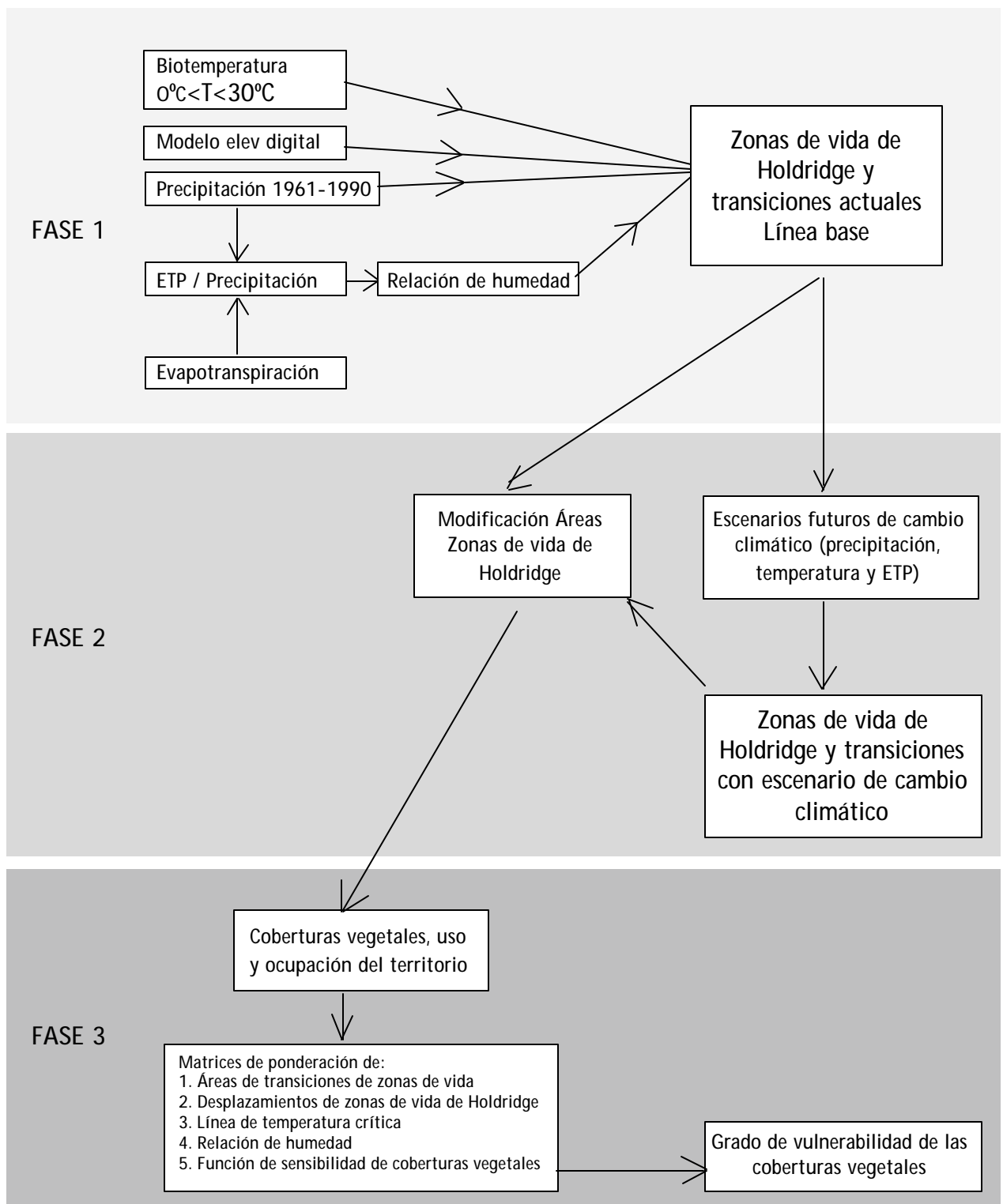
Las tres fases en que se desarrolló el modelo se esquematizan en el gráfico 5.2 y son las siguientes:

- Primera: Zonas de vida de Holdridge actual
- Segunda: Zonas de vida de Holdridge con cambio climático.
- Tercera: Vulnerabilidad de las coberturas vegetales.

5.4.1.1.1 Primera fase: Zonas de vida de Holdridge actual

La implementación de la primera fase o construcción del mapa de Zonas de vida de Holdridge actual, a partir de la línea base climática 1961-1990, comprende inicialmente la generación de los modelos de distribución espacial de las variables climáticas: biotemperatura, precipitación, evapotranspiración y humedad (relación de evapotranspiración potencial), para el período 1961-1990, y finalmente la generación del modelo de las zonas de vida o unidades bioclimáticas de Holdridge, para el mismo período, incluidas las correspondientes transiciones de las zonas de vida.

Gráfico 5.2
Diagrama de flujo del modelo de evaluación del grado de vulnerabilidad de las coberturas vegetales ante un cambio climático



5.4.1.1.2 Segunda fase: Zonas de vida de Holdridge con cambio climático

Esta segunda fase comprende la implementación de los modelos de distribución espacial en el territorio colombiano de las variables climáticas de biotemperatura, precipitación, evapotranspiración y humedad (relación de evapotranspiración potencial) con el escenario de cambio climático seleccionado para el estudio y la generación del modelo de las zonas de vida o unidades bioclimáticas de Holdridge con escenarios de cambio climático proyectados, incluidas las correspondientes transiciones de las zonas de vida.

El escenario de cambio climático $2XCO_2$, aplicado en este estudio, y sobre una zonificación de 24 regiones climáticas de Colombia (IDEAM/98), se estimó con base en una compilación de proyecciones de siete modelos de cambio climático de Circulación General, GCM's ($2X CO_2$), siendo un Escenario Moderado A1 SRES⁹ (IPCC,1999) Síntesis Hulme, el cual se aproxima a una duplicación de CO_2 en la atmósfera hacia el año 2100, para los países del norte de los Andes, que se encuentra disponible en el Centro de Distribución del IPCC. La aproximación a la escala nacional se hizo dentro de los contextos regionales de las tendencias y proyecciones climáticas nacionales, enmarcadas dentro de lo global, regional y local.

Los posibles incrementos de temperatura del territorio colombiano hacia el año 2080-2100, considerando el escenario anterior de cambio climático de Síntesis Hulme, serían de 2.4°C a 3.0°C; y en cuanto a la precipitación habría una disminución desde un 2% hasta un 20% para las diferentes regiones del país, con excepción de los piedemontes amazónico y llanero en donde posiblemente aumente hasta en un 10% la cantidad de precipitación anual, como se puede observar en la Tabla 5.8.

*Tabla 5.8
Posibles cambios
climáticos en temperatura
y precipitación con
escenario moderado
síntesis Hulme $2xCO_2$
para 24 regiones de
Colombia*

No. región	Regiones climáticas de Colombia	Incrementos en	Cambios en
		°c	%
1	San Andrés y Providencia	+2.9 °c	-15%
2	Alta Guajira	+ 2.4 °c	-15%
3	NW a Sierra Nevada Santa Marta y Cuenca Cesar	+ 2.4 °c	-10%
4	Litoral Central	+ 2.4 °c	-10%
5	Bajo Magdalena	+ 2.4 °c	-10%
7	Catatumbo	+ 2.8 °c	-5%
8	Medio Magdalena	+ 2.8 °c	-15%
9	Sinu, San Jorge, Bajo Nechi, Urabá	+ 2.4 °c	-10%
6	Pacífico Norte y Central	+ 2.5 °c	-2%
10	Cuenca Río Arauca y Cuenca Media Río Meta	+ 2.7 °c	-15%
11	Medio Cauca y Alto Nechí	+ 2.8 °c	-15%
12	Río Sogamoso	+ 2.8 °c	-15%
13	Orinoquia Oriental	+ 2.7 °c	-20%
14	Piedemonte Llanero	+ 2.8 °c	10%
15	Alto Magdalena	+ 2.8 °c	-20%
16	Sabana de Bogotá	+ 2.8 °c	-15%
17	Alto Cauca	+ 2.8 °c	-20%
18	Orinoquia Central	+ 2.7 °c	-10%
19	Piedemonte Amazónico	+ 2.8 °c	10%
20	Pacífico Sur y Central	+ 2.5 °c	-15%
21	Amazonia Central	+ 2.9 °c	-10%
22	Alto Patía	+ 2.8 °c	-10%
23	Montaña Narinense	+ 2.8 °c	-15%
24	Suroriente Amazónico	+ 2.9 °c	-12%

5.4.1.1.3 Tercera fase: Vulnerabilidad de las coberturas vegetales

Esta fase comprende el desarrollo en SIG del modelo de evaluación del grado de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible cambio climático, con la aplicación de la metodología IPCC de planteamiento de función directa, y el desarrollo de matrices de ponderación de las señales climáticas que miden, mediante parámetros los efectos del cambio de clima sobre los patrones de las formaciones vegetales, las cuales están ligadas tanto a los desplazamientos en la distribución de las zonas de vida, como al grado de sensibilidad de cada una de las coberturas

vegetales, a las transiciones de las unidades bioclimáticas, a la línea de temperatura crítica de Holdridge o línea de escarcha, a la variación del índice de relación de humedad y déficit hídricos, con el propósito de afinar el modelo a la realidad bioclimática y biogeográfica del país.

5.4.1.2 Resultados a partir de Planteamiento de función directa para la evaluación de vulnerabilidad de las coberturas vegetales (Metodología IPCC)

5.4.1.2.1 Modelo de desplazamientos de las Zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2x CO₂

El modelo IPCC de Planteamiento de la función directa o de función de transparencia directa para la evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales consiste básicamente en el análisis prospectivo de los desplazamientos de las unidades bioclimáticas actuales al cambiar el patrón del clima.

El modelo de vulnerabilidad conceptualmente desarrollado en SIG para este estudio calcula cuantitativa y espacialmente la diferencia entre las zonas de vida de Holdridge actuales, construida con línea base climática 1961-1990, y las zonas de vida con escenarios de cambio climático pasados o futuros.

Las áreas de desplazamiento de zonas de vida de Holdridge obtenidas mediante el modelo, el escenario de cambio climático moderado 2XCO₂ síntesis Hulme (IPCC,1999), se presentan como: Áreas de desplazamiento de las zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO₂, Desplazamientos y modificaciones de las Zonas de Vida de Holdridge con un posible cambio climático 2xCO₂ y en la tabla 5.9: Porcentaje del territorio colombiano afectado por desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge por posible cambio climático 2x CO₂.

Símbolo	Zona de vida	Disminución Aérea (HA)	% Colombia total 23%
Bmh-T	Bosque muy húmedo tropical	6.813.673,41	5,98
bh-T	Bosque húmedo tropical	6.534.356,12	5,73
Bmh-PM	Bosque muy húmedo premontano	2.978.079,56	2,61
Bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo	2.255.671,87	1,98
bh-PM	Bosque húmedo premontano	1.696.243,79	1,49
bh-MB	Bosque húmedo montano bajo	1.564.834,90	1,37
Bmh-M	Bosque muy húmedo montano	1.239.812,01	1,09
bs-T	Bosque seco tropical	1.130.599,96	0,99
bp-PM	Bosque pluvial premontano	706.548,27	0,62
bp-M	Bosque pluvial montano	658.351,08	0,58
bh-M	Bosque húmedo montano	357.572,26	0,31
pp-SA	Páramo pluvial subalpino	329.127,93	0,29
bp-MB	Bosque pluvial montano bajo	255.305,98	0,22
bs-PM	Bosque seco premontano	161.651,82	0,14
bms-T	Bosque muy seco tropical	129.377,53	0,11
me-ST	Monte espinoso subtropical	122.177,84	0,11
bs-PM	Bosque seco premontano	79.355,29	0,07
bp-T	Bosque pluvial tropical	75.488,30	0,07
N	Nieve	43.695,40	0,04
tp-A	Tundra pluvial alpina	40.468,50	0,04
p-SA	Páramo subalpino (subandino)	8.278,85	0,01
md-ST	Matorral desértico subtropical	6.088,79	0,01
md-M	Matorral desértico montano	2.317,02	0,00
me-PM	Matorral espinoso premontano	1.412,43	0,00
d-T	Desierto tropical	10,58	0,00
d-PM	Desierto premontano	10,58	0,00
md-PM	Matorral desértico premontano	5,29	0,00

Tabla 5.9
Porcentaje del territorio colombiano afectado por desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge por posible cambio climático 2x CO₂

De acuerdo con los resultados obtenidos por desplazamientos de Zonas de vida de Holdridge con el nuevo patrón de clima del escenario moderado

Hulme A1 de SRES, 2XCO₂ Síntesis Hulme (IPCC, 1999), se podría ver afectado el 23% del territorio nacional, en donde las zonas de vida existentes en la actualidad pasarían a tener condiciones bioclimáticas características de las regiones de vida inmediatamente menos húmedas y con desplazamientos a alturas mayores sobre el nivel del mar.

Con el cambio climático bajo el escenario estudiado (síntesis Hulme), podrían verse desplazadas, especialmente, las zonas de vida premontano, ubicadas entre los 1.000 y 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar, en donde, por lo general, se ubican los cinturones cafetaleros de Colombia, como son el Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) y el Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), los cuales cubren el 7% del territorio nacional, y que podrían verse afectados entre un 50 y 60%, con posible desplazamiento altitudinal de este piso premontano hacia elevaciones mayores.

Las zonas de vida Montano, Subalpina y Alpina, ubicadas sobre los 2.500 metros de altura, y que corresponden a los subpáramos, páramos, superpáramos y nieves, se podrían ver afectadas entre un 90% y un 100%, lo que equivaldría a un desplazamiento altitudinal no sólo dentro del diagrama de Holdridge, sino a alturas biogeográficas más altas que las que actualmente ocupan en la región Andina.

La zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (bmh-T), podría ser responsable de un cambio equivalente en el 6% del territorio nacional, debido a que más de la mitad de su área (53%) tendría condiciones más secas que las actuales, y cambiaría a Bosque Húmedo Tropical (bh-T), en zonas ubicadas mayoritariamente en la región oriental Amazónica de Colombia, y en menor extensión el Bosque Húmedo Tropical (bh-T) ubicado en el norte de la cordillera Central y litoral Pacífico sur.

El Bosque Húmedo Tropical (bh-T) cambiaría en una extensión equivalente al 5,7% del país, pasando el 10% de su área existente a Bosque Seco Tropical (bs-T), sobre todo en la zona norte de la Orinoquia colombiana, como también en algunas áreas del Magdalena Medio y del sur de la región Caribe.

Del Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM), en las tres cordilleras, cambiaría el 60%, área equivalente al 2,6% del territorio nacional. Un 15% pasaría a Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), un 33% a Bosque Húmedo Tropical (bh-T) y un 11% a Bosque Seco Tropical (bs-T).

Del Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) cambiaría el 70% en toda la zona andina, en una extensión cercana al 2% del territorio nacional. Un 15% de esta zona de vida pasaría a Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB), un 38% a Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) y un 17% a Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).

En cuanto al Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) cambiaría el 48% de su extensión, o sea el 1,5% del país en sus zonas montañosas. Cambiaría a Bosque Seco Premontano (bs-PM) el 4,5%, Bosque Seco Tropical (bs-T) el 40% y a Bosque Muy Seco Tropical (bms-T) el 4%.

El Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) cambiaría el 52%, correspondiendo al 1,4% de la superficie nacional. A Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB) pasaría el 7%, a Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) el 41% y a Bosque Seco Premontano (bs-PM) el 4%.

Del Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M) cambiaría el 59% de su extensión, equivalente al 1% del territorio del país, con un 9 % a Bosque

Húmedo Montano (bh-M), 41% a Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) y 9,5% a Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).

Un 1% del área nacional cubierta por Bosque Seco Tropical (bs-T), o sea un 9 % de esta zona de vida, pasaría a Bosque Muy Seco Tropical (bms-T), sobre todo en la costa Atlántica.

Las zonas de vida Desierto Premontano (d-PM), Matorral Desértico Premontano (md-PM), Matorral Desértico Montano (md-M), Desierto Subalpino (d-SA), Páramo Subalpino (p-SA) y Tundra pluvial Alpina (tp-A) o Subpáramo actuales, cambiarían en un 100% a la zona de vida inmediatamente más seca y ubicadas en un cinturón altitudinal más alto sobre el nivel del mar.

Se debe tener en cuenta que aunque las zonas de vida descritas anteriormente se desplazan en un 100% a zonas más secas y que no corresponden al rango de altura propuesto por Holdridge, como zonas de vida no desaparecen, pues las zonas inmediatamente superiores en el Diagrama de Holdridge, van a cambiar a estas reemplazándolas, pero en un rango de altura también desplazado.

En el caso específico de la Tundra Pluvial Alpina (tp-A) o Superpáramo de acuerdo con Cuatrecasas, pasaría el 99,6% a Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA) y el 0,4% a Páramo Subalpino (p-SA); y el Páramo Subalpino (p-SA) o Páramo de acuerdo con Cuatrecasas, pasaría con Bosque Húmedo Montano (bh-M).

La zona de vida Nival (N) actual se vería afectada en el 92%, desplazándose un 65% a Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA), y un 27% a superpáramo o Tundra Pluvial Alpina (tp-A).

El Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA) cambiaría en el 92 % de su extensión, pasando a Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M) en un 76%, a Bosque Pluvial Montano el 9%, a Bosque Húmedo Montano el 6% y a Bosque Pluvial Montano el 0,1%.

5.4.1.2.2 Coberturas vegetales, IDEAM/96, afectadas por desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO₂

Con la calibración del modelo de función directa con las bases de datos de las coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio colombiano, IDEAM/96, se identificaron las coberturas vegetales que podrían ser afectadas por los desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge, detallados en el numeral anterior 5.4.1.2.2: Modelo de Desplazamientos de las zonas de vida de Holdridge con escenario de cambio climático 2xCO₂. Estos resultados se presentan en la Tabla 5.10.

Los Agroecosistemas Andinos Interandinos (AAi) se podrían ver afectados por un posible cambio climático, en un 22,8% y los Agroecosistemas Basales (AB) en un 11,4% y que corresponden al 0,7% y al 1% del territorio nacional.

Además, podría haber afectación en el Bosque Basal Amazónico (BBam) y en los Bosques Andinos (BA), en un área equivalente al 7,8% del país (4,4% y 3,4%). El Bosque Basal Amazónico (BBam) en un 14% de su extensión como cobertura vegetal y el Bosque Andino (BA) en el 43%.

	Cobertura Vegetal	Símbolo	% Área IDEAM/96	% Cob. vegetal afectado	% Nal. afectado
1	Agroecosistema Andino	AA	14,028	46,9047619	65,798
2	Bosque Basal Amazónico	BBam	30,011	14,7079829	4,414
3	Bosque Andino	BA	7,986	42,8188731	3,4195
4	Sabana Herbácea	Sh	4,07	43,7945473	1,7824
5	Sabana Arbustiva	Sar	8,867	15,5645776	1,3801
6	Agroecosistema Andino Fragmentado	AAf	2,676	41,3307164	1,106
7	Agroecosistema Basal	AB	8,68	11,4149058	0,9908
8	Páramo	P	1,419	55,4462389	0,7868
9	Agroecosistema Andino Interandino	AAi	2,88	22,7640509	0,6556
10	Agroecosistema Basal Fragmentado	ABf	6,048	9,9105444	0,5994
11	Bosque Ripario	Br	2,947	16,3610256	0,4822
12	Especial Pantano Caribe	EPc	2,046	18,1643804	0,3716
13	Bosque Basal Pacífico	BBp	3,88	7,34176197	0,2849
14	Xerofitia Basal	XB	1,055	25,6491106	0,2706
15	Xerofitia Andina	XA	0,553	36,911344	0,2041
16	Especial Rupícola Amazónico	ERam	0,553	26,5724474	0,1469
17	Cobertura Hídrica Ciénaga	HBc	0,241	15,7196618	0,0379
18	Sabana Arbustiva	Sa	1,112	3,09518397	0,0344
19	Nieve	N	0,035	77,7916713	0,0272
20	Especial Rupícola Caribe	ERc	0,234	11,2790749	0,0264
21	Manglar Pacífico	Mp	0,247	8,98394828	0,0222
22	Asentamiento Humano Capital	Ahc	0,088	22,5993735	0,0199
23	Cobertura Hídrica Andina lagos y lagunas	HAla	0,015	76,0838555	0,0114
24	Manglar Caribe	Mc	0,058	19,0617077	0,0111
25	Cobertura Hídrica Andina Embalse	HAe	0,023	47,1217862	0,0108
26	Bosque Andino Plantado	BAPl	0,014	66,5253826	0,0093
27	Bosque Basal Orinoco	BBo	0,018	30,0669722	0,0054
28	Cobertura Hídrica Basal Embalse	HBe	0,014	29,2248322	0,0041
29	Bosque Basal Plantado	BBpl	0,017	18,4526654	0,0031
30	Especial Pantano Andino	EPa	0,004	75,4119822	0,003
31	Insular Atlántico	la	0,003	39,2312206	0,0012
32	Insular Pacífico	lp	0,001	94,9889791	0,0009
33	Asentamiento Humano Municipal	Ahm	0,018	3,24352612	0,0006
34	Bosque Basal Caribe	BBc	0,007	0	0
35	Especial Pantano Amazónico	EPam	0,156	0	0
36	Cobertura Hídrica basal lagos y lagunas	HBlA	0,005	0	0
37	Suelo desnudo antrópico	SCan	0,004	0	0

*Tabla 5.10
Coberturas vegetales de
Colombia, IDEAM/96,
afectadas por despla-
zamientos de las zonas de
vida de Holdridge con
escenario de cambio
climático 2xCO₂*

El Bosque Basal Orinoco (BBo) estaría en un 30% vulnerable ante el cambio climático y el Bosque Basal Pacífico (BBp) en un 7% de su extensión como cobertura vegetal, y que corresponden al 0,05% y 0,3% del territorio nacional.

El Páramo (P) podría verse afectado por el nuevo patrón de clima en más de la mitad de su extensión (55,4%), al igual que los Bosques Andinos Plantados (Bapl) en un 66,5% y los Pantanos Andinos (Epa) en un 75,5%, que, en su orden, corresponden al 0,8%, 0,009% y 0,003% de la extensión del territorio nacional.

La cobertura nival (N) podría verse afectada en un 77%, lo que equivale a un 0,03 % del territorio nacional.

Los Bosques Andinos Fragmentados o Agroecosistemas Fragmentados (AAf) podrían ser vulnerables en un 41,3% y las Sabanas Herbáceas del norte de la Orinoquia en un 43,8%, correspondiendo respectivamente al 1,1% y al 1,8% del país.

Las sabanas arbustivas (Sar) también podrían ser afectadas con el cambio climático en una extensión equivalente al 1,4 del territorio nacional, correspondiendo al 15,6% de su extensión como cobertura.

La Xerofitia Andina (XA) podría ser vulnerable en un 37%, mientras que la Xerofitia Basal (XB) lo es en una cuarta parte de su extensión,

(25,7%), al igual que el Especial rupícola amazónico (Eram 26,6%), en las zonas de la serranía de Chiribiquete, con el, respectivamente, 0,2%, 0,2% y 0,1% de la extensión territorial de Colombia.

5.4.1.3. Zonificación del territorio colombiano en grados de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia frente a un cambio climático 2xCO₂

En el texto anterior se definieron las coberturas vegetales de Colombia que podrían verse afectadas por un cambio climático, desde el punto de vista de desplazamientos de las Zonas de vida de Holdridge al cambiar estas su ubicación y distribución de acuerdo con el nuevo patrón de clima, y con base en la aplicación de la metodología IPCC del modelo de planteamiento de función directa.

Para el presente estudio fue necesario, además, incorporar al análisis un gradiente de sensibilidad de las coberturas vegetales a los factores climáticos. Para tal efecto se construyó en SIG la parte final del modelo de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un cambio climático teniendo en cuenta criterios adicionales como los que se derivan de la línea de temperatura crítica o línea de escarcha del diagrama de Holdridge, las zonas de transición de las zonas de vida de Holdridge, el índice de relación de evapotranspiración de Holdridge con sus déficit hídricos y los grados de sensibilidad de cada una de las coberturas vegetales del país.

El modelo de zonificación del territorio colombiano en grados de vulnerabilidad se calibró mediante las bases de datos de las coberturas vegetales, uso y ocupación del territorio colombiano (IDEAM /96 a escala 1:500.000) y los resultados obtenidos se condensaron en tres grados de vulnerabilidad: Baja, Media y Alta en la Tabla 5.11. “Porcentajes de las áreas de las coberturas vegetales de Colombia según el grado de vulnerabilidad frente a un cambio climático con escenario futuro 2x CO₂”.

Tabla 5.11 Porcentajes de las áreas de las coberturas vegetales de Colombia según el grado de vulnerabilidad frente a un cambio climático con escenario futuro 2x CO₂

Cobertura Vegetal	Símbolo	% Alta	% Media	% Baja
Agroecosistema Andino	AA	37,1	62,9	
Páramo	P	30	70	
Xerofitia Andina	XA	27,1	72,9	
Cobertura Nival	N	12,4	87,6	
Bosque Andino Plantado	BAPl	6,4	93,6	
Bosque Andino	BA	4,2	95,8	
Agroecosistema Andino Fragmentado	AAf	2,8	97,2	
Agroecosistema Andino Interandino	AAi	1,2	98,8	
Agroecosistema Basal	AB	0,2	99,8	
Agroecosistema Basal Fragmentado	ABf	0,1	99,9	
Xerofitia Basal	XB		100	
Bosque Basal Caribe	BBc		100	
Bosque Basal Plantado	BBpl		100	
Insular Atlántico	Ia		100	
Insular Pacífico	Ip		100	
Sabana Herbácea	Sh		100	
Especial Pantano Andino	EPa		98,7	1,3
Bosque Basal Orinoco	BBo		30,2	69,8
Sabana Arbustiva	Sar		16,8	83,2
Sabana Arbolada	Sa		4,7	95,3
Especial Rupícola Amazónico	ERam		1,4	98,6
Bosque Basal Pacífico	BBp		0,3	99,7
Especial Pantano Caribe	EPc			100
Especial Pantano Amazónico	EPam			100
Bosque Basal Amazónico	BBam			100
Especial Rupícola Caribe	ERc			100
Bosque Basal Pacífico	BBp			100
Bosque Ripario	Br			100
Manglar Pacífico	Mp			100
Manglar Caribe	Mc			100

De acuerdo con la zonificación de vulnerabilidad cerca de la mitad del territorio colombiano (49,1%), tendría un grado de vulnerabilidad Bajo al cambio climático en sus coberturas vegetales, lo que correspondería, de manera generalizada, a las zonas basales tropicales de la Amazonia, del centro y sur de la Orinoquia y del litoral Pacífico.

Entre las coberturas vegetales del país que presentarían un grado de vulnerabilidad Bajo al cambio climático estarían los manglares Pacífico y Caribe, los bosques riparios, los bosques basales pacíficos y amazónicos, las coberturas rupícolas y pantanosas amazónicas y del Caribe, parte de las sabanas arboladas de la Orinoquia oriental (95,3%), parte de las sabanas arbustivas (83,2%) y parte del bosque basal Orinoco (70%).

Casi en la otra mitad del país (44,8%) las coberturas vegetales tendrían una vulnerabilidad Media al cambio climático proyectado, correspondiendo a las zonas ubicadas en el litoral Caribe, norte de la Orinoquia, piedemontes llanero y amazónico, zonas interandinas y andinas de baja montaña.

Las coberturas vegetales del país que pueden presentar grado de vulnerabilidad Media ante las nuevas condiciones del cambio climático, serían los Bosques Basales Plantados, el Bosque Basal Caribe, las sabanas herbáceas del Orinoco, las coberturas insulares Pacífica y Caribe, la Xerofitia Basal, los bosques fragmentados andino y basal, los Agroecosistemas Basales e Interandinos y los Pantanos Andinos.

Parte de algunas coberturas vegetales tendrían vulnerabilidad “Media”, el Bosque Andino (95,8%), el Bosque Andino Plantado (93,6%) y el Bosque Basal Orinoco (30%). También parte de las coberturas nival (87,6%), de páramo (70%), de Xerofitia Andina (73%), de Agroecosistemas Andinos (63%) y de las Sabanas Arbustivas (17%).

La distribución geográfica de las coberturas vegetales con un grado Alto de vulnerabilidad a un posible cambio climático proyectado $2X CO_2$, podrían ocupar el 6,1% del territorio colombiano, en zonas de alta y media montaña.

Con grado de vulnerabilidad Alta al cambio climático proyectado se podría tener, en primer lugar, un 37% de los Agroecosistemas Andinos, un 30% del páramo, un 27% de la Xerofitia Andina, un 12,4% de la cobertura nival, un 6% del Bosque Andino Plantado, un 4% de Bosque Andino y un 1% de los Agroecosistemas Andinos Interandinos.

Se debe tener en cuenta que la zonificación del territorio colombiano y de sus coberturas vegetales en grados de vulnerabilidad al cambio climático que se genera con el modelo, contempla exclusivamente variables climáticas.

5.4.1.4 Conclusiones

Del análisis mediante el planteamiento de función directa de Zonas de vida de Holdridge y aplicando el escenario de cambio climático moderado Síntesis Hulme, se resume que podrían verse desplazadas las siguientes unidades bioclimáticas del territorio colombiano:

- La zona de vida nival (N) actual se vería afectada en el 92%, un 65% a Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA), y un 27% a superpáramo o Tundra Pluvial Alpina (tp-A).
- Zonas de vida montano, subalpina y alpina, ubicadas sobre los 2.500 metros de altitud y que corresponden a los subpáramos, páramos, superpáramos y nieves, se podrían ver afectadas entre un 90% y un 100%.

lo que equivaldría a un desplazamiento altitudinal no sólo dentro del diagrama de Holdridge, sino a alturas biogeográficas más altas que las que actualmente ocupan en la región Andina.

- Las zonas de vida Premontano, ubicadas entre los 1.000 y 2.000 metros de altitud, en donde, por lo general, se ubican los cinturones cafetaleros de Colombia, como son el Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) y el Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), los cuales cubren el 7% del territorio nacional, y que podrían verse afectados entre un 50 y 60%, con posible desplazamiento altitudinal de este piso premontano hacia elevaciones mayores.

- Por otra parte, con la calibración del Modelo de Función Directa con las bases de datos de las coberturas vegetales de Colombia (IDEAM 96), se puede concluir que una tercera parte de las zonas que actualmente se dedican a los agroecosistemas en el país, podrían verse afectadas por un posible cambio climático; los agroecosistemas de la zona andina son los más vulnerables en más del 47% de su extensión.

- Además podría haber afectación en el Bosque Basal Amazónico (BBam) en un 14% y en los Bosques Andinos (BA), en un área equivalente al 7,8% del país (4,4% y 3,4%). El Bosque Basal Amazónico (BBam) en un 14% de su extensión como cobertura vegetal y el Bosque Andino (BA) en el 43%.

- El Bosque Basal Orinoco (BBo) estaría en 30% vulnerable ante el cambio climático y el Bosque Basal Pacífico (BBp) en un 7% de su extensión como cobertura vegetal.

- El Páramo (P) podría verse afectado por el nuevo patrón de clima en más de la mitad de su extensión (55,4%), al igual que los Bosques Andinos Plantados (Bapl) en un 66,5% y los Pantanos Andinos (Epa) en un 75,5%.

- La cobertura nival (N) podría verse afectada en un 77%.

- Los Bosques Andinos Fragmentados o Agroecosistemas Fragmentados (AAf) podrían ser vulnerables en un 41,3% y las Sabanas Herbáceas del norte de la Orinoquia en un 43,8%. Las Sabanas Arbustivas (Sar) también podrían ser afectadas con el cambio climático en una extensión equivalente al 1,4% del territorio nacional, que corresponde al 15,6% de su extensión como cobertura.

- La Xerofitia Andina (XA) podría ser vulnerable en un 37%, mientras que la Xerofitia Basal (XB) lo sería una cuarta parte de su extensión, (25,7%), al igual que el Especial Rupícola Amazónico (Eram 26,6%).

El trabajo presenta adicionalmente una zonificación del territorio colombiano en grados de vulnerabilidad, en donde se tienen en cuenta criterios bioclimáticos de la sensibilidad de las coberturas vegetales de Colombia, (IDEAM), 96, de la línea de temperatura crítica o línea de escarcha del diagrama de Holdridge, de las zonas de transición de las Zonas de vida de Holdridge para Colombia, del índice de relación de evapotranspiración de Holdridge con sus déficit hídricos.

En tal sentido, para una vulnerabilidad alta al cambio climático se detectaron en esta categoría un 37% de los Agroecosistemas Andinos, un 30% del Páramo, un 27% de la Xerofitia Andina, un 12,4% de la Cobertura Nival, un 6% del Bosque Andino Plantado, un 4% de Bosque Andino y un 1% de los Agroecosistemas Andinos Interandinos. Información más detallada se encuentra en el texto del capítulo correspondiente. Se debe tener en cuenta que la zonificación de Colombia en grados de vulnerabilidad

obedece sólo a criterios bioclimáticos. Para el estudio de la vulnerabilidad de cada uno de los ecosistemas de Colombia se deben adicionar las otras variables biofísicas azonales como suelos, niveles freáticos, características intrínsecas y fisiológicas de las especies y, por supuesto, las variables socioeconómicas de cambio climático.

5.4.2 Vulnerabilidad de los ecosistemas

5.4.2.1 Contexto ecológico y biológico de Colombia

Para conocer la magnitud de la tarea que significa prever los efectos del cambio climático en un país como Colombia, es necesario partir de una base descriptiva e interpretativa de la estructura ecológica general del país y de su biodiversidad.

Colombia es considerada como uno de los países más ricos del mundo en diversidad de especies y ecosistemas (biodiversidad). La información actual permite afirmar que se encuentra en el selecto grupo de los 17 países con la mayor cantidad de especies, y que se conocen como los de la megabiodiversidad (Ver tabla 5.12).

Tabla 5.12
Cuadro 1 Megadiversidad
de Colombia
(Según Mittermeier et al
1997)

Categoría	Número de especies	Número de especies endémicas (Restringidas al país)	Puesto de Colombia en el mundo
Plantas superiores	45.000 - 51.000	15.000 - 17.000	2
Mariposas	3.100	300	3
Anfibios	583	367	1
Reptiles	520	97	3
Aves	1.815	142	1
Mamíferos	456	28	3

Después de los invertebrados las plantas representan el grupo más rico en la biota de Colombia. A pesar de que el inventario sigue en crecimiento, es posible afirmar que el país contiene entre el 10 y el 15 % de las especies de plantas y animales, en un territorio que no supera el 0,77% de las tierras emergidas del planeta. La gran riqueza de especies de fauna y flora no está homogéneamente distribuida en el territorio colombiano. Las unidades biogeográficas son extensiones del territorio que poseen conjuntos característicos, y en ocasiones únicos, de especies de fauna y flora. Las regiones biogeográficas de Colombia son la del Chocó (con una de las mayores concentraciones de especies de plantas del mundo), la de los Andes tropicales, con una enorme heterogeneidad y con una de las mayores concentraciones de especies de todo el neotrópico y del mundo. La cordillera Oriental de los Andes en Colombia, por encima de los 3.300 metros de altura, contiene la flora de alta montaña más rica del mundo. Las selvas húmedas de montaña de los Andes tropicales, que no cubren sino el 0,2% de la superficie de la Tierra, contienen cerca del 6,3% de las aves del mundo. La región biogeográfica de la Sierra Nevada de Santa Marta es un macizo aislado, que cuenta con altos grados de endemismo. La región biogeográfica Amazónica es un extenso territorio con una de las mayores áreas silvestres del mundo con enorme diversidad biológica; las áreas de bosque seco tropical y enclaves xerofíticos contienen alta diversidad de mamíferos y una alta proporción de elementos endémicos. En la región biogeográfica de la Orinoquia, los biomas de sabana están atravesados por formaciones vegetales húmedas, como los bosques de galería o matas de monte, las cuales aumentan la diversidad biológica del conjunto.

La gran riqueza de la biota colombiana, la complejidad de su estructura ecológica, y la fragilidad de sus ecosistemas tropicales, aunadas a la gran transformación humana del paisaje, permite prever que una buena pro-

porción de su biodiversidad original se puede encontrar en algún nivel de riesgo de desaparición.

5.4.2.2 Marco conceptual para el análisis de la vulnerabilidad de los ecosistemas

El cambio climático acarrea un riesgo de cambio en las funciones y valores de los ecosistemas. El riesgo es una función de un factor externo o amenaza y uno interno o vulnerabilidad del aspecto afectado. Conocer la vulnerabilidad de los ecosistemas es condición para mitigar el cambio climático y para definir los mecanismos de adaptación. El riesgo se evalúa en relación con las principales funciones de los ecosistemas que presentan mayor importancia, tales como: 1) papel que cumplen los ecosistemas como soporte y medio para los ciclos de elementos químicos y nutrientes en los seres vivos, 2) formación y mantenimiento de los suelos, 3) papel en el ciclo hidrológico, 4) regulación climática, 5) mantenimiento de la biodiversidad, 6) sistemas de soporte vital, y 7) funciones “no materiales” (identidad, recreación, contemplación, conocimiento y cultura).

Resiliencia es la capacidad que tiene un ecosistema para retornar al estado inicial después de una perturbación. Mientras mayor es la capacidad de un ecosistema de retornar a un estado de pre-perturbación, menor es su vulnerabilidad. Los factores de perturbación natural que actúan sobre los ecosistemas varían en magnitud, intensidad y frecuencia. Cada tipo de ecosistema tiene factores de perturbación y regímenes de perturbación característicos. La vulnerabilidad de un ecosistema será mayor cuando el factor de perturbación que lo afecta no hace parte del régimen natural de ocurrencia del sistema. Algunos criterios generales que permitirían calificar la resiliencia y vulnerabilidad de los ecosistemas naturales son: 1) Relación entre diversidad y estabilidad, 2) Estabilidad climática, 3) Capacidad de migración.

La vulnerabilidad varía cuando los ecosistemas han sido objeto transformados por acciones humanas. Muchos ecosistemas se encuentran, en gran parte, modificados por dichas intervenciones, más allá de los umbrales que representan los regímenes de perturbación naturales. Cuando el régimen de perturbación es tan fuerte que el ecosistema no puede asimilarlo, se dice que se encuentra sometido a un factor tensionante (o de *stress*). Cuando el *stress* es alto, el efecto del cambio climático sobre la biodiversidad de los mismos puede alcanzar niveles catastróficos. Los factores tensionantes más comunes en los ecosistemas tropicales, son 1) Disminución de área o fragmentación: entre menor sea la superficie de un tipo de ecosistema en relación con su extensión original, mayor será su vulnerabilidad. Igualmente, mientras mayor sea el grado de fragmentación menor será su resiliencia y mayor su vulnerabilidad. 2) Degradación difusa o cambio interno sin cambio fisonómico o de cobertura del ecosistema. 3) Degradación del suelo, 4) Alteraciones hídricas y 5) Alteraciones climáticas.

5.4.2.3 Aproximación a la vulnerabilidad de los ecosistemas continentales colombianos

El modelo de Holdridge, tal como se ha usado, representa la “primera aproximación” al estudio de la vegetación, esto es a las condiciones climáticas que determinan su distribución; esto es lo que se denomina la vegetación zonal. Sin embargo, una buena proporción de la heterogeneidad de los mismos corresponde a condiciones de suelo, o azonales, las cuales no son tenidas en cuenta por el modelo. La proyección del modelo

de Holdridge aproxima al escenario general de cambio ambiental. Este puede ser interpretado, de manera general, para los ecosistemas zonales, es decir aquellos cuya distribución espacial depende directamente de los factores climáticos considerados. Para los grandes tipos de ecosistemas naturales del país se realizó una revisión de su dinámica, factores naturales de perturbación, factores tensionantes y discusión de los posibles efectos del cambio climático. Se realizó para ecosistemas zonales y azonales, a saber:

Zonobioma del bosque húmedo tropical

En Colombia, las áreas de selvas bajas que menor posibilidad de adaptación presentan ante el cambio climático, por efectos tensionantes antrópicos son: 1) Pequeños relictos de selva situados lejos de las vertientes andinas o piedemontes, 2) Áreas de selva tropical cercanas a los piedemontes, pero fuertemente fragmentadas y con erosión y compactación de los suelos a causa del uso que se les ha dado (Caquetá y Putumayo).

Pedobiotomas y helobiotomas del zonobioma del bosque húmedo tropical

La proyección de lo que ocurriría con los pedobiotomas está por fuera de las premisas del modelo. Una proyección futura podría realizarse a través de la interpretación de los cambios posibles en los regímenes hidrológicos en las cuencas hidrográficas. Los cambios del macroclima (temperatura y precipitación) tendrían en las selvas inundables menos efectos directos. Sin embargo, dado que el cambio climático también puede manifestarse en una alteración de la dinámica hidrológica de los grandes ríos (caudales/estacionalidad), podría preverse una afectación de la dinámica morfogenética de este tipo de ecosistemas. El efecto indirecto podría ser, igualmente, grave. El cambio en la estructura y composición de los ecosistemas como producto de la variación en los regímenes de inundación en los planos aluviales, tendría efecto enorme sobre la biodiversidad. Cualquier modelación en el futuro sobre la sensibilidad y vulnerabilidad de estos biomas, debería hacerse a una escala más detallada con la evaluación simultáneamente de factores como disponibilidad del agua en el suelo en las llanuras o planos aluviales, cambios en el mesoclima regional y factores tensionantes antrópicos. En todo caso se trata de modelos más complejos que los usados para la proyección de zonas bioclimáticas.

Zonobioma de bosque seco tropical

El modelo (Holdridge) estima que las condiciones bioclimáticas que corresponderían al bosque seco tropical de la región del Caribe se afectará en un 17,79% de su superficie actual en desplazamiento a condiciones más cálidas y secas. A pesar de la fragilidad de estos bosques, el modelo climático los señala como las formaciones vegetales de Holdridge menos afectadas, relativamente, por el cambio climático.

El cambio climático, que en este tipo de zonas se manifestaría con una acentuación de los extremos, podría ocasionar épocas secas más largas o impredecibles, lo cual, sin duda, desencadenaría cambios poblacionales severos en el bosque y eventos de extinción entre locales a globales.

Las proyecciones generales basadas en el modelo de Holdridge, y el conocimiento de la dinámica y grado de tensión del bosque seco tropical, permiten suponer que se trata de uno de los grandes tipos de ecosistemas del país más vulnerables al cambio climático. La capacidad de adaptación del bosque seco colombiano al cambio climático es mínima

Sabanas (Pedo o peino biomas, dependiendo de la ubicación)

El sistema de clasificación bioclimático de Holdridge, define como áreas de “bosque seco tropical” a la mayoría de las sabanas zonales del país y no permite diferenciar el cambio que ocurriría en las sabanas como tales, en relación con el conjunto de “bosque seco tropical. Sin embargo, no pueden descartarse cambios en la estructura biótica, por incremento del fuego, y degradación por erosión o aridización marcada. El cambio climático tendría un efecto desestabilizador, posiblemente un efecto directo de desertificación y un cambio y pérdida de biodiversidad

Orobiomas andinos: Selvas andinas

Las variaciones en las zonas de vida andinas previstas por el modelo de desplazamiento de las Zonas de vida de Holdridge y coberturas vegetales de Colombia afectadas por el cambio climático a $2xCO_2$, señalan un desplazamiento hacia condiciones de zonas de vida de naturaleza más seca y más cálida.

La alta fragilidad de los bosques andinos de montaña, unida a la enorme tensión antrópica en que se encuentran por reducción de área, fragmentación, pérdidas bióticas y degradación, los hace uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático. La adaptación sólo podría preverse, desde ahora, mediante amplios programas de conservación de los relictos, de restauración ecológica y creación de corredores de conservación y el mejoramiento ecológico general de los agroecosistemas circundantes.

Orobiomas andinos: Páramos

Los cambios previstos por el modelo de desplazamiento de las Zonas de vida de Holdridge y coberturas vegetales de Colombia afectadas por el cambio climático a $2xCO_2$, señalan un desplazamiento de las Zonas de vida llamadas como montañas, hacia condiciones más altas y más secas. Las Zonas de vida de Holdridge de las altas montañas, en lo que llamamos los pisos del superpáramo, altoandinos y nivales, se encuentran entre los más amenazados al cambio climático.

El desplazamiento de las zonas de vida de páramo hacia las partes más altas, según el modelo, tendría consecuencias muy acentuadas. Las condiciones del páramo actual se encontrarían entonces desplazadas hacia arriba; sin embargo la posibilidad de desplazamiento vertical no existe en todos los páramos del país. En general se considera que el páramo es uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático. Con todo, se perfilan claramente dos escenarios de adaptabilidad de los páramos al cambio global. Con todo, la adaptabilidad al cambio climático en estas alturas dependería, en último término, de la velocidad de ocurrencia del mismo. Aun los escenarios más optimistas predicen cambios que estarían muy por encima de la capacidad que tienen las poblaciones de plantas de moverse por reemplazo generacional, paulatinamente, hacia más arriba. El futuro de los páramos y su biodiversidad, en escenarios de cambio climático presenta, entonces, muy poca incertidumbre: el cambio sería fatal. En los superpáramos cualquier escenario es funesto para el futuro de su biodiversidad, la cual, en gran parte, es endémica.

Ecosistemas acuáticos continentales

El modelo de Holdridge aplicado no permite ninguna clase de proyección sobre todos los tipos de ecosistemas distribuidos con cierta independencia de los factores climáticos considerados.

La vulnerabilidad de los humedales al cambio climático, en general, depende de la afectación de los procesos hidrológicos que los sustentan.

Agroecosistemas

No puede establecerse un patrón general de comportamiento posible de los agroecosistemas ante el cambio global. Esto porque en Colombia este tipo de sistemas han sido establecidos en prácticamente todos los ecosistemas naturales que existen. Los mismos agroecosistemas pueden, en primera instancia, visualizarse como una forma de transformación o tensión sobre el ecosistema natural. Así, puede preverse que el futuro de los agroecosistemas se encuentra ligado al escenario de vulnerabilidad del ecosistema natural que les dio origen.

5.4.2.4 Lineamientos para la adaptación al cambio climático

El trabajo que se desarrolla actualmente consiste en establecer un ordenamiento territorial que incluya el concepto de una estructura ecológica principal para el país. Esto es, un escenario territorial de planificación que considere la estructura espacial de los ecosistemas naturales y los ecosistemas manejados, con objetivos tales que disminuirían la incertidumbre del efecto del cambio climático sobre sus valores o funciones.

5.4.3 Vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña ante el cambio climático

5.4.3.1 Introducción

En diferentes ámbitos se argumenta de manera fundamentada que los ecosistemas de montaña, en particular los páramos, presentan una mayor fragilidad en comparación con otros. Procesos relacionados con el cambio global podrían afectar seriamente estos ecosistemas, lo cual generaría adicionalmente problemas socioeconómicos y ambientales.

Los ecosistemas de páramo desempeñan papel importante: en diferentes aspectos son reguladores del recurso hídrico, albergue de un gran número de especies animales y vegetales, riqueza paisajística, etc. Por ello, los ecosistemas de alta montaña colombiana tienen un gran valor para el país y resulta necesario contar con información sobre su estado, dinámica y sobre su vulnerabilidad frente a fenómenos como los del cambio global.

Tomando en cuenta la anterior necesidad se plantea la realización de un análisis del estado de los ecosistemas de alta montaña, en especial los páramos, con el propósito de identificar potenciales impactos y la vulnerabilidad de estos sistemas al cambio global. Se requiere estudiar los posibles cambios en la alta montaña asociados a un cambio climático y evaluar su vulnerabilidad para poder plantear medidas de adaptación o mitigación como corresponda. Ante esta necesidad de integrar el conocimiento, analizar los cambios e identificar vulnerabilidades de la alta montaña a un cambio global, se realizó el trabajo cuyos resultados se registran en el presente reporte.

5.4.3.2 Metodología

Para desarrollar el presente trabajo se hizo uso de información publicada en la literatura científica, aunque también se utilizan datos de trabajos en curso como los del proyecto Ecoandes (*Ecoandes, 2001*); igualmente, se hizo uso de información (programas, mapas e imágenes) procesada por las Subdirecciones de Meteorología y de Ecosistemas del IDEAM, en particular la obtenida a través del trabajo de Gutiérrez (2000), relacionado con los cambios en las coberturas vegetales simuladas con el modelo de Holdridge

para dos escenarios climáticos: uno con la concentración actual del CO₂ atmosférico, el otro con el CO₂ duplicado. También se hizo el análisis comparativo de la dinámica de la vegetación de alta montaña con ayuda de imágenes Landsat para los años 1970-1990.

5.4.3.3 Conceptos generales y nomenclatura

Con la nomenclatura usada por los principales investigadores de la vegetación, el suelo y el clima de la alta montaña colombiana, se utilizará en el presente informe los términos Bosque Alto Andino, Subpáramo, Páramo (propriadamente dicho) y zona nival para indicar complejos de geo-ecosistemas zonales y azonales (en el sentido de Walter) ordenadas como cinturones altitudinales.

Al lado de estos términos, se utilizan también frecuentemente los de unidades bioclimáticas según Holdridge, identificadas con base en factores climáticos que aproximadamente definen ciertos tipos de vegetación global. Para lo alto andino son Bosque húmedo montano, Bosque muy húmedo montano y Bosque pluvial montano, luego Páramo subalpino, Páramo pluvial subalpino – Tundra pluvial alpina y formación nival.

5.4.3.4 Caracterización general de los páramos

Al referirse de la alta montaña y al páramo se consideran las siguientes categorías:

Subpáramo: zona altitudinal de vegetación entre el límite altitudinal original del Bosque andino continuo y el páramo propriadamente dicho. Presenta originalmente un mosaico de vegetación de páramo abierto (con gramíneas y frailejones), formaciones arbustivas y bosque alto andino. En las cordilleras Central y Occidental y localmente en la Oriental, esta zona puede faltar y estar reemplazado, por bosque alto andino.

Páramo (propriadamente dicho): zona altitudinal de vegetación de páramo abierto, entre subpáramo (o a veces el Bosque alto andino) y Superpáramo. Domina la vegetación abierta con gramíneas y frailejones pero se encuentran localmente formaciones arbustivas bajas o manchas de bosque alto andino, con frecuencia de colorado (*Polilepis*) y rodamonte (*Escallonia*) y otras.

Superpáramo: zona altitudinal de vegetación abierta y cobertura incompleta, arriba del páramo propriadamente dicho y debajo del límite de las nieves perpetuas. En la parte baja se pueden encontrar todavía pequeños arbustos y localmente pastizales azules.

Bosque Altoandino: Bosque de porte mediano hasta bajo que se encuentra entre el límite altitudinal continuo original del bosque andino y el subpáramo (o el páramo propriadamente dicho). Se encuentra con frecuencia encenillo, rodamonte, colorado, compuestas, etc.

Considerando las unidades bioclimáticas de la alta montaña los límites térmicos y de precipitación serían los que se presentan en la Tabla 5.13.

Unidades bioclimáticas	Límite térmico	Límite Pluvial
Nival	T < 1,5°C	
Tundra pluvial alpina	1,5°C - 3,0°C	500 - 1000 mm
Páramo pluvial sabalpino	3,0°C - 6,0°C	1000 - 2000 mm
Páramo subalpino	3,0°C - 6,0°C	500 - 1000 mm
Bosque pluvial montano	6,0°C - 12,0°C	2000 - 4000 mm
Bosque muy húmedo montano	6,0°C - 12,0°C	1000 - 2000 mm
Bosque pluvial montano	6,0°C - 12,0°C	500 - 1000 mm

Tabla 5.13
Límite térmico y pluviométrico de las unidades bioclimáticas en la alta montaña

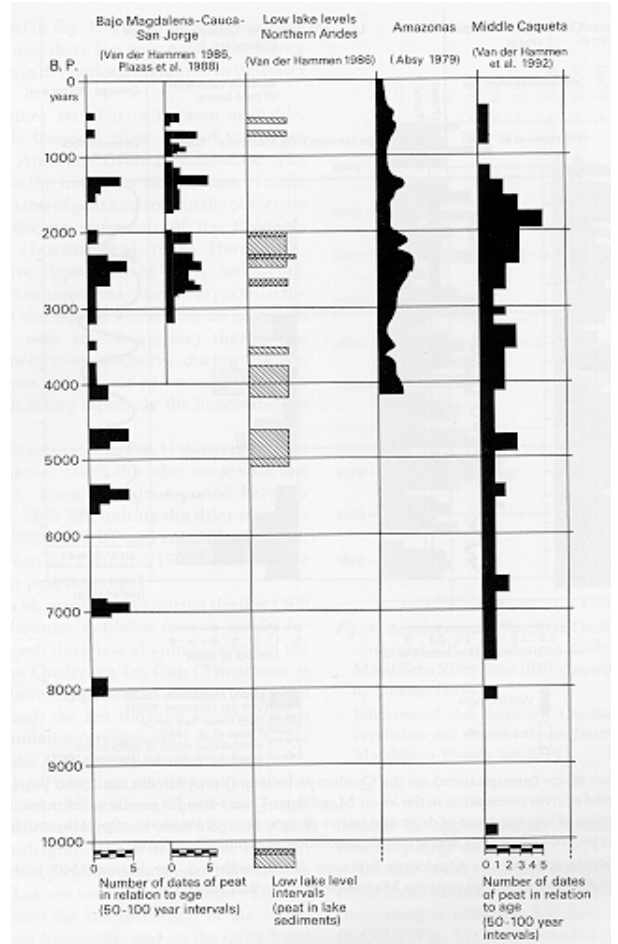
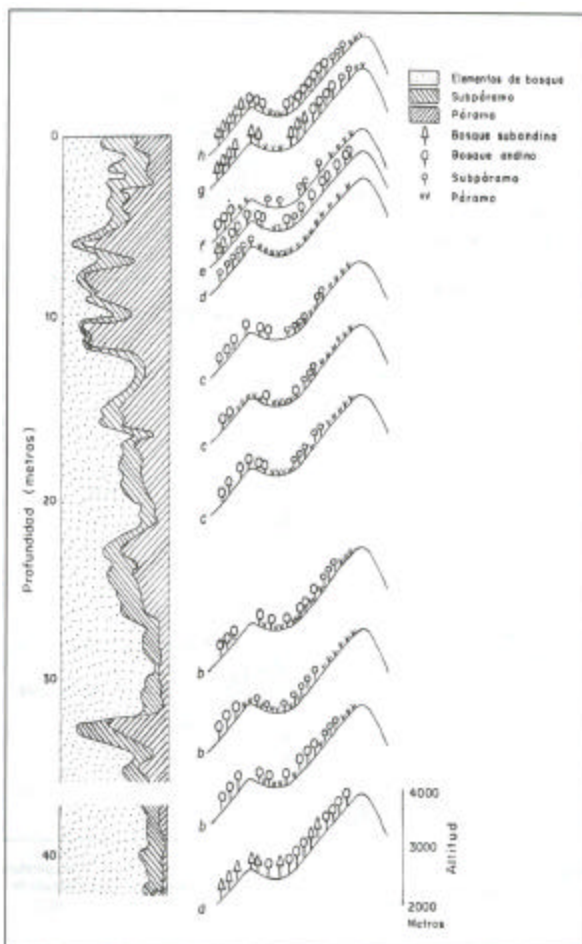
Los ecosistemas de páramo presentan una gran diversidad florística y comunitaria la cual, según diferentes autores, se debe a la insularidad de las zonas, la topografía y el efecto del modelado. Los tipos de vegetación predominante en los páramos son los matorrales (vegetación arbustiva con elementos leñosos), pajonales (vegetación herbácea dominada por gramíneas en macollas), frailejonales (vegetación con un estrato arbustivo emergente con rosetas de espeletia) y prados (vegetación con predominio del estrato rasante o herbáceo pobre en cobertura). En los páramos la diversidad comunitaria es mayor que en el bosque alto andino (hay centenares de comunidades vegetales descritas).

5.4.3.5 El cambio climático en perspectiva histórica

Existen numerosas evidencias de cambios climáticos en Colombia; hay muchas huellas de la última glaciación que terminó hace unos 10.000 años antes del presente. Modelados glaciares heredados indican que los glaciares de montaña descendieron hasta altitudes ligeramente inferiores a los 3.000 metros. Estudios palinológicos muestran que los pisos bioclimáticos sufrieron importantes desplazamientos altitudinales. Así, por ejemplo, los altiplanos de Cundinamarca y Boyacá por esa época tenían una vegetación similar a la de los páramos actuales.

Gráfico 5.3
Historia de la vegetación en la Sabana de Bogotá (región de la laguna de Fúquene, según Wijnstra, 1980) durante el último glacial (izquierda) y de los niveles de los ríos y lagos en territorio colombiano en el Holoceno (según Van der Hammen & Cleef, 1992) durante el último glacial (izquierda), que cubre respectivamente los últimos 100.000 y 10.000 años.

El último interglacial conocido como Holoceno se inició hace aproximadamente 10.000 años y el mayor calentamiento, conocido como máximo del Holoceno medio, se observó en el período entre los 6.000 y 2.500 años antes del presente. En la Gráfica 5.3 es posible ver los cambios en la distribución de la vegetación y de los niveles de los ríos y lagos colombianos en el Holoceno. Durante el máximo del Holoceno medio, el nivel superior del bosque andino y el inferior del páramo ascendieron considerablemente hasta ubicarse en la cordillera Oriental alrededor de los 3.500 metros sobre el nivel del mar y más alto. a) b)



5.4.3.6 Los impactos potenciales del cambio global sobre los ecosistemas de alta montaña

Los sistemas de alta montaña de Colombia, especialmente los páramos, serán impactados considerablemente por dos componentes del cambio global: el climático y el cambio en el uso de la tierra.

En cuanto al cambio climático, los fenómenos que directamente amenazan a los páramos son los concernientes a temperatura y precipitación, esencialmente. El incremento de la temperatura media del aire en el largo plazo impulsará el ascenso de la zona altitudinal sobre la cual se encuentran los ecosistemas de páramo. El área cubierta por éstos tenderá a disminuir y, al avanzar en altitud, se desplazará hacia la zona en la que los suelos se hacen cada vez más escasos. Esto generará cambios en la composición florística y comunitaria y alteración de la función de regulación hídrica.

Los páramos se han visto afectados por el avance de la frontera agrícola en áreas de alta montaña. El cambio en el uso del suelo generado por la transformación de las tierras para pastoreo o cultivos en la alta montaña afecta directamente el páramo.

En la medida en que el cambio climático evolucione, las áreas de páramo tenderán a reducirse. La presión de la actividad humana sobre estas zonas ha acelerado este proceso, lo cual podría culminar con la desaparición prematura de páramos importantes para el país.

La manifestación más clara del impacto del calentamiento global y del cambio climático en la alta montaña colombiana es la reducción del área de los nevados. Como se desprende del estudio específico sobre glaciares que se presenta en este mismo informe, en algunos casos y éstos ya han desaparecido.

5.4.3.7 La vulnerabilidad de los ecosistemas de páramo

Los páramos son vulnerables en la medida que ciertas condiciones propias de su localización no les permiten asimilar el impacto y, al recibirlo, tienden a desaparecer (no pueden mantenerse por encima de los toques de los cerros y montañas).

Vulnerabilidad frente al cambio climático

La localización en la parte alta de las montañas hace que cualquier avance ascendente de la zona de páramo esté asociado a una fuerte reducción de la misma, con lo cual podría disminuirse la diversidad florística, faunística y comunitaria. De otra parte, los páramos avanzarían a zonas donde son escasos, por la altura. En tal situación, la vulnerabilidad de los páramos es alta.

Las evidencias del clima del pasado y las simulaciones con diferentes escenarios de clima permiten establecer que el calentamiento global generará un ascenso considerable de las franjas del páramo. En la Tabla 5.14 se

Tabla 5.14
Cambios en las áreas de vegetación de la alta montaña colombiana en dos escenarios climáticos con simulación de los cambios de las formaciones vegetales del sistema de Holdridge (Gutiérrez, 2001)

Vegetación	1 X CO ₂	2 X CO ₂	Diferencia (2 X CO ₂ - 1 X CO ₂)	
	Área en hectáreas	Área en hectáreas	Área en hectáreas	% de cambio
Páramo	323.000	84.830	-238.170	-75
Superpáramo	40.500	6.000	-34.500	-85
Nival	45.500	1.800	-43.700	-95

observa una comparación de las áreas de páramo observadas en dos escenarios (CO₂ actual y duplicación del CO₂) utilizando el modelo de Holdridge aplicado por Gutiérrez, 2001. Como es posible observar se da una reducción significativa de las áreas de las diferentes formaciones vegetales, correspondientes a la alta montaña.

Vulnerabilidad ante el avance de la actividad humana

La adecuación de espacios en la alta montaña para diferentes actividades socioeconómicas, en particular para ganadería y agricultura, causan impacto negativo en los ecosistemas, ya que reducen la diversidad biológica de los mismos. El hecho de que los páramos se encuentren en una altitud en la cual se desarrolla una intensa actividad socioeconómica, que incrementa la vulnerabilidad de estos ecosistemas.

A manera de ejemplo, en la Tabla 5.15 se presentan los resultados del análisis comparativo de los procesos que ocurrieron en el páramo de Laguna Verde en dos períodos (los decenios de los 70s y 90s) con base en análisis de imágenes de satélite Landsat. En esta tabla es posible apreciar la drástica reducción del área correspondiente a los arbustos de páramo y del páramo en general, del avance de pastos y cultivos. La desaparición de las formaciones arbustivas de páramo ha sido causada probablemente por las quemaduras y el avance de la agricultura y de la ganadería.

Tabla No. 5.15 Cambios en la cobertura vegetal en el área del páramo de Laguna Verde ocurridos entre los años 70s y los 90s.

Vegetación	1970s	1990s	DIFERENCIA	
	Área en hectáreas	Área en hectáreas	Área en hectáreas	%
Vegetación de páramo abierto	12.943	14.595	1.652	13
Arbustos de páramo	10.079	619	-9.460	-94
Total de páramo	22.022	15.214	6.808	-30
B. alto andino	14.754	12.828	-1.926	-13
Pastos	4.093	8.448	4.355	106
Cultivos	3.914	10.313	6.399	164

Esta situación, que parece ser ilustrativa de lo que pasa en los páramos, es altamente preocupante. El avance de la agricultura y ganadería en las zonas de alta montaña lleva a la destrucción relativamente rápida de los páramos. En esto, es probable que tenga gran peso la agricultura desarrollada con maquinaria pesada y las quemaduras.

La incursión de los procesos socioeconómicos en el territorio paramuno implica un avance en la explotación del suelo y que en el futuro próximo podría mostrar un bioclima de bosque.

5.4.3.8 Conclusiones

La localización de los ecosistemas de alta montaña hace que, en ascensos asociados a un calentamiento, se genere una reducción del área y disminución de la diversidad biológica que ellos albergan. Debido al avance por la vertical, el área del ecosistema se reduce y tiende a desaparecer. Esta localización particular en la alta montaña los hace vulnerables a este impacto del cambio climático.

Además, la ubicación en una franja altitudinal en la que hay procesos socioeconómicos de alta dinámica, incrementa considerablemente la vulnerabilidad. Es de esperar que si continúa la tendencia a estos procesos en la alta montaña avanzará el desarrollo de la agricultura y la ganadería en la zona de páramo, ya parcialmente utilizada por estas actividades, y se comenzará a utilizar la zona más alta, hasta el límite de las muy pequeñas zonas de superpáramo que quedan. De ser así desaparecerán de manera rápida estos ecosistemas y con ello se acabaría su biodiversidad y su función de regulación hídrica.

5.4.3.9 Recomendaciones sobre medidas de adaptación y mitigación

Los ecosistemas de páramo se ven afectados, de manera permanente, por dos procesos: el cambio climático y el avance de la actividad socioeconómica. Dado que cumplen una función importante en el ciclo hidrológico nacional y representan gran riqueza biológica del país, estos ecosistemas deben ser conservados. Para ello es necesario reducir su vulnerabilidad ante la amenaza de los fenómenos asociados al cambio global.

En consideración a que el cambio climático es un proceso global difícil de controlar regionalmente, se deberían tomar acciones para que por lo menos se permita la adaptación natural. En tal sentido, es necesario controlar el avance de la actividad humana hacia las zonas de páramo. Es urgente, entonces, llevar a cabo una política orientada a limitar gradualmente la actividad socioeconómica en la zona altitudinal del páramo, y declarar estas áreas reservas de la biodiversidad y del agua. No obstante, para esto se requiere considerar las especificidades y profundizar los estudios socioeconómicos y de tenencia de la tierra en cada páramo, de manera prioritaria e inmediata.

Es una medida fundamental, o por lo menos restringir, drásticamente la ampliación de las actividades de la agricultura tecnificada con maquinaria pesada y las quemadas. Debería iniciarse en el corto plazo un programa de disminución gradual de la actividad agrícola y ganadera (incluidas las quemadas). También, se deberían desarrollar planes con el propósito de sustituir labores agrícolas de tierras de páramo por otras a menor altitud.

En una implantación gradual de las anteriores acciones propuestas, debería comenzarse un proceso, de unos 10 años de duración, que limite las actividades agropecuarias inicialmente arriba de los 3.600 msnm, luego arriba de 3.500 msnm, y así sucesivamente. El costo de estas acciones se financiará con los recursos de un fondo conformado por recursos internacionales de apoyo a proyectos de adaptación y los que se generen por los usuarios del agua en pueblos y ciudades (un fondo ambiental basado en una sobretasa por cada m³ de agua usado).

5.5 Vulnerabilidad de las zonas glaciares al cambio climático

5.5.1 Presentación

La máxima extensión de los glaciares en Colombia se dio hacia los 35.000 años antes del presente (A.P.) (Van der Hammen, 1985), cuando cubrieron las áreas superiores a los 3.000 (± 200) msnm y cubre una superficie aproximada de 17.109 km² (Flórez, 1992).

Se ha tomado como fin de la última glaciación y comienzo del interglacial o época actual una época media de 10.000 años A.P. Entonces a partir de aquel óptimo térmico la temperatura ha mermado gradualmente, pero con descensos y ascensos cortos.

El último avance glacial (formación de hielo), conocido como la Pequeña Edad Glacial (PEG) o Neoglaciación, ocurrió entre los años 1600 y 1850 D.C. período en el cual los glaciares colombianos se recuperaron un poco con un límite inferior del hielo que alcanzó los 4.200 msnm cerca al Ecuador, 4.400 msnm en la parte central de los Andes colombianos y 4.600 msnm en la Sierra Nevada de Santa Marta (Flórez, 1992).

De entonces al presente los glaciares han ido en pleno retroceso y la velocidad de derretimiento se ha incrementado ante la presencia de fenó-

menos climáticos extremos. Por consiguiente, las masas glaciares remanentes en Colombia son tan sólo restos de la última glaciación y con tendencia acelerada a desaparecer si persiste el calentamiento global. En el país se identifican actualmente seis masas glaciares o nevados con una tendencia generalizada a la desaparición. En efecto los actuales glaciares colombianos han perdido desde el año 1850 D.C., un 80% de su área y de continuar esta tendencia, desaparecerían en un futuro próximo.

Aquí se describe la metodología seguida para el monitoreo de glaciares, con los resultados obtenidos y los posibles efectos de la fusión glaciaria en la población que de alguna forma está aprovechando el recurso hídrico.

5.5.2 Aspectos metodológicos

La alta montaña, en especial el piso glaciario, es una de las áreas más sensible a los cambios climáticos; estas variaciones controlan a largo plazo el comportamiento de un glaciar. A pesar de ello, los glaciares del país han sido poco investigados y su evolución, hasta mediados del siglo pasado, sólo ha sido descrita por excursionistas y andinistas mediante observaciones de campo; por esta razón, infortunadamente no existen registros directos (antiguos) donde se cuantifique la disminución y/o desaparición de las masas glaciares del país. Solamente, hasta el año 1986, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, en convenio con el gobierno alemán (a través de la Universidad de Osnabruck) implantó una metodología con el fin de determinar la dinámica de los nevados existentes (a través de mediciones directas) y la evolución de estos utilizando fotografías aéreas. Las medidas directas e indirectas, han sido y son en la actualidad, la metodología básica para el desarrollo del estudio. A continuación, se describen cada una de estas medidas.

Mediante la metodología inicial adoptada por el convenio ya mencionado, se realizaron marcas sobre rocas o taludes que han servido como referencia para determinar la disminución longitudinal (retroceso glaciario) en el volcán nevado Santa Isabel y en la sierra nevada de El Cocuy.

Las mediciones de retroceso glaciario se llevan a cabo sobre la vertiente occidental del volcán nevado Santa Isabel y en la vertiente occidental de un sector de la sierra nevada de El Cocuy (Picos: El Pulpito del Diablo, Pan de Azúcar, El Cóncavo, El Toti y Hoja Larga); vale la pena mencionar que por su característica geomorfoestructural los glaciares de esta sierra reposan sobre el flanco oeste de la cordillera.

La influencia del clima en el proceso de deglaciación se ha establecido mediante el comportamiento de algunos parámetros climáticos como el brillo solar, temperaturas (máxima, media y mínima) y precipitación, entre otros, no obstante la escasez de estaciones climatológicas en altitudes superiores a los 4.000 msnm. Los registros de retroceso glaciario sobre la vertiente occidental del Santa Isabel han sido correlacionados con la información de la estación Las Brisas ubicada sobre la misma vertiente a 4.150 msnm y a una distancia de 20 kilómetros, aproximadamente; es importante mencionar, además, que las relaciones establecidas a partir del comportamiento glaciológico (retroceso glaciario) sobre un sólo costado del nevado, son válidas y de mucha importancia, si se tiene en cuenta la ubicación sobre la misma vertiente de la información climática.

Para la sierra nevada de El Cocuy, se han monitoreado seis lenguas glaciares desde el año 1986, sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental y aunque los datos de retroceso glaciario son de menor frecuencia (debido a las dificultades para la captura de la información), se han esta-

blecido algunas relaciones con el comportamiento de las temperaturas de la estación El Cocuy, ubicada, de igual forma, sobre la vertiente occidental de la sierra, a 3.800 msnm y a una distancia de 18 kilómetros aproximadamente.

El factor topográfico controla la presencia de las masas glaciares sobre el flanco oeste de la sierra, debido a que las pendientes por el otro flanco, este, son extremadamente fuertes y no dan lugar a la permanencia del hielo sobre este costado de la cordillera. Por lo anterior, el monitoreo glaciológico, como ya se dijo, se realiza sobre la cara occidental de la sierra, lo que coincide con los registros a nivel de clima de la estación El Cocuy. Esto permite analizar la evolución climática de la vertiente con la dinámica glacial sobre el mismo flanco.

Con el fin de determinar las pérdidas de agua para el nevado Santa Isabel en un periodo dado (1959-1996), se han establecido, en campo, puntos de control de alta precisión para realizar la restitución de pares estereoscópicos de fotografías aéreas para cada una de las fechas de toma. Esto, sumado a las mediciones de densidad de la nieve, permitirá conocer el volumen de agua perdido en 37 años. Aunque el cálculo de este volumen es realizado mediante un método indirecto, el geoposicionamiento de los puntos de control, así como las medidas de densidad de la nieve, son tomados directamente en el terreno.

Mediciones indirectas: La falta de registros cuantitativos antiguos mediante mediciones directas, se ha suplido con la interpretación de fotografías aéreas. Con esta herramienta se ha determinado el área glacial para las diferentes épocas de toma y se ha establecido a partir de rasgos geomorfológicos (depósitos morrénicos), con la respectiva comprobación de campo, el límite glacial para el final de la Pequeña Edad Glacial (1850). La relación de años de toma de las aerofotografías utilizadas, se presenta ahora:

- Sierra nevada de Santa Marta: 1939, 1954, 1981, 1989 y 1995.
- Sierra nevada de El Cocuy: 1955, 1985 y 1994.
- Volcán nevado del El Ruiz: 1959, 1975, 1985, 1986, 1990 y 1997.
- Volcán nevado Santa Isabel: 1946, 1959, 1966, 1970, 1978, 1991 y 1996.
- Volcán nevado del Tolima: 1946, 1958, 1987 y 1996.
- Volcán nevado del Huila: 1959, 1965, 1981, 1990 y 1996.

De igual forma, se ha establecido la desaparición de algunas masas glaciares desde mediados del pasado siglo hasta finales del mismo, y la evolución glaciogeomorfológica y lagunar de los glaciares actuales del país. Algunas de las mediciones recientes de área han sido realizadas por Flórez (1992), Ingeominas-Popayán (1996), IDEAM (1996) e IDEAM-UNAL (1997).

5.5.3 Resultados obtenidos

Aunque no tienen la misma periodicidad, las mediciones de retroceso glacial han permitido establecer índices (pérdidas anuales) y determinar la influencia de fenómenos climáticos extremos, como El Niño o La Niña.

Los registros de retroceso glacial para el volcán nevado Santa Isabel se correlacionan muy bien con la dinámica reciente de la sierra nevada de El Cocuy (sobre rocas sedimentarias). Lo anterior sugiere una incidencia acentuada de la evolución del clima, *descartando* en cierta forma el factor geológico. Mediciones en campo durante la última década (1990-2000), indican un retiro lineal del hielo entre 10 y 15 m anuales en promedio, que puede variar de acuerdo con condiciones climáticas extremas. Registros tomados durante

la presencia del último Fenómeno Cálido del Pacífico (1997-1998) en la sierra nevada de El Cocuy, mostraron un incremento en el retroceso del doble de lo normal. Por el contrario, mediciones en diciembre del 2000 en el volcán nevado Santa Isabel, indican un receso inferior a lo normal asociado a la presencia del último Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña).

Los análisis realizados a través de los resultados obtenidos por Flórez (1992), han permitido conocer aproximadamente la pérdida en área desde 1850 (final del Neoglacial) hasta la actualidad para cada nevado; en general dicha pérdida está entre un 60 y un 80%, esto indica una marcada disminución de los nevados actuales del país desde dicha época.

Las mediciones de área, para los límites glaciares en las diferentes épocas de toma, con que se cuenta en el país, han permitido realizar curvas de regresión y determinar matemáticamente la tendencia futura de cada uno de ellos, a partir del cálculo de pérdida anual. Así mismo, a través de fotointerpretación, se conocen las áreas glaciares actuales del país a través de los últimos vuelos realizados en estas regiones y, de igual forma, se ha reportado la desaparición de nevados como el Puracé, Galeras, Sotará, Quindío, Cumbal y El Cisne, entre otros. Es importante también mencionar la evolución lagunar en áreas periglaciares y su progresivo proceso de desecación, en su mayoría generado por la presencia de procesos asociados a la escorrentía.

Para el volcán nevado Santa Isabel, correlaciones realizadas entre la disminución longitudinal (retroceso glaciar) y el comportamiento de temperaturas y brillo solar sobre la misma vertiente (oeste), han demostrado una estrecha relación, lo que confirma la gran influencia del clima en el proceso progresivo de deglaciación. Para la sierra nevada de El Cocuy algunas variaciones climáticas se demuestran con información de temperatura de la estación climatológica más cercana a la zona de mediciones, a una altitud de 3.700 m, la cual indica un aumento en la temperatura media de casi un grado y medio, afirmando con esto una causa del rápido receso glaciar.

Los trabajos en campo han permitido también determinar características propias de cada glaciar que inciden en la disminución glaciar, como son la pendiente y la presencia de detritos, que aumentan la absorción de radiación y, por consiguiente, la fusión del hielo.

Vale la pena destacar que es poca la observación sobre los nevados en relación con su larga historia, pero a medida que se desarrolle su investigación y se tengan más registros, se conocerá mejor su comportamiento, en especial la información que ellos puedan aportar al entendimiento de los cambios climáticos.

5.5.4 Posibles efectos de la deglaciación en la población

El seguimiento y el monitoreo de los glaciares en Colombia han permitido definir algunos escenarios que podrían sufrir modificaciones, debido a la futura desaparición de las áreas glaciares del país.

No obstante ser un potencial hídrico, vale la pena mencionar que el volumen de agua producto de la deglaciación es pequeño, comparado con los grandes volúmenes que se presentan entre los 3.200 y 3.600 msnm, que es el rango altitudinal donde se presentan las mayores precipitaciones. Lo anterior no implica desconocer ni subvalorar, que muchos de los pobladores de áreas aledañas a glaciares, se benefician de una u otra forma del agua proveniente del deshielo. Las masas glaciares podrían ser, en un momento dado, una solución como reservorio de agua, ante fenómenos climáticos que implican largos periodos de sequía.

La oferta hídrica de glaciares como El Ruiz, Santa Isabel y Tolima, en el parque nacional natural Los Nevados (Corpocaldas, 2000), y la sierra nevada de El Cocuy (IDEAM, 1998) es una fuente para el suministro de agua en los municipios aledaños a estas zonas glaciadas. Los acueductos de las cabeceras municipales de Chinchiná, Palestina, Manizales, Santa Rosa de Cabal, Pereira, Armenia e Ibagué entre otros, se abastecen de los ríos que nacen en la zona alta del parque nacional natural Los Nevados, por encima de los 3.000 msnm (Corpocaldas, 2000). Una situación similar se presenta en los municipios aledaños a la sierra nevada de El Cocuy (Güicán y El Cocuy), donde existen canales de drenaje que abastecen a la región.

Los posibles impactos que sufrirían tanto el medio biofísico, como el socioeconómico, dependerá de la forma gradual como se adapten cada uno de ellos a la evolución de las áreas glaciares. Ante un proceso que es considerado como irreversible, vale la pena plantear mecanismos de mitigación para los pobladores que se surten del recurso hídrico proveniente del deshielo.

De otro lado, es importante mencionar los riesgos para la población que habita en el área de influencia a zonas glaciares, los cuales están relacionados con avalanchas producto de la reactivación volcánica, lo que genera grandes volúmenes de agua mezclada con material volcanoclástico y por consiguiente grandes catástrofes (caso Armero).

5.6 Vulnerabilidad del sector agrícola

5.6.1 Generalidades

El análisis de la vulnerabilidad¹⁰ del sector agrícola ante el cambio climático en Colombia se desarrolló mediante la metodología denominada *analogía espacial*, la cual permite:

1. Definir rangos bioclimáticos en función de la temperatura media del aire y la precipitación anual¹¹ y definir los tipos de cultivos¹² en cada uno de los rangos bioclimáticos, 2. Estimar los cambios de área de los rangos bioclimáticos actuales con la suposición de una duplicación de dióxido de carbono para determinar los rangos bioclimáticos más vulnerables. 3. Integrar al análisis tipos de oferta edáfica¹³ para restringir las áreas de los rangos bioclimáticas, según la capacidad agraria de los suelos para el desarrollo de cultivos y 4. Realizar un análisis que tenga en cuenta los procesos de desertificación potencial hacia el futuro en las áreas de agricultura intensiva y distritos de riego.

5.6.2 Desarrollo del análisis

5.6.2.1 Incertidumbres

Para el desarrollo de este estudio se consideraron conjuntos de cultivos organizados por rangos bioclimáticos analizados en una escala espacial de 1:1'500.000 y una escala temporal anual, lo cual permite obtener resultados globales sobre la vulnerabilidad del sector agrícola. Las estimaciones del área total se realizaron de acuerdo con un sistema de información geográfica y un método de interpolación espacial de las variables climáticas, temperatura del aire y precipitación para el territorio colombiano.

Es importante anotar que las estimaciones espaciales realizadas tienen un error de estimación¹⁴ proveniente de: 1. El número de puntos geográficos empleados para la interpolación (densidad) y 2. El método de interpolación

empleado. Por lo tanto, la incertidumbre puede ser atribuida a la suma de los errores de estimación señalados antes.

5.6.2.2 Ajustes de la metodología para complementar la metodología del IPCC.

Se sugiere ver la metodología planteada por la FAO, 1996 en la publicación *Global Climate Change and Agricultural Production*, la cual plantea el desarrollo de una función de pérdida para una unidad de exposición ante el cambio climático y plantea el uso de una función de probabilidad de una variable climática y una de sensibilidad ante el cambio climático de la unidad de exposición.

Los resultados de la metodología analogía espacial se pueden complementar con el desarrollo de las siguientes temáticas: 1. Analisis de la relación entre variabilidad climática extrema¹⁵ (Fenómenos Cálidos y Fríos del Pacífico, El Niño y La Niña) y rendimiento de los principales cultivos. Este análisis permite realizar una inferencia hacia el futuro de la vulnerabilidad de algunos cultivos teniendo en cuenta los cambios en variables climáticas como temperatura del aire y precipitación 2. Cuantificación de la relación entre variabilidad climática y rendimiento 3. Implementación de un calendario agrotecnológico sostenible que contribuiría al desarrollo de los siguientes aspectos: relacionar los requerimientos fisiológicos y las fases vegetativas de los cultivos; diagnosticar la oferta ambiental edáfica agropecuaria, la capacidad del ecosistema de tolerar las actividades y tecnologías agropecuarias, la susceptibilidad del medio a la degradación por erosión, compactación, salinización, sodización, aluminización, pérdida de la materia orgánica y prevenir riesgos por condiciones climáticas y biogeoedáficas en el tiempo real. 4. Inclusión de la información de oferta hídrica, 5. Evaluación de la vulnerabilidad de las características biofísicas de los suelos ante los efectos del cambio climático. 6. Adelantar la investigación relacionada con el aprovechamiento de la información de sensores remotos, la identificación, georreferenciación y caracterización de cultivos específicos.

5.6.3 Resultados

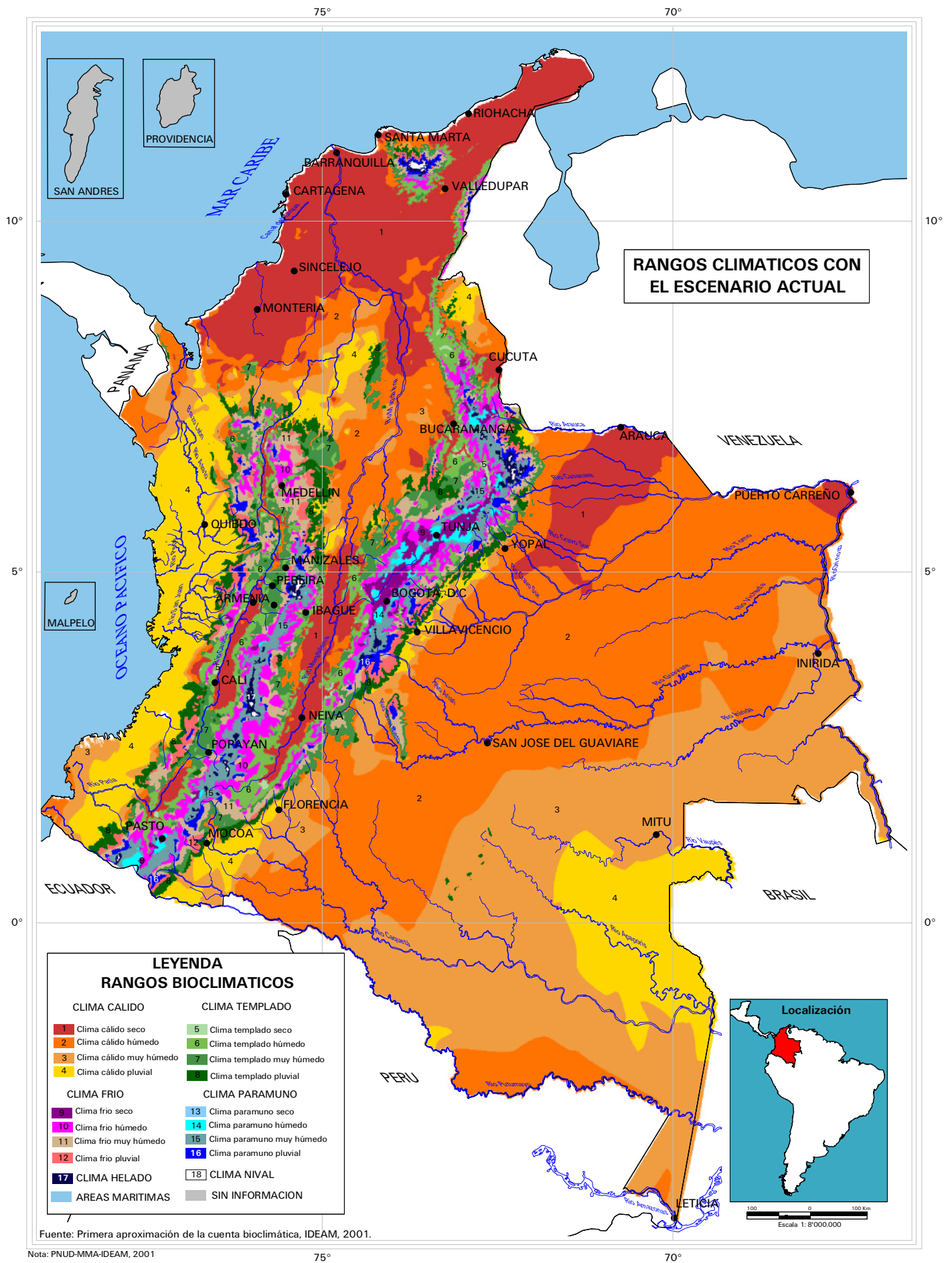
En el mapa *Rangos climáticos con el escenario actual* se presentan las áreas de los rangos bioclimáticos actuales, y en el mapa *Rangos climáticos con el escenario de duplicación de dióxido de carbono* las áreas de los rangos bioclimáticos bajo el supuesto de una duplicación de dióxido de carbono en el territorio colombiano. Comparando estos dos mapas, se puede observar que las áreas con mayores cambios corresponden a: Clima Cálido Pluvial (aumento del 13%) y Clima Cálido Húmedo (disminución del 12,7%).

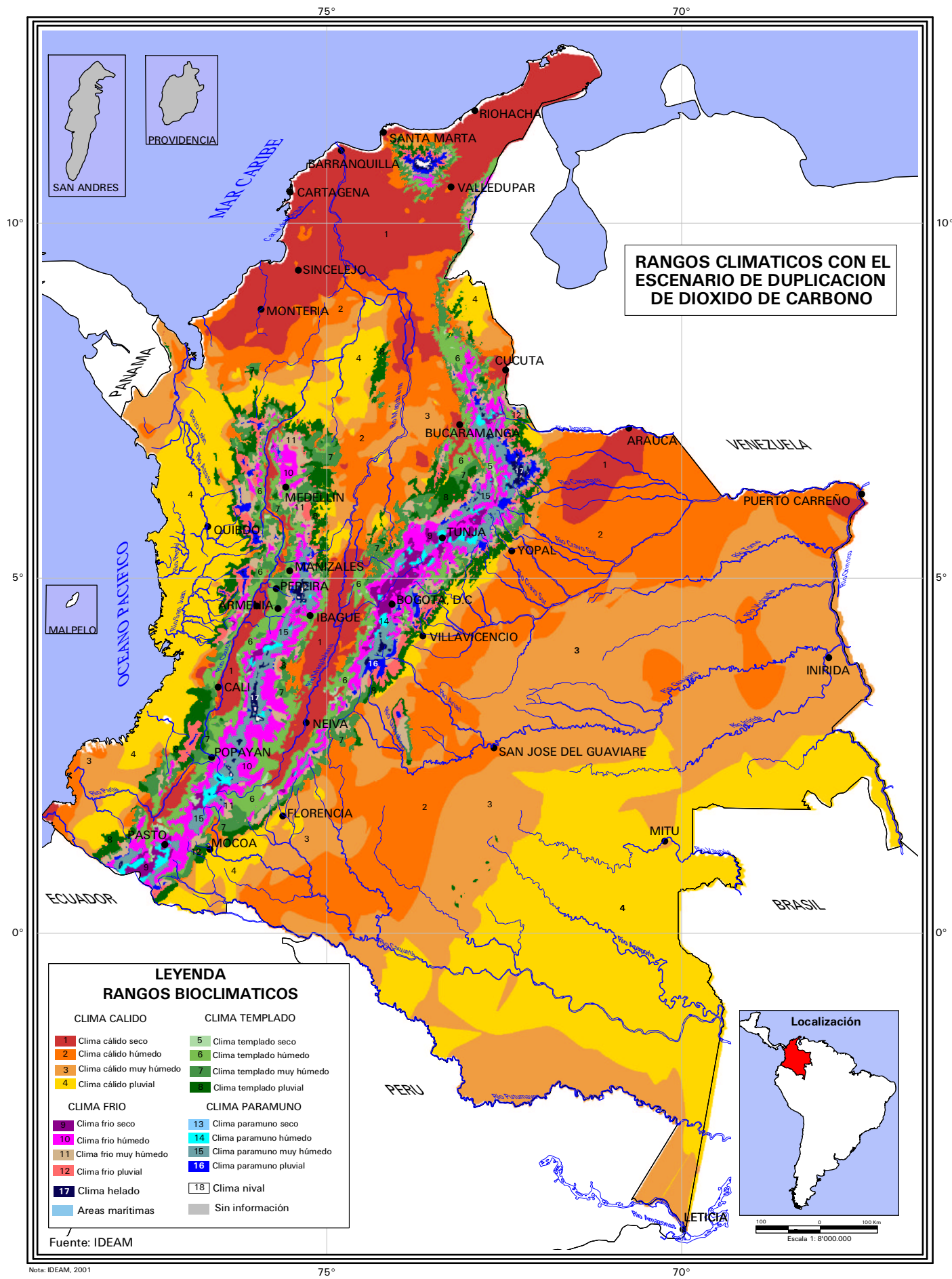
Con el fin de restringir las áreas de los rangos bioclimáticos se tiene en cuenta la oferta edáfica en cuatro categorías: muy baja, baja, moderada y alta, para así establecer las áreas que potencialmente son aptas para el desarrollo de cultivos.

En la tabla 5.16 se comparan los porcentajes de rangos bioclimáticos, teniendo en cuenta los tipos de oferta edáfica, bajo los escenarios actual y de duplicación de dióxido de carbono (2 x CO₂).

Tabla 5.16
Porcentaje de rangos bioclimáticos en cada categoría edáfica.

Oferta edáfica	% de rangos bioclimáticos en cada categoría edáfica		Diferencia entre escenario 2X CO ₂ y escenario actual
	Escenario Actual	Escenario 2 x CO ₂	
Muy Baja	17%	11%	-6%
Baja	50%	50%	0%
Moderada	33%	39%	6%
Alta	0%	0%	0%





De los resultados anteriores se puede concluir que la oferta edáfica, muy baja, que predomina en los rangos bioclimáticos actuales, se perdería en el 6% de ellos; la oferta edáfica baja que predomina en los rangos bioclimáticos actuales permanecería igual; y la oferta edáfica moderada que predomina en los rangos bioclimáticos actuales, se aumentaría en un 6%. El rango nuevo que predominaría con una oferta edáfica moderada sería el cálido seco.

Si se considera que la oferta edáfica permanece constante hacia el futuro, se establecen los cambios de área en cada uno de los rangos bioclimáticos con oferta edáfica alta, bajo el supuesto de duplicación de dióxido de carbono. Este cambio permite identificar los rangos bioclimáticos más vulnerables: frío húmedo, frío pluvial y paramuno muy húmedo, con una disminución promedio del 47,7%. Los rangos bioclimáticos menos vulnerables corresponden a aquellos en los cuales se presentaría el mayor aumento en área en la categoría edáfica alta, estos son: cálido muy húmedo (63,9%), cálido pluvial (53,5%) y templado seco (120%).

Teniendo en cuenta una evaluación de tierras aptas para la agricultura intensiva y el análisis de la susceptibilidad por procesos de desertificación y distritos de riego, se puede concluir que, de acuerdo con estudios realizados por el IDEAM (2001), que incluyen la evaluación de las características intrínsecas de los suelos y climáticas, 7'731.550 hectáreas, correspondientes al 7% del territorio nacional, son aptas para agricultura intensiva, pero sólo el 12,2% se encuentra en ecosistemas secos.

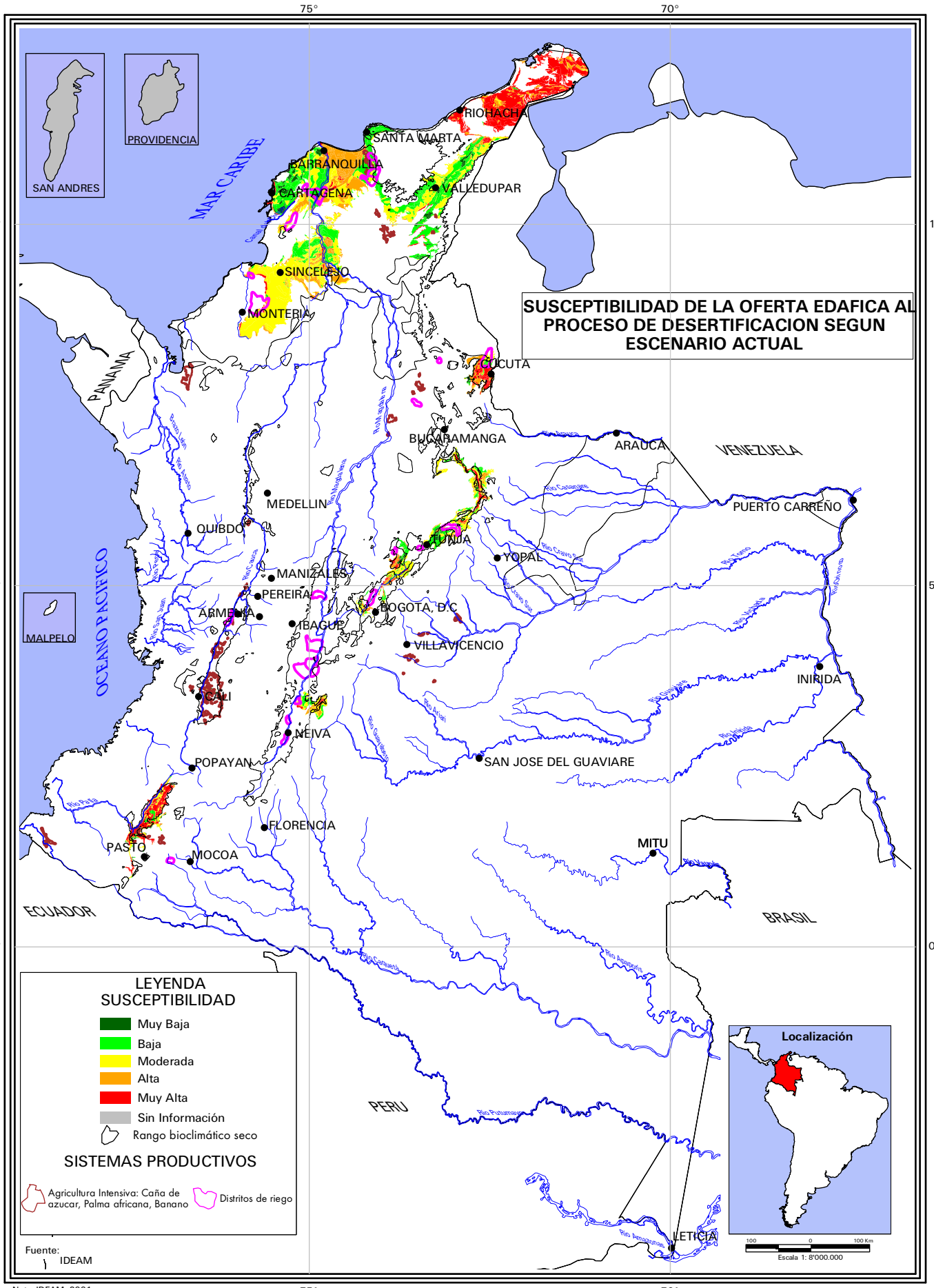
Respecto al análisis de susceptibilidad a los procesos de degradación por desertificación, se puede señalar que el área de ecosistemas secos es de 16 millones de hectáreas y con el escenario futuro desciende a 13 millones.

En los ecosistemas secos el área susceptible a los procesos de degradación por desertificación actual se incrementaría en relación con el área potencial de desertificación, al pasar del 13,2% al 42,2% del área del ecosistema (Ver mapas: *Susceptibilidad de la oferta edáfica al proceso de desertificación según escenario actual* y *Susceptibilidad de la oferta edáfica al proceso de desertificación según escenario de duplicación de dióxido de carbono*).

La oferta de los suelos para agricultura intensiva afectados por procesos de desertificación aumentaría en el área del ecosistema seco en 1,4%, las áreas de los cultivos de banano, caña de azúcar y palma de aceite, sobre suelos susceptibles a la degradación por desertificación, aumentaría en 3%.

Los 23 distritos de riego de gran irrigación de administración usuarios, INAT, se encuentran en ecosistemas secos. Actualmente, 15 de ellos están afectados por procesos de degradación por desertificación en un 32,2% de su área total. Con el escenario futuro de duplicación de dióxido de carbono, los 23 distritos de riego se verán afectados por procesos de degradación por desertificación en un 91,3% de su área total.

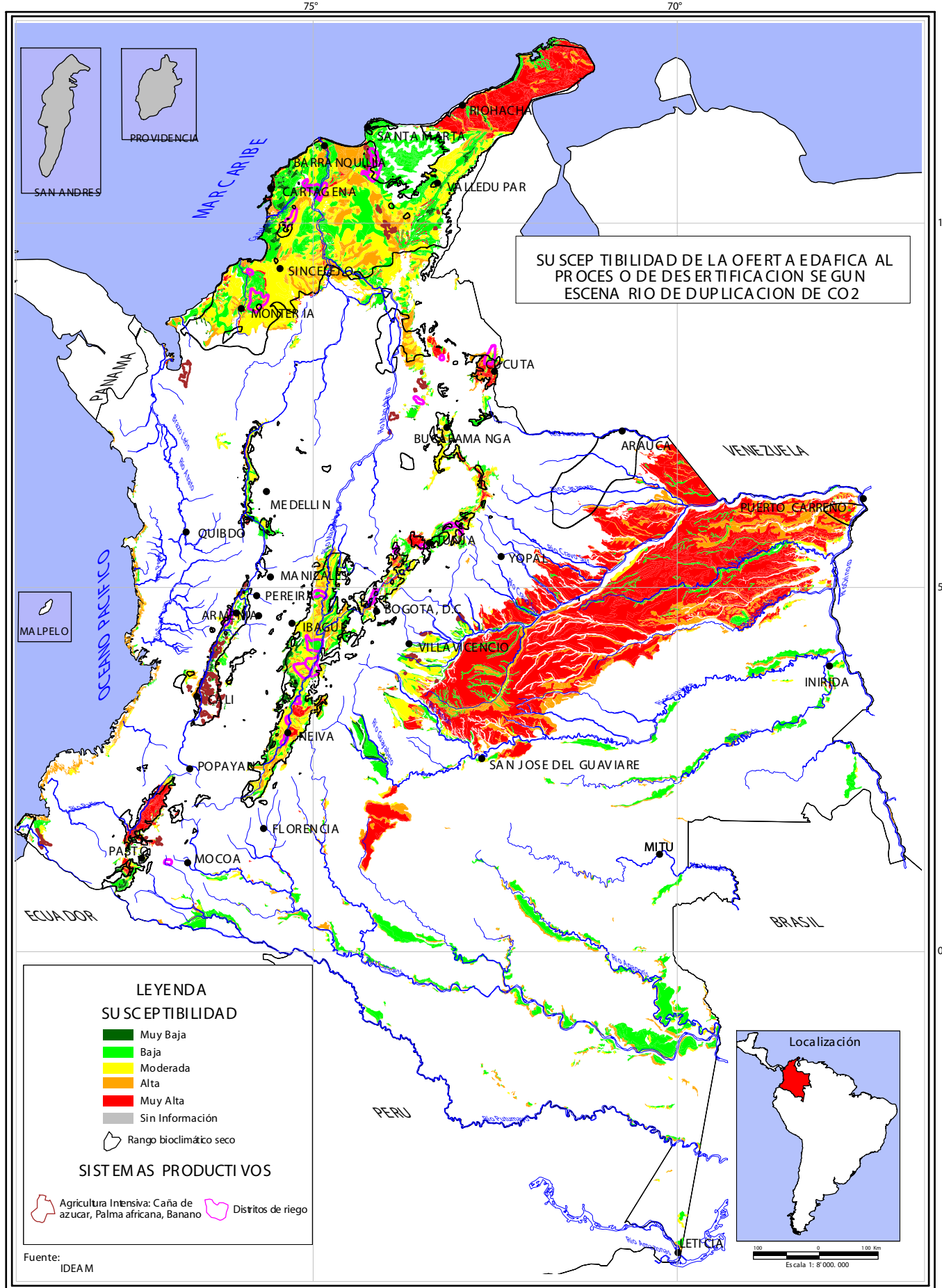
Aunque no se tiene un inventario preciso de las áreas ocupadas en agricultura intensiva en ecosistemas secos, aproximadamente el 10% de sus tierras está disponible para ser aprovechado en agricultura intensiva. Si en estas áreas se siguen utilizando los mismos tipos de agricultura y las mismas tecnologías, la amenaza de pérdida de productividad de estos suelos será alta. De acuerdo con lo anterior, es necesario implementar planes de manejo especial para los agroecosistemas en estas zonas secas.



Nota: IDEAM, 2001

75°

70°



Nota: IDEAM, 2 001

75°

70°

5.7 Vulnerabilidad de los suelos y tierras por desertificación

5.7.1 La desertificación en Colombia

En Colombia han realizado estudios relacionados con la desertificación varias entidades, entre ellas: los desaparecidos Instituto de Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente (Inderena) el Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (Himat); así como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC; el IDEAM; las Corporaciones Autónomas Regionales e institutos y centros universitarios de investigación. Han intervenido instituciones estatales, organizaciones no gubernamentales y ministerios como el del Medio Ambiente, Relaciones Exteriores y el Departamento Nacional de Planeación.

El IDEAM, como entidad del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y en el marco de la Convención de Lucha contra la Desertificación (CLD), adelanta un trabajo interdisciplinario, en una primera etapa localiza las áreas de acuerdo con el índice climático de la CLD, los indicadores bióticos, edáficos, geomorfológicos y hace una evaluación de los niveles de degradación y sostenibilidad de las tierras afectadas por la desertificación.

Varios autores han hecho referencia al proceso de la desertificación, el primero, Gonzalo Jiménez de Quesada [ca.1499-1579] quien llamó a las llanuras del Tolima Grande "el valle de las Tristezas" al ver los ecosistemas secos interandinos del Alto Magdalena.

Según estudios de una comisión francesa, áreas como Villa de Leyva y ciertos sectores de la cuenca alta del río Chicamocha fueron tierras de gran productividad agrícola no hace más de 200 años (Inderena, 1986).

Molano Campuzano (1990) identificó en 1963, 20 áreas de tierras muertas: Guajira, zona seca del litoral Caribe, zona semiárida de la Sierra Nevada de Santa Marta y Perijá, zona de La Gloria-Gamarra, área de Ocaña y del Táchira, valle del río de Oro, valle del Chicamocha, zona de la Candelaria, sector semiárido de Ubaté, sector del Tunjuelo, Soacha y Bosa, cañón del río Negro, Alto Magdalena, cañón del río Cauca, cuenca alta del río Sucio, La Planada en el Valle del Cauca, zona del Darién, cañón del Dagua, cuencas de los ríos Patía, Juanambú y Guáitara; a este proceso no se escapan los Llanos Orientales. Las zonas anteriores tienen una extensión de 20 millones de hectáreas.

Investigadores como Cortés (1984), indican que aproximadamente 41 millones de hectáreas tendrían erosión entre moderada y ligera, como ocurre en las serranías de Bolívar, Atlántico, Córdoba, Antioquia, Chocó, Huila, Tolima, Santanderes y Caldas. Por estos mismos estadios de erosión, entre moderada y ligera, pasaron años atrás las zonas que hoy son desérticas. Además, dividen el país en zonas de acuerdo con la deficiencia de humedad (relación precipitación/ evapotranspiración) y con la intensidad y magnitud del proceso de desertificación:

- Zonas secas: son áreas con deficiencia de humedad (provincias subhúmedas, semiáridas, áridas). Para 1984, en Colombia ocupaban una extensión total de 15.580.000 ha, correspondiente a 13,6 % del territorio nacional y cubrían gran parte de la costa Caribe, la Orinoquia, los valles del Alto Magdalena y del Cauca y algunas áreas de las cordilleras, que presentan ya síntomas del inicio del proceso de desertificación.

- Zonas en vía de desertificación: son algunas de las áreas señaladas en el mapa de Holdridge (IGAC, 1977) como pertenecientes a la formación bosque

muy seco tropical premontano y montano bajo de la provincia semiárida, por constituir paisajes intensamente erodados y desertificados; se han considerado como zonas en vía de desertificación para diferenciarlas de las regiones áridas en el sentido estricto de la palabra. Para 1984, esta unidad tenía una extensión aproximada de 720.000 ha, equivalentes a 0,6 % del país.

- **Zonas en proceso de desertificación:** son aquellas que evidencian condiciones climáticas especiales; la península de La Guajira (alta y media) se considera como una región desértica, en tanto que en el mapa ecológico de Holdridge (IGAC, 1977) está clasificada como zona de bosque espinoso y matorral desértico subtropical de la provincia árida. Para 1984, la extensión de estas áreas era de un millón de ha (0,8% del territorio nacional).

Para 1979, otros 9 millones de hectáreas acusaban procesos de erosión severos, incluidas zonas del Cesar (alrededores de Valledupar, Bosconia, El Copey y Robles), del piedemonte llanero (cerca de Aguazul, Paz de Ariporo, Monterrey y Hato Corozal) y del Huila (junto a Garzón, Suaza y Altamira) en vías de transformarse en "desiertos improductivos" (Guerrero, 1995).

Para este estudio el IDEAM propone un modelo multivariado, con análisis de diferentes indicadores, para definir las áreas del país que evidencian un proceso de desertificación y determinar su intensidad. Ver gráfico 5.4.

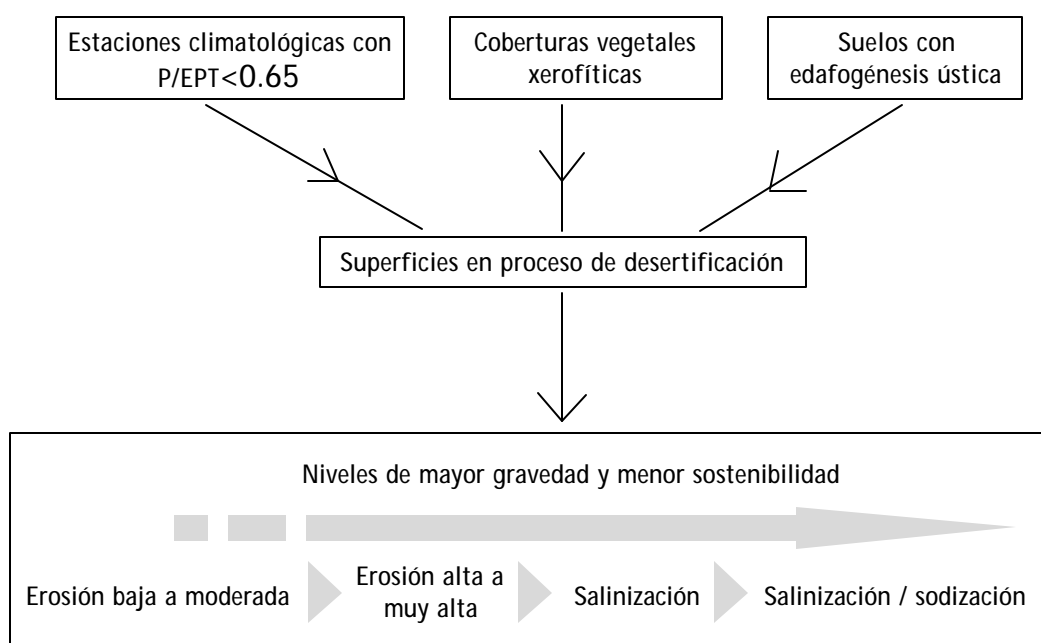


Gráfico 5.4
Modelo de evaluación
de la gravedad y
sostenibilidad de la
desertificación

Los indicadores y variables ambientales considerados para la determinación de las áreas en desertificación en Colombia son:

Clima: se establecieron las áreas según el indicador climático propuesto por la CLD, representado por una relación precipitación/evapotranspiración -P/ETP- menor de 0.65; para ello se evaluó la información pluviométrica en 1.522 estaciones climatológicas del país y en 59 de ellas el índice P/ETP estuvo por debajo de 0.65

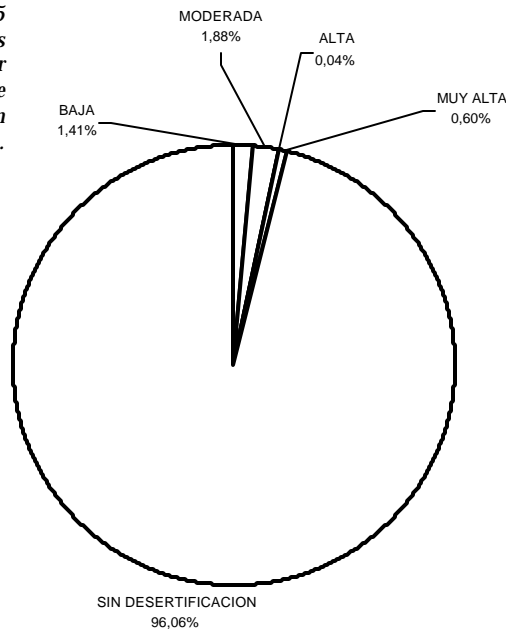
Biótico: Se tuvieron en cuenta las coberturas vegetales xerofíticas, que representan 620.426 ha; están cubiertas de xerofitia andina y 1'096.733 de xerofitia basal (presente a alturas menores de 1.000 msnm), equivalentes a 1,5 % del territorio nacional (IDEAM 1998).

Edáfico: Se estableció como indicador los suelos con pedogénesis ústicas (o desarrollados en climas secos) y sus grados de afectación por erosión, salinización y sodización. De acuerdo con las unidades de suelos identificados en el país, de las 76 áreas en que clasifica el IGAC los suelos colombianos (IGAC, 1983), 32 presentan edafogénesis ústica y údica, suelos propios de clima secos).

La gravedad del proceso de desertificación se determinó a partir de la información del IDEAM, 2000, de degradación de suelos y tierras por causa de la erosión, remoción en masa y sedimentación y los niveles de salinización y sodización de los suelos colombianos obtenidos del mapa del IGAC, 1983.

Luego del análisis de la información suministrada por los indicadores considerados en el modelo de desertificación, totalizar las tierras afectadas en Colombia 4'828,875 hectáreas, correspondientes a 4,1% del territorio nacional: en el 0,6%, el proceso alcanza niveles extremos de gravedad y de insostenibilidad, en tanto que en el 1,9 % los niveles son moderados y en el 1,4% restantes son leves (ver gráfico 5.5).

Gráfico 5.5
Porcentaje de áreas afectadas por distintos grados de desertificación en Colombia.



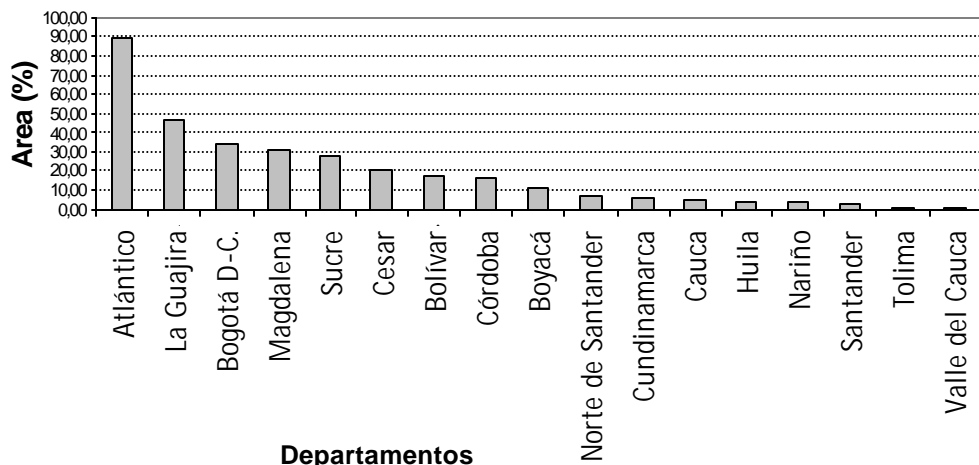
Si se amplía a 0,75 el rango del indicador climático establecido por Naciones Unidas (P/ETP), es posible definir áreas con un potencial alto de desertificación. De este modo, Colombia tendría una superficie adicional de 3'576.068 ha (3,1% del territorio nacional) susceptibles a este proceso, lo que es viable si se consideran los efectos futuros del cambio climático con aumento de la temperatura del aire y los efectos antrópicos al someter estos suelos a procesos de agricultura intensiva y a la explotación de hidrocarburos y minería, con tecnologías que generan impactos

ambientales en los suelos, la aguas, la fauna, la vegetación y el aire. Aunque el porcentaje de tierras afectadas por la desertificación es muy baja en el país, y más aún al compararlo con el de otros países latinoamericanos - de nueve países con desertificación en América Latina, Colombia ocupa el séptimo lugar (Anaya 1986), su localización en los principales polos de desarrollo no deja de ser una señal de alarma justificada.

5.7.2 Impactos de la desertificación en Colombia

Los impactos de la desertificación de los suelos y tierras en Colombia pueden ser medidos por el porcentaje de área afectada en diferentes unidades político-administrativas como departamentos y municipios y sectores productivos como cultivos intensivos. Los departamentos con más superficie en proceso de desertificación son, de mayor a menor, Atlántico, La Guajira, Magdalena, Sucre y Cesar, mientras que los afectados por un proceso grave de desertificación y con sostenibilidad baja son, en orden descendente: La Guajira, Santander, Boyacá, Norte de Santander, Cauca, Nariño y Huila, Ver gráfico 5.6, y tabla 5.17.

Gráfico 5.6
Área afectada por desertificación en Colombia. Niveles de gravedad de desertificación por departamento de acuerdo con los procesos de análisis.



Departamento	Niveles de desertificación					Area total en desertificación ha
	Muy baja ha	Baja ha	Moderada ha	Alta ha	Muy alta ha	
Bolívar	238,386	191,343	52,52	0	0	482,25
Boyaca	97,471	149,179	3,552	15,111	7,363	272,676
Cauca	46,548	3,481	10,475	85,775	0	146,279
Cesar	116,419	131,519	215,732	0	0	463,67
Córdoba	11,012	391,776	0	0	0	402,788
Cundinamarca	70,939	81,821	3,014	0	0	155,773
Huila I	23,911	41,86	1,606	4,313	0	71,69
La Guajira	109,734	97,014	270,374	15,719	487,153	979,994
Magdalena I	269,907	430,679	131,118	0	0	831,705
Nariño	26,791	7,634	9,911	61,269	0	105,606
Norte de Santander	66,518	41,235	15,319	33,931	2,05	159,052
Santander	20,471	42,431	10,233	1,271	10,467	84,873
Sucre	46,065	199,279	61,095	0	0	306,439
Tolima	10,889	20,325	5	0	0	31,219
Valle del Cauca	9,573	4,913	0	0	0	14,486
Bogotá	9,291	2,068	0	0	0	11,36
TOTAL	1'271,449	2'007,793	825,214	217,387	507,032	4'828,875

Tabla 5.17
Distribución de la
desertificación por áreas
departamentales

5.8 Vulnerabilidad de la salud humana asociada al cambio climático global

5.8.1 Generalidades

La salud se define, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, OMS, "como un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente como ausencia de enfermedad o afecciones"¹⁶. Así, la salud humana está afectada por numerosos factores, entre lo que se incluyen desde factores hereditarios hasta estilos de vida, pasando por condiciones de saneamiento básico, socioeconómicas, de los sistemas de atención de la enfermedad o las lesiones, etc.

Uno de los factores que, desde luego, influyen sobre la salud humana son las condiciones ambientales, que pueden ser alteradas natural o antrópicamente. Desde la óptica epidemiológica, el ambiente es uno de los condicionantes de los estados de salud de las poblaciones. Hoy en día, el concepto de ambiente es muy amplio y no únicamente hace referencia a los aspectos físicos, y ecológicos, del medio en que transcurre la vida de los seres humanos. Se considera sólo uno de los componentes del ambiente, el clima, para tratar de establecer su relación con el comportamiento de la malaria y del dengue.

Se trata de dos enfermedades transmitidas por vectores. La primera ocasionada por la introducción de un parásito del género *Plasmodium* en el organismo humano cuando es picado por mosquitos hembra, del género *Anopheles*, ya infectados a partir de un primer individuo enfermo; y la segunda, el dengue, por la introducción de un virus igualmente por picadura de mosquitos hembra, esta vez del género *Aedes*, también infectados a partir de una persona enferma. Se trata de dos enfermedades similares en cuanto que son transmitidas por picadura de mosquitos infectados, pero muy diferentes una de otra desde el punto de vista epidemiológico, ecológico, etiológico, clínico, de diagnóstico.

La malaria es esencialmente una enfermedad de las zonas rurales, aunque en varios sitios del mundo y también de Colombia, hoy en día se presenta transmisión urbana. El dengue, por su parte, es una enfermedad

generalmente urbana o semiurbana. Esto, entre otras razones, tiene que ver con los hábitos del vector (mosquito). Los mosquitos del género *Anopheles* habitan los bosques y las selvas de los territorios tropicales del mundo pero se han ido adaptando a otros ambientes en la medida en que el ser humano ha invadido esas zonas con variados fines. Los del género *Aedes*, por su parte, permanecen dentro y alrededor de las viviendas en los centros urbanos, generalmente en asocio con deficientes condiciones de suministro de agua potable, lo cual obliga a su almacenamiento en recipientes de diferente tipo por parte de las comunidades. Dichos recipientes permanecen sin las debidas protecciones contra mosquitos hembra que depositan ahí sus huevos y garantizan suficiente población de vectores para mantener la infección.

El cambio climático incide en el comportamiento de algunas enfermedades en las poblaciones humanas. Las patologías transmitidas por vectores, las de origen hídrico y las asociadas a catástrofes naturales, tienden a sufrir alteraciones en frecuencia o severidad cuando suceden cambios en el clima. Sin embargo, es difícil establecer el papel que tiene efectivamente el cambio climático en el patrón de comportamiento de alguna enfermedad específica, pues en su ocurrencia inciden muchos otros elementos junto con el clima del lugar donde se presenta los problemas de salud. El desarrollo socioeconómico, la situación de saneamiento básico, las medidas higiénico-sanitarias tendientes a protegerse de algunas patologías propias de una localidad, los servicios de asistencia en salud, la calidad de los propios sistemas de registro de las enfermedades en la población, los comportamientos, hábitos y costumbres de los individuos en las comunidades, las migraciones forzadas, el desplazamiento de poblaciones, de muy común ocurrencia en Colombia en la actual situación de conflicto interno, las reformas de los sistemas de atención en salud, son algunos de los factores que ejercen influencia en el panorama de salud y en la tendencia de la enfermedad en la población.

Para establecer la magnitud de enfermedad que pueda ser atribuida al clima se debería "controlar" el resto de condiciones que influyen en sus tendencias y comportamientos, algo que requiere de estudios diseñados y dirigidos a esa meta. De otra parte, si bien algunos cambios climáticos se dan súbitamente o en corto tiempo, muchos se suceden después de prolongados períodos, mensurables en décadas o centurias, e inclusive, los efectos en salud pueden llegar a verse mucho tiempo después o nunca se detecten porque las diferentes especies vivientes, entre ellas el ser humano, se fueron adaptando lentamente y por tanto, dichos cambios en la frecuencia de enfermedad pueden pasar.

Los alcances logrados en el tema llegan a la determinación de las zonas susceptibles en Colombia, de acuerdo con variables climáticas e incidencia real, al desarrollo de la malaria y el dengue, como componente del documento para la primera Comunicación Nacional en el capítulo de vulnerabilidad de la salud humana. Sin embargo, a juicio de los expertos consultados¹⁷ podría afirmarse que aquellas áreas susceptibles, determinadas por la presente investigación, podrían catalogarse también, en una primera aproximación como las zonas del país más vulnerables al cambio en las condiciones climáticas propicias para el desarrollo de estas enfermedades, en relación con el cambio climático. Así las cosas, este estudio permite identificar en una primera aproximación las zonas vulnerables y las posibles medidas de adaptación que el país debería adoptar para enfrentar el tema del cambio climático, en relación con la incidencia de malaria y dengue.

5.8.2 Metodología

Una herramienta de reciente introducción en epidemiología ha sido el *análisis de vulnerabilidad* de las poblaciones humanas ante diferentes situaciones que terminan afectando la salud. Para adelantar ese análisis se tienen en cuenta tres elementos críticos, a saber: el riesgo, la amenaza y la vulnerabilidad, propiamente dicha. El primero de estos términos hace referencia a la probabilidad de que suceda, o incremente su frecuencia, un evento que afecte la salud, en este caso, la malaria o el dengue o ambos. La amenaza tiene que ver con el fenómeno natural mismo, cambio climático para el presente estudio, que incrementaría esa probabilidad y la vulnerabilidad es el estado de susceptibilidad en que se encuentran los individuos y las comunidades, dado que existe dicha amenaza y se localiza en su zona de influencia (Ver gráfico 5.7).

Para la identificación y selección de enfermedades trazadoras que permitan medir el impacto del cambio climático en Colombia, se abordó, por un lado, la clasificación de las principales patologías a través de los estudios de carga de la enfermedad a nivel mundial (Ver tabla 5.18)¹⁸ y por otro lado, las causas de morbilidad y de mortalidad de mayor relevancia en Colombia (Ver tabla 5.19).

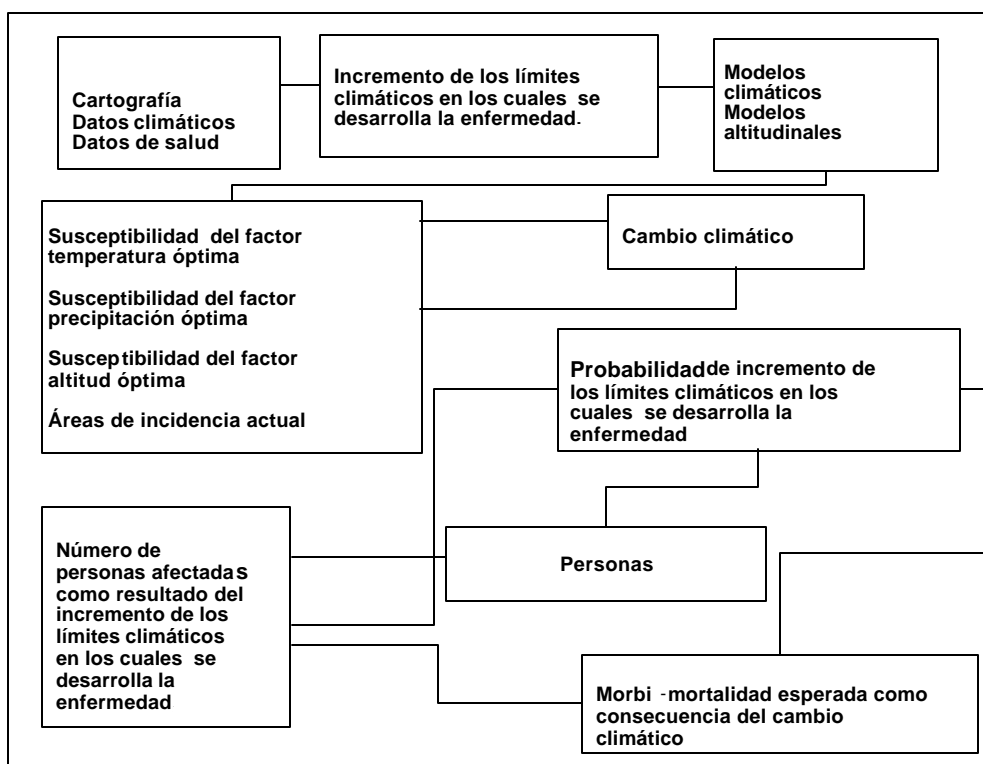


Gráfico 5.7 Diagrama del esquema metodológico utilizado para abordar el estudio de vulnerabilidad de la salud humana al cambio climático

Carga de enfermedad mundial
1. Enfermedades cerebro vasculares
2. Enfermedad insuémica
3. Tuberculosis
4. Malaria
5. Dengue
6. Lesiones

Tabla 5.18 Carga de enfermedad mundial * IRA (Infección respiratoria aguda); EDA (Enfermedad diarreica aguda); patologías relacionadas con medio ambiente y algunas variables climáticas. ** patologías directamente relacionadas con el Cambio Climático

Enfermedades de mayor importancia en Colombia
1. Enfermedad cardiovascular
2. Lesiones
3. Infección respiratoria aguda
4. Hipertensión arterial esencial
5. Diabetes mellitus
6. Enfermedad diarreica aguda
7. Neumonía
8. Malaria y dengue

Tabla N° 5.19 Enfermedades de mayor importancia en Colombia

Del grupo de patologías enunciadas, se seleccionaron solamente aquellas que tuvieran dentro de su complejo causal el componente de cambio climático y especialmente aquellas que, de acuerdo con la literatura, estuvieran relacionadas directamente con el cambio climático. (Ver tabla 5.20). El criterio de diagnóstico realmente confirmado para estas patologías relacionadas con el clima sólo se aplica para tuberculosis, dengue y malaria; según la información disponible en el Ministerio de Salud, la malaria y el dengue forman parte del sistema de vigilancia epidemiológica de carácter obligatorio.

Tabla 5.20 Colombia. Eventos sin y con relación aparente con el cambio climático

Estado con cambio climático	Eventos globales	Eventos países en desarrollo	Eventos prioritarios Colombia	Enfermedades infecciosas
Sin relación	Enf. cerebro vasculares Enf. isquémicas Lesiones	Enf. Isquémica Enf. cerebro vascular Mortalidad perinatal Sarampión Accidentes de tránsito	Enf. cardiovasculares Hipertensión Diabetes mellitus Lesiones	
Con relación	Tuberculosis Malaria Dengue	Neumonías* Enf. diarreicas Tuberculosis EPOC* Dengue y malaria	IRA EDA Neumonías* Tuberculosis Malaria Dengue	IRA* EDA* Malaria** Dengue** Tuberculosis

5.8.3 Metodología para la medición de la susceptibilidad por condiciones climáticas

Tabla 5.21 Colombia. Susceptibilidad según variables climáticas zonas óptimas y mínimas para el desarrollo de los parásitos y vectores de la malaria.

Las variables climáticas escogidas para este estudio fueron la temperatura, la precipitación y la humedad relativa. A continuación se presentan los valores seleccionados como aptos para cada una de estas variables tanto para la malaria como para el dengue.

Malaria				
Especie	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Precipitación mm/año	Humedad
<i>P. Falciparum</i>	16 - 18	21 - 29	1.800 - 4.500	> 60%
<i>P. Vivax</i>	14 - 16	25 - 26	1.500 - 4.500	> 60%
<i>P. Malarie</i>	14 - 15	22 - 23	1.500 - 4.500	> 60%
<i>Anopheles</i>	8 - 10	22	1.500 - 4.500	> 60%

Dengue				
Especie	Temperatura mínima °C	Temperatura máxima °C	Precipitación mm/año	Humedad
<i>Aedes aegypty</i>	10	17 - 20		
<i>Flavivirus -</i>		30 - 32		

Tabla 5.22 Colombia. Susceptibilidad según zonas óptimas y mínimas para el desarrollo ideal de los parásitos y vectores del dengue según variables climatológicas

5.8.4 Metodología para evaluar la susceptibilidad por tasas de incidencia de las enfermedades

Un indicador de la susceptibilidad espacial por municipio se puede establecer a partir de los casos de incidencia que hayan tenido lugar en estos lugares. Con este objetivo se establecieron las siguientes categorías:

Tabla 5.23 Susceptibilidad por tasas de incidencia de la malaria y el dengue

Malaria	
No. de casos de incidencia	Susceptibilidad
0 casos por cada 1.000 habitantes	Nula
1 caso por cada 1.000 habitantes	Baja
De 2 a 10 casos por cada 1.000 habitantes	Moderada
Más de 10 casos por cada 1.000 habitantes	Alta
Dengue	
No. de casos de incidencia	Susceptibilidad
0 casos por cada 10.000 habitantes	Nula
De 1 a 10 casos por cada 10.000 habitantes	Baja
De 10 a 100 casos por cada 10.000 habitantes	Moderada
Más de 100 casos por cada 10.000 habitantes	Alta

5.8.4.1 Fuentes de información

La información se obtuvo del Ministerio de Salud y del Instituto Nacional de Salud. Para malaria hay dos tipos de series históricas, la primera, con datos anuales a nivel nacional, cubre los años 1959 a 1999 y la segunda, con datos municipales anuales, entre 1981 y 1991. Para el dengue se tiene información entre los años 1981 a 1991 por año y por municipio. Se escogió este periodo para lograr concordancia con la línea base de los análisis de cambio climático que, según la Organización Meteorológica Mundial, es la serie 1961-1990. Es por esta razón que algunas áreas del país, especialmente de la región amazónica, aparecen sin información sobre tasas de incidencia, lo cual no quiere decir que no sean zonas maláricas. Para subsanar este problema, en el análisis, más no en el mapa, se ha determinado el uso de series de datos de salud más recientes para la Amazonia.

La información de población fue suministrada por el Ministerio de Salud y corresponde a la población en los municipios por año (período 1980-1991). Dado que epidemiológicamente la población estudiada debe ser aquella conformada por individuos en riesgo de contraer la enfermedad, es necesario dividir la población de cada municipio en dos grupos: los que habitan en áreas rurales y los que viven en áreas urbanas. Los primeros aplican a población en riesgo de malaria; los segundos aplican a población en riesgo de dengue. Se utilizaron datos de población con censos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, 1973, 1985 y 1993.

El IDEAM suministró la información de clima. Se analizaron tres variables de relevancia en el comportamiento de la malaria y el dengue en el mundo: temperatura, humedad relativa y precipitación. Un primer abordaje se hizo valiéndose de los promedios anuales para cada área geográfica teniendo en cuenta las tres variables mencionadas. Con esta información se elaboran los mapas del territorio colombiano con los varios rangos en que se dividió cada variable, con el fin de sobreponer los datos de ocurrencia de las dos enfermedades.

5.8.5 Resultados

5.8.5.1 Caracterización de la incidencia de las enfermedades seleccionadas

La malaria

La malaria en Colombia es un grave problema de salud pública. El 85% del territorio rural colombiano está situado entre los 0 y los 1.600 metros sobre el nivel del mar con condiciones climáticas, topográficas, geográficas y epidemiológicas aptas para la transmisión de la enfermedad. En este territorio se estima que entre 18 a 24 millones de personas se encuentran en riesgo de adquirirla.

El clima influye sobre la tasa de reproducción de vectores y parásitos. Ninguna de las especies de parásitos de la malaria se puede desarrollar en el mosquito por debajo de los 15°C, la temperatura óptima para el desarrollo del período extrínseco (tiempo que transcurre dentro de la hembra de *Anopheles* para que el parásito pueda infectar a las personas) está alrededor de los 27°C y en la medida en que descienda la temperatura dicho período se alarga. Igualmente influye en la actividad del mosquito debido a que las temperaturas altas acortan la duración del ciclo gonadotrófico que conllevan una mayor frecuencia de picaduras e incrementa el número de oviposiciones. Igualmente, la humedad relativa influye sobre la duración de vida y sobre la actividad del vector.

A pesar de que la mortalidad por malaria ha venido disminuyendo en Colombia desde la década de los años 80, la morbilidad ha ido en aumento constante, tal como puede observarse en las gráficas siguientes.

Gráfico 5.8
Colombia. Mortalidad por malaria 1979 -1997
Fuente: Ministerio de Salud Pública.

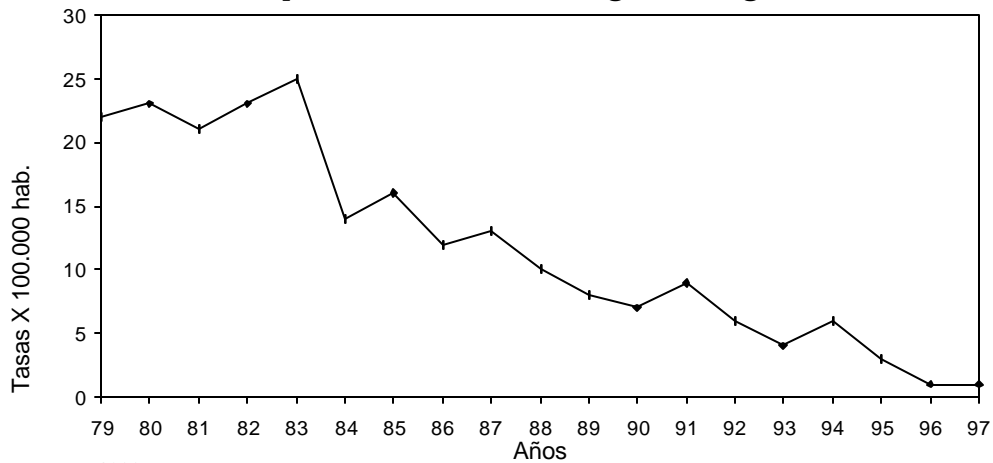
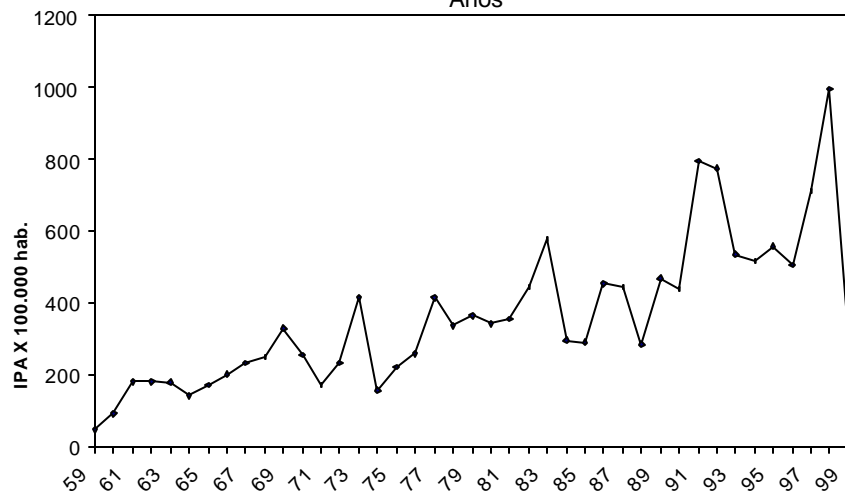


Gráfico 5.9
Colombia. Morbilidad por malaria 1959 -1999
Fuente: Ministerio de Salud Pública.

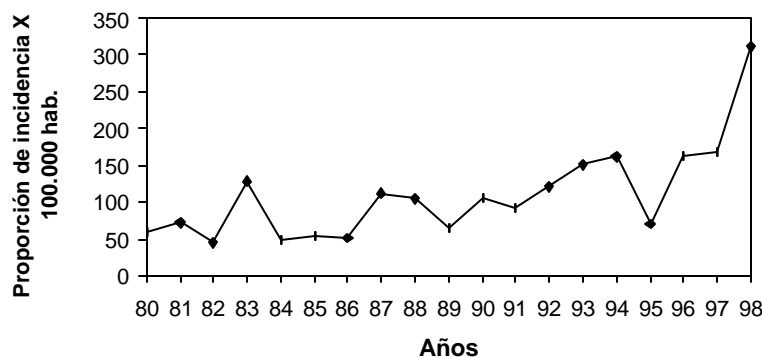


El clima colombiano, por su variedad, muestra una diversidad de regiones y subregiones climáticas como resultado de la conjugación de factores geográficos y atmosféricos. En general, regiones geográficas naturales del país del Pacífico, la de Urabá - Bajo Cauca - Sinú - San Jorge; la Orinoquia - Amazonia; la región centro-oriental y la Caribe, existen características microepidemiológicas y geoecológicas específicas que facilitan la transmisión de la malaria. Es en estas regiones donde el Ministerio de Salud Pública y el Instituto Nacional de Salud han determinado priorizar las intervenciones e intensificar y fortalecer la vigilancia epidemiológica. Los departamentos con las tasas más elevadas de malaria en Colombia a lo largo de la última década, en su orden son: Guaviare, Chocó, Guainía, Putumayo, Vichada, Nariño, Caquetá, Córdoba, Antioquia y Meta.

El dengue

En Colombia, la situación del dengue es preocupante puesto que se ha convertido en una enfermedad endemoepidémica en casi todas las zonas del país localizadas por debajo de 1.800 metros sobre el nivel del mar. Desde 1971 se ha notificado la presencia de dengue en el territorio nacional y en 1989 se presentaron los primeros casos de dengue hemorrágico. Desde la reinfestación del país por el vector *Aedes aegypti* en los años 70, la incidencia anual de dengue clásico ha sido permanente, con elevaciones periódicas que demuestran su comportamiento cíclico (quinquenal) (Ver gráfico 5.10).

Gráfico 5.10
Colombia. Morbilidad por dengue clásico 1980 -1998
Fuente: Ministerio de Salud Pública



Se observa también una tendencia ascendente del dengue hemorrágico, con tasas de incidencia que se elevan casi en forma exponencial desde 1994 (Ver gráfico 5.11). En cuanto a la letalidad del dengue hemorrágico, se ha registrado un aumento de fallecimientos por esta causa, de 41 casos en 1997 a 60 casos a septiembre de 1998 (Ver gráfico 5.12).

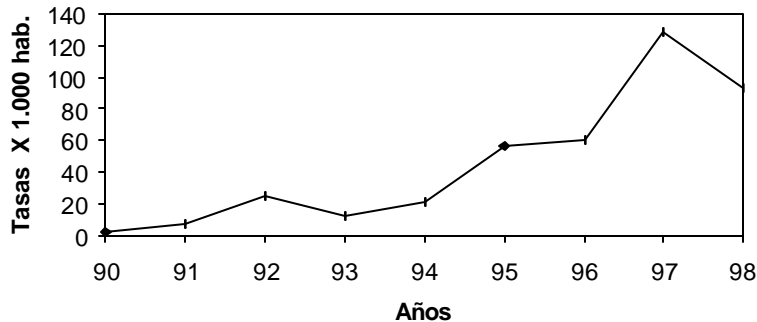


Gráfico 5.11
Colombia. Morbilidad por dengue hemorrágico 1990-1998
Fuente: Ministerio de Salud Pública

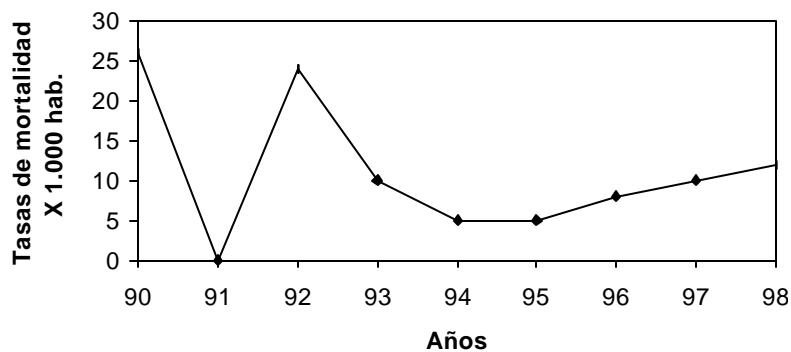


Gráfico 5.12
Colombia. Mortalidad por dengue hemorrágico 1990-1998
Fuente: Ministerio de Salud Pública

Los departamentos de mayores tasas de incidencia de dengue en Colombia son: Santander, Norte de Santander, Tolima, Huila, Atlántico y Valle del Cauca.

5.8.5.2 Zonas susceptibles óptimas y mínimas para el desarrollo de la malaria y dengue según variables climáticas

El análisis de la susceptibilidad para malaria y dengue, según variables climáticas, se realizó a partir de la determinación de las áreas del país que presentaban valores de temperatura mínima y óptima para el desarrollo de la enfermedad en general, para cada uno de los agentes causantes de la misma en el caso de la malaria y para el vector transmisor de la enfermedad.

Zonas de temperatura mínima para la malaria

Las zonas climáticas límites para el desarrollo de la malaria se determinaron teniendo en cuenta el valor de la temperatura ambiental considerada mínima para la supervivencia tanto del parásito como del vector. Así, las zonas de temperatura mínima de la malaria en Colombia ocupan puntos específicos del territorio, ubicados sobre las cordilleras Oriental y Central, con una distribución municipal según la incidencia que se ilustra en la siguiente tabla y en el mapa: *Temperatura óptima y mínima para el desarrollo de la malaria en Colombia.*

Por otro lado, el análisis por el tipo de parásito muestra que las zonas de temperatura mínima para el desarrollo *P. falciparum* coinciden con las zonas ubicadas sobre las cordilleras Oriental y Central del mapa de malaria, mientras que para el desarrollo del *P. vivax* y *P. malarie* se encuentran centradas en áreas muy específicas localizadas en el departamento de Caldas, sur de Antioquia, áreas ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander y en la baja bota Cauca. El límite inferior de temperatura para el desarrollo del vector ocupa un punto muy específico en la

geografía colombiana, localizado en el departamento de Santander, en el municipio de Vetas.

Tabla 5.24
Colombia. Municipios
ubicados en zonas
mínimas para el
desarrollo de la malaria

Incidencia	No. de municipios	Porcentaje	Media
Baja	15	19,2	
Media	2	2,6	
Alta	1	1,3	
Sin incidencia	60	76,9	
Total	78	100	0,51

Zonas de temperatura óptima para la malaria

Las zonas con temperatura óptima para el desarrollo de la malaria en general ocupan casi todo el territorio nacional, excepto para las zonas ubicadas sobre las cordilleras Oriental y Central (Ver mapa: *Temperatura óptima y mínima para el desarrollo de la malaria en Colombia*).

La distribución de los municipios ubicados en zonas óptimas para el desarrollo de la malaria en Colombia, según incidencia, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5.25
Colombia. Temperaturas
óptimas para el
desarrollo de la malaria

Incidencia	No. de municipios	Porcentaje	Media
Baja	70	34,7	
Media	51	25,2	
Alta	70	34,7	
Sin incidencia	11	5,4	
Total	202	100,0	27,5

El análisis de las áreas de temperatura óptima para la malaria por tipo de parásito indica que para el desarrollo del *P. falciparum* están ubicadas en los departamentos de La Guajira, Cesar, Cundinamarca y Meta, mientras que para el desarrollo del *P. vivax* están ubicadas principalmente en la región Amazónica, áreas específicas del Pacífico y puntos específicos en la cordillera. Para *P. malarie* en puntos específicos ubicados en las cordilleras Oriental y Occidental.

Las zonas climáticas óptimas para el desarrollo del vector de la malaria se determinaron de acuerdo con parámetros de precipitación, temperatura y humedad. Así, las zonas de temperatura óptima para el vector cobijan el 70% del territorio colombiano y se centran en zonas del Magdalena medio, región Caribe, región Pacífico, región Amazónica y Orinoquia. Las zonas propicias para el desarrollo del mosquito, de acuerdo con la precipitación anual interanual para los años 1980-1991, corresponden a las regiones de Amazonia, Pacífica y Piedemonte Llanero (Ver mapa: *Temperatura óptima y mínima para el desarrollo de la malaria en Colombia*).

Zonas de temperatura mínima para dengue

Las zonas límite para el desarrollo del dengue de acuerdo con la temperatura mínima, se encuentran centradas en áreas muy específicas localizadas en los departamentos de Cundinamarca y Nariño.

La distribución de los municipios ubicados en zonas con temperaturas mínimas para el desarrollo del dengue en Colombia, según incidencia, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5.26
Colombia. Zonas
mínimas para el
desarrollo del dengue

Incidencia	No. de municipios	Porcentaje	Media
Baja	0	0	
Media	0	0,0	
Alta	1	12,5	
Sin incidencia	7	87,5	
Total	8	100,0	48,9

Zonas de temperatura óptima para dengue

La temperatura media óptima para el desarrollo del virus del dengue se encuentran en áreas específicas de la región Pacífica, eje Cafetero, Antioquia, norte de Huila, Boyacá, Casanare, Cundinamarca y Santander (Ver mapa: *Temperatura óptima y mínima para el desarrollo del dengue en Colombia*).

La distribución de los municipios ubicados en zonas óptimas para el desarrollo del dengue en Colombia, según incidencia, se resume en la tabla siguiente:

Incidencia	No. de municipios	Porcentaje	Media
Baja	9	2,2	
Media	7	7,7	
Alta	0	7,7	
Sin incidencia	75	82,4	
Total	91	100,0	2,3

Tabla N° 5.27 Colombia. Zonas óptimas para el desarrollo del dengue según incidencia

Zonas susceptibles para el desarrollo de la malaria y dengue según tasas de incidencia

Zonas incidentes de malaria

Se determinaron zonas de riesgo alto, moderado y bajo riesgo para malaria, según su tasa de incidencia. Esto es: menor de 1 por 1.000 habitantes para bajo riesgo; entre 1 y 10 por 1.000 habitantes para riesgo moderado y de 10 y más casos por 1.000 habitantes para riesgo alto.

De acuerdo con el mapa de zonas incidentes de malaria, las áreas de bajo riesgo corresponden a la Sierra Nevada de Santa Marta, a las zonas ubicadas sobre las cordilleras Oriental y Central, a la parte media del departamento de Amazonas, a la Guajira alta y al área limítrofe entre los departamentos de Vichada y Casanare. Las zonas de mediano riesgo para malaria siguen periféricamente a las zonas de bajo riesgo en áreas de menor altitud sobre el nivel de mar. Esto es Sierra Nevada de Santa Marta, las zonas ubicadas sobre las cordilleras Oriental y Central, la parte media del departamento de Amazonas, la Alta Guajira y el área limítrofe entre los departamentos de Vichada y Casanare.

El mapa de zonas incidentes de alto riesgo, permite determinar regiones amplias como la Amazónica, la Orinoquia, la Pacífica, la región del Urabá-Bajo, Cauca-Sinú-San Jorge, la zona norte de Antioquia, la zona limítrofe entre los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre, Santander y Boyacá; los departamentos de Arauca y Putumayo, Norte de Santander y algunas áreas en la Alta y Baja Guajira. En estas áreas existen características micro-epidemiológicas y geo-ecológicas específicas que facilitan la transmisión de la malaria. (Ver mapa: *Temperatura óptima y mínima para el desarrollo del dengue en Colombia*).

La distribución de los municipios con incidencia de malaria en Colombia se resume en la siguiente tabla:

Incidencia	No. de municipios	Porcentaje	Media
Baja	235	34,2	0,33
Media	110	16,0	4,18
Alta	94	13,7	76,2
Sin incidencia	249	36,2	0
Total	688	100,0	20,2

Tabla N° 5.28 Colombia. Municipios con incidencia de malaria 1980-1991

Zonas incidentes de dengue

De acuerdo con el mapa de zonas incidentes de dengue, las áreas de riesgo se encuentran ubicadas en buena parte del territorio nacional, en sitios como la región Caribe, región Amazónica, región Orinoquia, depar-

tamento del Chocó, norte de Antioquia, y zona limítrofe entre los departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre, Santander, Boyacá; los departamentos de Arauca, Putumayo, y Norte de Santander (Ver mapa: *Temperatura óptima y mínima para el desarrollo del dengue en Colombia*).

La distribución de los municipios con incidencia de dengue en Colombia se resume en la siguiente tabla:

Tabla N°5.29
Colombia. Distribución de los municipios con incidencia de dengue 1980-1991

Incidencia	No. de municipios	Porcentaje	Media
Baja	97	14,1	4,4
Media	135	19,6	40,5
Alta	33	4,8	347,8
Sin incidencia	424	61,5	0
Total	689	100,0	98,2

5.8.6 Evaluación de la vulnerabilidad de la salud humana

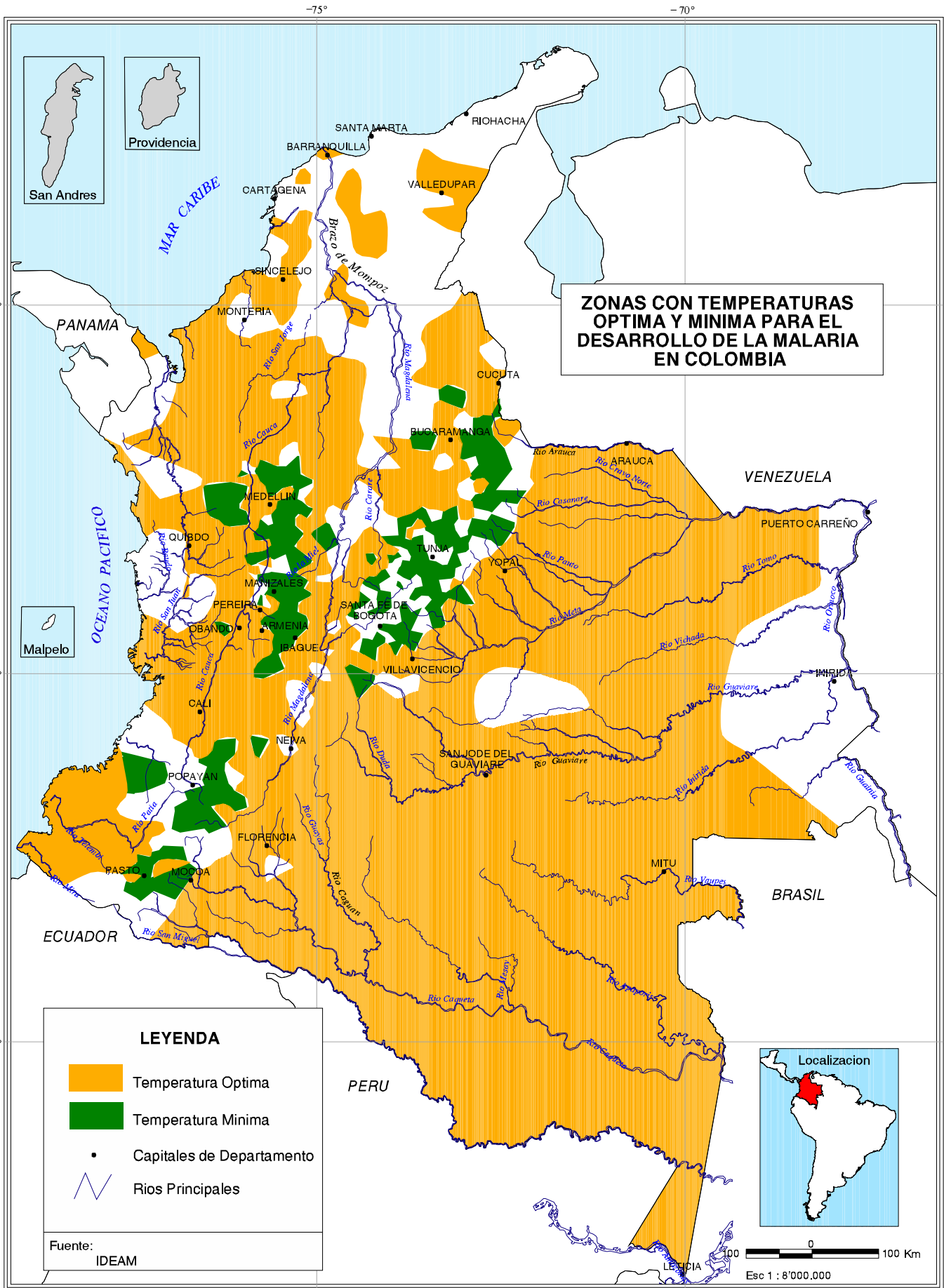
Según la consulta realizada a los expertos del Ministerio de Salud y del Instituto Nacional de Salud es posible afirmar que las áreas susceptibles por variables climáticas y teniendo en cuenta las áreas que presentan tasas de incidencia real identificadas en este estudio, serían también aquellas más vulnerables a los efectos del cambio climático sobre el comportamiento de estas enfermedades. Sin embargo, señalan los expertos, para determinar los grados de vulnerabilidad de estas áreas es necesario realizar estudios a mayor profundidad, que tengan en cuenta, además del cambio en los factores climáticos, aspectos relacionados con saneamiento básico, acceso a servicios de alcantarillado y acueducto, coberturas de salud, infraestructura de salud, migración de la población, condiciones de vida de la población, entre otros aspectos.

En esta aproximación, a juicio de expertos, las zonas de mayor vulnerabilidad de la malaria por el cambio climático estarían en la totalidad de los municipios de los departamentos del Chocó y Guaviare, algunos municipios de los departamentos de Putumayo, Caquetá, Amazonas, Meta, Vichada, Vaupés, Guainia, Arauca, las zonas de la vertiente del Pacífico de los departamentos de Nariño, Cauca y Valle del Cauca, las zonas correspondientes al Urabá antioqueño, sur de La Guajira, Catacumbo y las zonas del bajo Magdalena, bajo Cauca, Nechí, Alto San Jorge y Alto Sinú. La vulnerabilidad de estas áreas está dada por el comportamiento de las variables climáticas de temperatura y precipitación, por las tasas de incidencia de malaria que presentan, por la cobertura de servicios públicos de alcantarillado y acueducto en sus zonas rurales y por las condiciones de vida de la población que las habita.

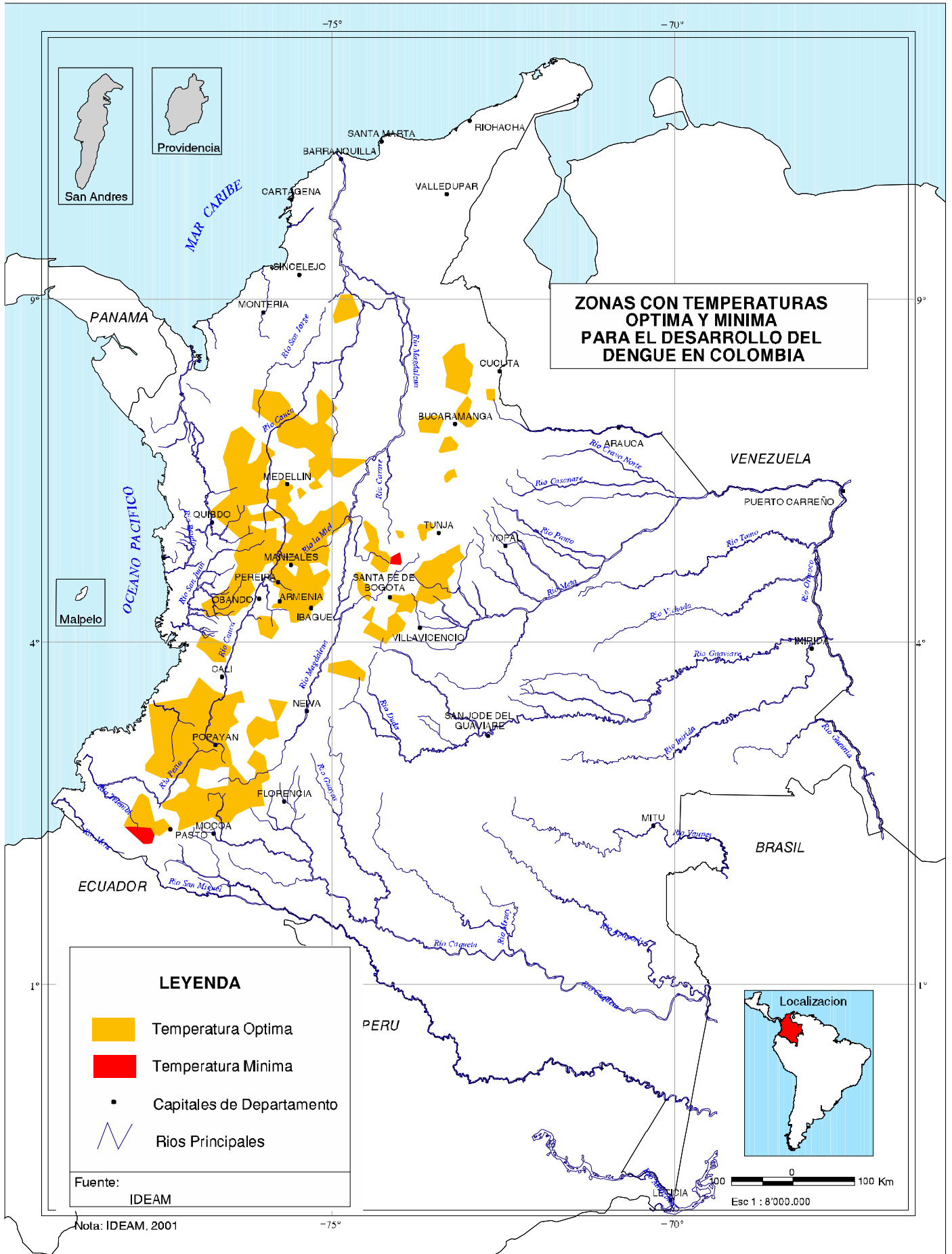
En cuanto al dengue, se ha determinado, nuevamente a juicio de los expertos, que las áreas de mayor vulnerabilidad estarían en aquellos departamentos de mayor incidencia de dengue, a saber: Santander, Norte de Santander, Tolima, Huila, Atlántico y Valle del Cauca.

5.8.7 Medidas de adaptación

Las medidas más comúnmente utilizadas para la adaptación, la prevención y el control de la malaria comprenden actividades relacionadas con la aplicación de insecticidas químicos y el tratamiento de los casos con medicinas antimaláricas; estas medidas son soportadas por otras de manejo ambiental, tanto en áreas urbanas, como rurales. En cuanto a la intervención médica, se busca asegurar un diagnóstico temprano y adecuado, el acceso a los servicios de salud y el tratamiento para los casos individuales de malaria, así como la promoción del auto cuidado y de la protección en la comunidad; para reducir las complicaciones y la mortalidad por esta causa. A través de la vigilancia epidemiológica y del monitoreo constante se espera reducir la presentación de brotes y favorecer la reducción de la endemidad por malaria (Ver tabla 5.30)



Nota: IDEAM, 2001



Medidas de adaptación	Malaria	Dengue
Educación pública	Educación pública para promover la utilización de toldillos y el uso de repelentes cutáneos.	Educación pública para promover la eliminación de depósito de aguas estancadas.
Vigilancia y monitoreo	Trabajo coordinado a través de la red de diagnóstico, para el tratamiento oportuno. Coordinación y monitoreo meteorológico y epidemiológico -Ministerio de salud- IDEAM	Notificar la presencia de casos probables Vigilar, evaluar y controlar el sistema de vigilancia epidemiológica del vector a nivel local.
Intervención del ecosistema	Realización de acciones intersectoriales para el control de vectores y reordenamiento del medio con participación de la comunidad. Desecación de pantanos y drenajes de aguas estancadas Colocación de mallas protectoras de anejo en puertas y ventanas.	Recolección de inservibles. Eliminación de criaderos. Utilización de toldillos para aislar los enfermos. Utilización de anejo en puertas y ventanas
Control biológico	Siembra de peces larvógrafos en lagos y estanques. Manejo genético para producir machos estériles Aplicación de insecticidas biológicos	Aplicación de insecticidas biológicos
Control químico	Se recomiendan insecticidas residuales que se aplican por aspersión en las paredes de las viviendas. Ej: Fenitrothion, Lambdacihalotrina.	En brotes se recomienda la fumigación con máquinas montadas en vehículos o individuales tipo mochila. La fumigación debe hacerse en calles y viviendas.
Desarrollo de infraestructura	En áreas de riesgo laboral se recomienda impregnar la ropa de trabajo de piretrinas.	Anticipar los efectos de los proyectos de irrigación sobre los sitios propicios de cría del vector.
Intervención en salud	Realizar examen de laboratorio (gota gruesa) para clasificar según la especie de <i>Plasmodium</i> . Dar tratamiento según la especie de <i>Plasmodium</i> . Hospitalizar si hay complicación. Aumento de la cobertura y facilidades de acceso a los servicios de salud.	Estudiar por laboratorio (IgM) en momentos epidémicos, mínimo un 10% de los casos con diagnóstico de dengue clásico. Estudiar por laboratorio el 100% de los casos probables (prueba torniquete, hemoglobina, hematocrito y recuento de plaquetas. Aumento de la cobertura y facilidad de acceso a los servicios de salud. Hospitalización en casos necesarios.

Algunos factores de riesgo identificados para dengue incluyen la sobrepoblación, la migración rural a los sitios urbanos, la prevalencia del vector y la inadecuada disposición de aguas domésticas. Las medidas de adaptación más utilizadas comprenden el control químico para la eliminación de los mosquitos adultos y el control ambiental a través de la minimización de criaderos del mosquito. Una de las medidas más eficaces para la erradicación del mosquito es la implementación de campañas de limpieza, organizadas con la ayuda de asociaciones comunitarias. En cuanto a las intervenciones médicas, el diagnóstico del dengue clásico es clínico, no requiere pruebas de laboratorio salvo el 10% de los casos cuando se trata de epidemias. Se debe prestar atención especial a los casos probables de dengue hemorrágico; en éstos se requieren pruebas de laboratorio específicas y hospitalización oportuna para minimizar el riesgo de complicación y muerte. (Ver tabla 5.30)

*Tabla 5.30
Matriz de posibles
estrategias de adaptación
para el impacto del
cambio climático sobre la
malaria y el dengue.*

5.8.8 Conclusiones

- La malaria y el dengue son patologías cuya frecuencia puede estar relacionada con el cambio climático y tienen una gran relevancia en la morbilidad de la población colombiana y mundial. La malaria y el dengue son enfermedades transmitidas por vectores y por lo tanto poseen un peso porcentual ambiental y climático mayor al de otras patologías.

- En Colombia, el sistema de vigilancia epidemiológica de la malaria y del dengue permite obtener series de datos históricas para el estudio del cambio climático, las cuales tienen limitaciones, pero permiten adelantar un primer abordaje al problema, sobre todo en lo relacionado con las regiones de riesgo en todo el territorio nacional.

- La malaria y el dengue son enfermedades prioritarias, lo cual permite que las acciones tendientes a su control produzcan impacto sobre la salud pública en términos de predicción, pronóstico y prevención.

Notas

1. **Convenio IDEAM-Universidad Nacional de Colombia, Geomorfología del litoral colombiano, Bogotá. 1998.**
2. **IDEAM-Universidad Nacional. Distribución espacial de la población.**
3. Promedio de escorrentía calculado para una serie de tiempo en la cual se registran dos periodos de humedad, uno deficitario y otro de excedencia, como mínimo.
4. El coeficiente de variación caracteriza la variabilidad de una magnitud aleatoria con respecto a su promedio.
5. El coeficiente de asimetría refleja el nivel de asimetría de una curva de distribución probabilística.
6. Tomado del documento soporte para la Comunicación Nacional de Colombia Capítulo de Vulnerabilidad del Recurso Hídrico - IDEAM, 2001
7. Que no planteen soluciones que a la postre puedan resultar en alteraciones más significativas del régimen hidroclimático.
8. SIG: Sistemas de Información Geográfica. El modelo se implementó en una plataforma informática de SIG Arc/Info y Erdas Imagine en Spatial Modeler Language.
9. SRES: Special Report on Emissions Scenarios
10. *Vulnerabilidad* se designa al *grado* en que un sistema natural o social podría ser afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad está en función de la sensibilidad de un sistema a cambios en el clima (el grado en que un sistema responderá a determinados cambios climáticos, incluidos los efectos benéficos y perjudiciales, IPCC, 1995).
11. Gutiérrez, H. Vulnerabilidad de las Coberturas vegetales de Colombia aproximación a un Modelo para la Evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un posible cambio climático utilizando SIG. IDEAM, 2000.
12. García, B., Moreno, G. & Pérez, S. IDEAM, 2001. Primera aproximación de la cuenta bioclimática por cultivos.
13. Gómez, C IDEAM 2001. Modelo para la evaluación, monitoreo y seguimiento del impacto ambiental de las actividades agrícolas intensivas sobre los suelos colombianos. Tesis en evaluación.
14. El error de estimación corresponde a la raíz cuadrada de la varianza del estimador, este error puede ser empleado para hallar un límite inferior y superior de un intervalo de confianza, previamente y con un valor de confiabilidad (90% o 95%, generalmente).
15. Pabón, J.,Montealegre E, La *predicción climática en Colombia*. Nota técnica 004-IDEAM 2001.
16. Feenstra Jan, 1998 *Handbook on method for climate change impact assessments and adaptation strategies*. UNEP, Vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Environmental Studies.
17. Se consultaron expertos del Instituto Nacional de Salud y del Ministerio de Salud Pública
18. Idem 1

6 Limitaciones, recomendaciones y necesidades

El análisis de los diferentes componentes de esta Comunicación Nacional se realizó según la metodología que recomienda el IPCC, 1996 para la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero, para la construcción de escenarios del cambio climático con los que se evalúa el impacto potencial, y para la identificación de la vulnerabilidad. Durante el proceso de aplicación de las guías IPCC y demás documentos de soporte, se encontraron dificultades que limitaron el alcance de los resultados que se presentan en esta Comunicación. Debe subrayarse que con el análisis de estos problemas y las limitaciones, no se pretende invalidar la información presentada en el resto del documento sino más bien plantear opciones para el mejoramiento de la información para futuras comunicaciones nacionales.

A continuación se exponen las dificultades que se tuvieron durante el desarrollo del trabajo y las recomendaciones que pueden seguirse para su corrección. También se formulan las opciones para mejorar las estimaciones y los resultados de los diferentes componentes, para futuras comunicaciones nacionales. Al final se presenta un análisis sobre los costos incurridos por el IDEAM en la elaboración de esta primera Comunicación Nacional, que fueron complementarios a los aportados por el proyecto GEF/PNUD.

6.1 Recomendaciones Generales

6.1.1 Recomendaciones para el mejoramiento de las guías del IPCC 1996

- Se recomienda que el manual de referencia y demás textos técnicos relevantes de la UNFCCC y sus órganos subsidiarios estén disponibles en los idiomas oficiales de las Naciones Unidas. Adicionalmente, es recomendable que una vez traducidos se haga una revisión para asegurar que las traducciones se ajustan a las versiones del texto original y de esta manera evitar problemas de interpretación.

- Con relación a los factores de emisión debe promoverse alguna coherencia con los factores de emisión de estudios patrocinados por el Banco Mundial y de otros organismos internacionales.

- Capacitar a los técnicos para un adecuado manejo de la guías y para contextualizar su área de especialización dentro de marco del cambio climático.

- Se recomienda al Panel Intergubernamental de Cambio Climático desarrollar talleres regionales a escala de América Latina en español, con el objeto de discutir y establecer criterios técnicos y metodológicos para la realización de los inventarios, particularmente en lo concerniente al módulo de cambio en el uso de la tierra y silvicultura, y de esta manera ajustarlo a las especificaciones nacionales. De igual forma se propone desarrollar talleres técnicos que ayuden a los países miembros la definición de medidas de adaptación y mitigación.

- Se aconseja que en las guías se utilice el Sistema de Clasificación Internacional de productos CCP, que facilita el proceso de identificación de cada producto, incluido en el proceso de estimación de GEI.

6.1.2 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales

- Elaborar un proyecto para determinar factores de emisión en el ámbito nacional, para cada módulo del inventario que involucre a las entidades oficiales, al sector privado y a los centros de investigación.

- Sistematizar las comunicaciones nacionales.

- Se recomienda conformar y formalizar un convenio interinstitucional con participación de expertos nacionales para realizar los ajustes a la metodología del IPCC, en el marco de los criterios, definiciones, variables y parámetros para seguir en próximos y posteriores informes internacionales de Colombia.

6.2 Limitaciones, recomendaciones y necesidades para el capítulo de Inventarios

6.2.1 Módulo de energía

Es necesario consolidar un sistema de información que disminuya la incertidumbre respecto a la información y a la técnica de medición, con el fin de afinar el cálculo detallado del transporte automotor, para el consolidado nacional. El sistema propuesto podría ser construido a partir de registros únicos o administrativos, en los que se haga un seguimiento de operaciones para el registro estadístico del kilometraje recorrido, tipo de combustible utilizado, clase de vehículo inicio de operación, tipo de transporte (particular, carga y pasajeros), salida de circulación y obsolescencia del parque automotor).

Se recomienda que la UPME¹, como entidad responsable del balance energético nacional, compare estadísticas básicas disponibles en el DANE, en ECOPETROL y en el Ministerio de Transporte, con objeto de validar los datos que se obtienen en el balance energético nacional. Se propone, además, centralizar en la UPME los datos relacionados con el consumo de combustibles utilizados para el transporte aéreo y marítimo internacionales. Adicionalmente, se propone que el Sistema Estadístico Forestal del país y la UPME realicen estudios coordinados para disminuir la incertidumbre en los estimativos del consumo de leña en territorio nacional.

6.2.2 Procesos industriales

6.2.2.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996

En la metodología se presentan ambigüedades en las opciones de los datos utilizados para realizar los cálculos de emisiones, como es el caso de la información sobre producción de clinker y de cemento. Al escoger, separadamente, estos dos procesos de producción, se corre el riesgo de incurrir en doble contabilidad y sobreestimar con ello las emisiones del proceso y distorsionar los resultados del inventario. En el caso siderúrgico, no es claro qué tipo de procesos productivos se deben considerar. Con ello es probable dejar por fuera un gran número de establecimientos que realizan procesos no integrados para la producción de acero y por lo tanto subestimar las emisiones del proceso.

Hay problemas en la homologación de las categorías de clasificación de productos y procesos del IPCC con los existentes a escala nacional. Las opciones de las guías del IPCC, con respecto a los datos para utilizar son, en algunas ocasiones, muy genéricas y en otras muy específicas. Lo anterior genera confusión en el usuario de la guía más aún cuando en el ámbito nacional los registros oficiales no coinciden con los datos de los gremios ni con los de los centros de investigación.

Los factores de emisión por defecto, propuestos por el IPCC, no son claros con respecto a cómo fueron obtenidos. En este contexto el IPCC no suministra información sobre la tecnología, los grados de producción, de agregación de la información para su construcción, representabilidad y su significancia estadística.

6.2.2.2 Problemas encontrados en la consecución de la información

Las estadísticas económicas de los países siguen, en lo fundamental, procedimientos recomendados por los diferentes programas de Naciones Unidas. Sin embargo, la metodología del IPCC para el módulo de procesos industriales no recoge dentro de sus alternativas de cálculo, procedimientos para resolver los casos en que la información solicitada no se encuentre disponible.

6.2.3 Agricultura

6.2.3.1 Problemas encontrados en la consecución de la información

El país no cuenta con estadísticas completas del número de cabezas de ganado pues está dispersa entre fuentes oficiales y privadas, para distintos años y con diferentes metodologías, lo que hace que estos datos no sean, en muchos casos, homologables entre sí. Este mismo problema se presenta con los cultivos agrícolas evaluados. El Ministerio de Agricultura tiene estadísticas anuales sobre producción, rendimiento y superficie cultivada para el arroz, sin embargo, la cifra que más se ajusta a la metodología del IPCC, para el cultivo de arroz bajo riego, es la del sector privado, en este caso la de la Federación Nacional del Arroz.

Para la quema de sabanas hasta ahora no se dispone de datos consolidados del área de sabanas por tipo y por región afectadas por este fenómeno. El único dato disponible, del departamento de Arauca, se extrapoló para el país. Así, el dato de emisión nacional puede estar sobreestimado.

Igualmente, para poder evaluar la quema de residuos agrícolas, no se dispone de datos a escala nacional de la proporción de residuos de la cosecha por cultivo, ni el porcentaje que se quema en el campo, ni lo que se destina como combustible.

6.2.3.2 Recomendaciones para la consecución de información, para la investigación y el fortalecimiento institucional dentro del marco de futuras comunicaciones nacionales

- Sistematización y agrupación de los datos sobre ganado doméstico del país a través del Ministerio de Agricultura.
- Fortalecimiento del sistema estadístico forestal del país para datos más realistas sobre quema de sabanas en el territorio nacional.

6.2.4 Cambio en el uso de la tierra y silvicultura

6.2.4.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996

La guía no es lo suficientemente clara con respecto al cálculo de las existencias o stock de biomasa. Los términos utilizados para tal propósito son ambiguos o contradictorios. Sólo se tienen en cuenta aquellos bosques plantados o los que resultan del producto de la explotación del bosque a tala rasa, más no específica de manera explícita en qué categoría se deben involucrar los bosques que son intervenidos de manera selectiva, como en el caso colombiano. En el país la extracción de biomasa se realiza en mayor proporción y de manera casi exclusiva para especies comerciales, en contraste con la tala rasa, la cual se presenta sólo una vez, cuando se requiere adecuar un terreno para el establecimiento de un cultivo o de una infraestructura.

En el contexto anterior, las guías del IPCC conducen a diferentes interpretaciones. Aunque estas son todas válidas, se considera necesaria una revisión para esclarecer la inclusión o exclusión de los stock de biomasa de bosques naturales en equilibrio dinámico y estado de sucesión avanzado², ocasionado por fenómenos naturales que permiten la renovación de los mismos. Según algunas interpretaciones, este tipo de stocks conllevaría procesos de regeneración natural de superficies aclareadas y también a remociones de CO₂ de la atmósfera. Si se incluyen todos los bosques en diferentes estados sucesionales y de equilibrio dinámico, la consecuencia en el inventario de GEI es el incremento sustancial de las cifras de captura de dióxido de carbono. En el caso colombiano, esta cifra de remoción estaría estimada en 350.000 kt de CO₂ removido, en los años inventariados. Países como Argentina, Panamá, el Salvador y Honduras, de hecho, contabilizaron stocks de biomasa de bosques primarios, secundarios, sistemas agroforestales (café con sombrío) y áreas de reservas naturales, entre otros.

Después de un intenso debate interno, Colombia resolvió no tener en cuenta el stock de biomasa presente en los bosques naturales en equilibrio dinámico, estado sucesional avanzado y las coberturas vegetales con componente arbóreo (Xerofitias, sabanas arboladas y arbustivas y los subpáramos) así como tampoco tuvo en cuenta los árboles fuera del bosque y las sabanas herbáceas. Como consecuencia de lo anterior, la captura de CO₂ fue mínima³.

De acuerdo con lo anterior se espera que estas ambigüedades sean estudiadas en un mayor nivel de detalle de tal forma que se dilucide de manera clara y concisa la función de sumidero de estos ecosistemas en las guías del IPCC de 1996.

Adicionalmente, las guías presentaron los siguientes problemas:

De acuerdo con la hoja de trabajo 5-2, hoja 1 de 5, y la hoja de trabajo 5-2, 4 de 5, la columna A de ambas hojas (superficie convertida anualmente y la superficie media convertida promedio de 10 años), se presta a confusión en su interpretación lo cual implica colocar el mismo valor en

las dos hojas de trabajo. Es necesario por lo tanto, una mejor definición de estos conceptos.

En general, la metodología recomendada es, en gran parte, homologable a las circunstancias nacionales siempre y cuando se tenga en cuenta la clasificación que cada país haya realizado para sus tipos de coberturas boscosas. Sin embargo, los valores por defecto sugeridos por la metodología no se consideran los más apropiados para los bosques tropicales de América Latina, ya que cada país cuenta con un régimen específico de uso, manejo y aprovechamiento de sus bosques, por lo cual uno debe hacer sus propios inventarios al respecto.

6.2.4.2 Problemas presentados en la consecución de la información

Los problemas presentados en la consecución de la información se relacionan con la deficiente coordinación interinstitucional para el levantamiento de la misma. Esto hace que se presenten conflictos metodológicos de escala y de interpretación de los datos. Además, existen deficiencias y vacíos de información, debido a que los estudios no se realizan de manera periódica de tal forma que no es posible, hacer monitoreos históricos de los ecosistemas, en la mayoría de los casos pues los recursos económicos disponibles para dicho fin no lo permiten.

Así, en estadísticas nacionales del DANE y del sector energético la información relacionada con el consumo de leña sólo sirve para determinar la participación de este recurso en los balances energéticos nacionales. El sector forestal no cuenta con estadísticas confiables de consumo de leña proveniente de bosque natural y del plantado, el cual se contabiliza como un remanente del aprovechamiento de los bosques y las plantaciones. Lo anterior hace que no se tenga una cifra concreta del consumo de leña en el sector urbano.

De igual forma las instituciones del Sistema Nacional Ambiental relacionadas con la administración, uso y aprovechamiento de los bosques no se sienten comprometidas en la generación de las estadísticas básicas de tipo administrativo e investigativo que permitan tener una visión integral y holística del comportamiento, consumo y demanda del bosque. Lo anterior conlleva a una gestión poco eficiente por tanto es necesario priorizar en la ejecución de recursos para dar solución a la problemáticas de orden local y regional.

A pesar de que el país cuenta con alta densidad de información de tipo investigativo, esta corresponde principalmente a esfuerzos individuales y puntuales con objetivos diversos, sin un horizonte de planeación de largo plazo, que permitan establecer criterios y lineamientos para la definición de la línea base de recursos naturales nacionales.

6.2.4.3 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras comunicaciones nacionales

- Es importante precisar los análisis en los cambios de superficie en las coberturas vegetales boscosas para así aumentar el nivel de resolución a una escala semidetallada de 1:100.000, con el objeto de considerar aquellas áreas de bosques relictuales que por efectos de escala no fueron considerados en el presente trabajo. De igual forma, para disminuir el nivel de incertidumbre relacionado con la metodología de obtención de información a partir de imágenes de satélite (clasificación visual), es necesario clasificar las imágenes mediante el método digital con lo cual se estaría obviando el error inducido por la interpretación visual redundando en mayores niveles de precisión y exactitud.

- Para obtener información relacionada con el abandono de tierras entre 20 y 100 años, se requiere de la adquisición del set de imágenes satelitales de alta resolución espacial y espectral para las décadas de los años 1970 y 2000, para realizar el monitoreo y análisis multitemporal de la información histórica y así obtener mayor precisión mediante la clasificación digital, lo cual le impone a este trabajo una mayor demanda de tiempo y personal especializado del que fue invertido en la clasificación visual.

- El grado de confianza de la información aumentará en la medida en que se realicen inventarios periódicos en ecosistemas representativos en el campo regional. Para ello, el país requiere fortalecer el Sistema Estadístico Forestal en el cual repose toda la información histórica necesaria para el uso y manejo adecuado de los ecosistemas boscosos del país, con participación interinstitucional y sectorial.

- Es necesario lograr un mayor detalle en la composición y estructura de las diferentes coberturas vegetales identificadas a escala nacional, que permitan valorar de manera más precisa la dinámica natural de las mismas, entre ellas las diferentes categorías que conforman los bosques andinos e interandinos, bosques basales, bosques xerofíticos, riparios y sabanas, entre otros; así mismo, como ecosistemas especiales que albergan alto potencial de sumidero se tienen páramos, bosques hidrofíticos como manglares, guandales, naidizales, sajales, cuanguariales, cananguchales, entre otros.

- En posteriores desarrollos, y supeditado a la consecución de recursos para alguna de las coberturas clasificadas, se identificarán subcategorías como en el caso de algunos bosques singulares, así como del ecosistema páramo. Este último y con la ayuda de estudios más detallados, se subclasificará en páramo seco, húmedo, de turbera, de espeletia, subpáramo y posteriormente tierras en proceso de paramización.

- Para complementar el estudio estructural de los ecosistemas, es necesario trabajar a mayor profundidad aquellas variables silviculturales que permitan describir los contenidos en área basal, volumen, riqueza florística y diversidad, competencia intraespecífica, así como los niveles de iluminación que recibe el sotobosque con el objeto de conformar posibles sumideros que no han sido aún estudiados a profundidad. Esto conduciría a reevaluar y replantear el significado de la función de sumidero de los bosques maduros o en equilibrio dinámico y estado de sucesión avanzado.

- Se recomienda poner en marcha usos y aplicativos del desarrollo metodológico alcanzado por el IDEAM, 2001, respecto al modelamiento de los cambios de uso del suelo y de los contenidos de biomasa, conducentes a apoyar el establecimiento y definición de la línea base del estado de los recursos naturales y del medio ambiente del país. Igualmente, deben viabilizarse aplicativos que ayuden a la estructuración y ejecución de un programa nacional de monitoreo de ecosistemas naturales y transformados, para lo cual se deberán definir diferentes fases correspondientes a distintas escalas de resolución y detalle.

- La metodología usada por IDEAM (2001) para las estimaciones de biomasa por tipo de cobertura con base en la propuesta metodológica de BROWN (1994) y avalada por la FAO (1998), requiere de ajuste a nivel regional de tal forma que exprese con mayor precisión la variabilidad de la biomasa respecto a condiciones más específicas de tipo climático, edáfico y ecológico. En este sentido es importante consolidar un grupo de expertos que conozcan los avances del proceso para asesorar los ajustes y la validación del modelo; así como profundizar en el estudio de las condiciones biofísicas regionales y su influencia en la producción de

biomasa aérea boscosa, para ello se recomienda hallar en posteriores desarrollos, ecuaciones de regresión por región, lo cual va a permitir un mayor ajuste de los datos.

- Los valores de pérdidas y/o ganancias de las unidades boscosas para este inventario fueron tomados de manera lineal, aunque esto no es lo más indicado. En este sentido los comportamientos de dichos cambios deberán ser estudiados con mayor resolución y cubrimiento temporal, con el propósito de obtener valores más representativos, que expresen la dinámica natural y antrópica de estos cambios.

6.2.4.4 Recomendaciones para el fortalecimiento institucional y la generación de capacidad dentro del marco de futuras comunicaciones nacionales

- Una de las utilidades de la metodología desarrollada por IDEAM, 2001, es servir como instrumento para la implementación de las políticas nacionales de desarrollo promulgadas por el Ministerio del Medio Ambiente, tales como:

- El Plan Verde del Ministerio del Medio Ambiente, 2000, para la selección de áreas deterioradas con alto índice de producción potencial de biomasa y la implementación de procesos de restauración ecológica.

- El Plan Nacional de Desarrollo Forestal Documento CONPES 3125 de 2001, en cuanto a la aplicación de instrumentos económicos como el Certificado de Incentivo Forestal para la conservación (CIF de Conservación); selección de áreas con incrementos medios anuales, IMA, altos, y áreas con altos índices de producción potencial de biomasa, IPPB, con cobertura arbórea de baja o alta representatividad, en las cuales se desarrollen proyectos forestales de diferente índole. De igual forma, permitirá la selección de áreas deforestadas con alto valor de IPPB para el establecimiento de programas de reforestación natural y de plantaciones comerciales y priorización de áreas para instrumentar y puesta en marcha programas de Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL.

- Con el apoyo del Ministerio del Medio Ambiente, los institutos de investigación y la Asociación de Corporaciones Autónomas, ASOCAR, establecer acuerdos para reactivación de la generación de información forestal referente al uso, manejo y aprovechamiento del bosque, incluida la biomasa para uso de leña.

- Consultar con expertos internacionales lo relacionado con el desarrollo de modelos y ajuste de ecuaciones regionales en lo que respecta a la variabilidad de la biomasa arbórea aérea en relación con las condiciones ambientales y biofísicas de un sitio dado.

6.2.4.5 Recomendaciones específicas para el mejoramiento de las guías, IPCC (1996)

- Se recomienda desarrollar un proceso metodológico para contabilizar la biomasa de las sabanas herbáceas naturales y su papel en la captura y emisión de CO₂ y de otros ecosistemas contemplados anteriormente, ya que éstas se tienen en cuenta en el módulo de agricultura sólo para la contabilidad de quemas y no como sumideros importantes de carbono.

6.2.5 Residuos

6.2.5.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996

Los términos utilizados por la metodología de las guías son propios de países con manejos tecnificados de los residuos. En el caso de Colombia y de

otros, el manejo de los residuos sólidos y las aguas residuales domésticas e industriales no se ajustan al lenguaje y criterio manejados en las guías y, por lo tanto, son difíciles de aplicar con la metodología sugerida por el IPCC.

En cuanto a las aguas residuales domésticas y comerciales la fracción tratada en Colombia en relación con la que genera la población y que vierte al suelo o los cuerpos de agua (que presentan déficit de oxígeno), es pequeña. En algunas zonas rurales, se utilizan técnicas como letrinas y pozos sépticos. Dado que no se encuentran valores o métodos de aproximación para tener en cuenta estos tipos de tratamiento, el metano generado no es contabilizado bajo ningún parámetro.

Algunos factores propuestos por defecto no son confiables. El factor recomendado para recuperación o quemado de metano en los países en vía de desarrollo evita conocer la fracción de gas que escapa a la atmósfera durante el proceso metanogénico.

6.2.5.2 Problemas con la consecución de información nacional

Para datos de residuos sólidos dispuestos y aguas residuales tratadas, sólo existen informaciones puntuales y estudios nacionales, con muestras que sólo únicamente, representan el 49% de la población de los municipios colombianos.

6.2.5.3 Recomendaciones para la consecución de información y para la investigación en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales

- Implementar el Sistema de Información Nacional Ambiental para residuos (sólidos y líquidos).
- Realizar estudios de caso regionales que permitan conocer nacionalmente las características físicas, químicas y biológicas de los residuos domésticos y los industriales (en sólidos: material orgánico degradable, plástico; en aguas: DQO por proceso industrial y DBO por región para los lodos tratados).
- Profundizar y homologar en el resto del país los estudios existentes para establecer los factores de emisión de metano por cantidades dispuestas y tratadas en aguas residuales y disposición de residuos.

6.2.5.4 Recomendaciones para el mejoramiento de Guías, IPCC, 1996

- Revisar los términos y pasos metodológicos para sitios y tratamientos de residuos sólidos y líquidos aplicados a países como Colombia.
- Desarrollar metodologías de cálculo y factores de emisión para el metano y el óxido nitroso para cuerpos de agua con déficit de oxígeno a los cuales se vierten residuos sólidos y líquidos sin ningún control ni tratamiento.
- Establecer factores que permitan considerar las aguas residuales de uso industrial en diferentes procesos y que no generan sus datos en función de DQO y valores de DBO equivalentes

6.3 Limitaciones, recomendaciones y necesidades para el Capítulo de Vulnerabilidad y Adaptación

En la evaluación de la vulnerabilidad, la metodología del IPCC no fue aplicada plenamente, debido a que la información presentaba limitaciones en cuanto a su disponibilidad, homogeneidad y georreferenciación; además de los problemas señalados en las guías metodológicas, tales como proyectar y construir escenarios futuros con cambio climático o sin él. En

general, la definición de vulnerabilidad y riesgo se presta para múltiples interpretaciones, de allí que, se haga necesario, para efectos de comparabilidad internacional, que se defina y precise el grado de agregación de la información referente a las unidades de exposición. De otra parte, la metodología requiere de la incorporación de otros criterios y conceptos importantes que deben ser tenidos en cuenta en la evaluación de la vulnerabilidad, como considerar que la amenaza ejerce un impacto diferencial al interior de los grupos sociales y entre ellos, tanto por sus características socioeconómicas como culturales. Esto permitió analizar únicamente parte de los elementos expuestos que recomendaba la guía.

Como observación general a la metodología IPCC, puede recomendarse que se establezcan requisitos mínimos de contenido y alcances para las comunicaciones nacionales, en donde éstas profundicen en la evaluación de la vulnerabilidad, pero que, también permitan realizar comparaciones entre la información y los resultados presentados por cada país.

6.3.1 Elaboración de escenarios climáticos

En la estimación de los posibles cambios de la temperatura media del aire y de la precipitación anual hubo dificultades relacionadas con las series de datos históricos, requeridas para identificar las tendencias y para la aplicación a los modelos globales y regionales el método estadístico de *downscaling*. Esto se manifiesta, por ejemplo, en que las tendencias de temperatura del aire encontradas en diferentes regiones del territorio colombiano fueron muy diversas; en principio, el calentamiento global debería dar una tendencia más o menos similar en todas las regiones analizadas.

Aunque se hizo análisis de homogeneidad para garantizar una buena calidad de la información, hace falta todavía aplicar otras técnicas y filtros que permitan reducir las incertidumbres generadas por heterogeneidades no detectadas. Una vez realizada esta labor, se deben estimar nuevamente las tendencias y aplicar la metodología de reducción de escala a los modelos globales.

De otro lado, se necesita hacer una vez más, el análisis de modelos climáticos numéricos mundiales y regionales para identificar alguno que represente mejor el clima de Colombia y su diversidad espacial y variabilidad temporal.

El análisis de los posibles cambios en la temperatura del aire y de la precipitación se limitó a los valores anuales y no se estimaron aquellos que podría presentar la estacionalidad de estas variables. Para efecto de evaluar los impactos en algunos sectores, es conveniente conocer los cambios con el nivel de detalle de estacionalidad.

Lo anterior sugiere que es necesario desarrollar un proyecto tendiente a mejorar las estimaciones de los posibles cambios de temperatura del aire, de la precipitación y de otras variables climatológicas en la escala de detalle que permita ver si hay cambios en la estacionalidad de las mismas.

6.3.1.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC 1996 para zonas costeras

Para el estudio de la vulnerabilidad y adaptación de las zonas costeras, el IPCC recomienda el uso de la guía metodológica publicada en el año 1992, y que fuera aplicada parcialmente por el grupo de investigación del IDEAM.

Metodológicamente se asumieron las recomendaciones de evaluar la susceptibilidad del litoral a la inundación y a la erosión, así como los

potenciales efectos físicos que causará el ascenso acelerado del nivel del mar en una magnitud de un metro. La metodología del IPCC en este sentido es abierta, pues reconoce que en la mayor parte de los países no existe información básica que permita delimitar la cota de 1 metro y sugiere recurrir a métodos complementarios. Para subsanar esta deficiencia, el IDEAM recurre a una técnica geomorfológica que le permitió hacer una buena aproximación de la cota de un metro de altura y, que por las características morfodinámicas del litoral colombiano, se convierte en un aporte metodológico a la propuesta del IPCC.

Para una zona costera tan extensa y altamente dinámica como la colombiana, la precisión de los impactos socioeconómicos sobre los ecosistemas y la evaluación de los costos de las medidas de adaptación requieren de análisis con nueva aproximación, donde se cuente con mayor detalle, precisión, tiempo y recursos económicos.

6.3.1.2 Recomendaciones para la investigación en el marco de futuras comunicaciones nacionales

- Para futuras investigaciones se aconseja establecer alianzas con investigadores de institutos y universidades nacionales e internacionales que permitan compartir experiencias e información sobre las zonas costeras, de manera que la calidad y la homogeneidad de la información, así como su tratamiento, sean de la mayor calidad posible, para que permita obtener resultados eficientes.

- Igualmente, para las próximas comunicaciones se recomienda trabajar a escalas más detalladas, de tal manera que se haga fácil identificar otras unidades expuestas y determinar y relacionar los impactos directos e indirectos de manera integral. En este sentido un mayor detalle permitirá formular estrategias de adaptación que favorecerán la toma de decisiones tanto en el orden nacional como en el local.

6.3.2 Recursos hídricos

6.3.2.1 Problemas metodológicos con la aplicación de las guías IPCC-1996

En general, cabe destacar, que para el componente de vulnerabilidad del recurso hídrico, sólo existen lineamientos muy generales (presentados en Feenstra et al en el Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies), los cuales no pueden considerarse como una metodología ya que sólo describen en rasgos generales las etapas clásicas de un estudio hidrológico y presentan un enfoque totalmente determinístico que no se conjuga totalmente con el tradicional enfoque estocástico de los estudios hidrológicos durante las últimas décadas (1980-2000). Aunque no es necesario desechar el enfoque determinístico si es necesario establecer recomendaciones para señalar enfoques híbridos (determinísticos y estocásticos) con el fin de determinar la vulnerabilidad del recurso hídrico. Adicionalmente, las definiciones tradicionales de vulnerabilidad deben ser adaptadas al momento de ser aplicadas en los respectivos análisis del recurso hídrico ya que en la forma como se presentan usualmente no encaja bien, para lograr la determinación de la vulnerabilidad del régimen hidrológico.

Por último, es necesario señalar que tampoco existen lineamientos metodológicos para abordar la vulnerabilidad de los sectores productivos ante la amenaza de cambios en el régimen hidrológico y que para esta Comunicación Nacional fue necesario realizar esfuerzos para implementar este tipo de metodología, lo cual fue logrado a través del planteamiento de funciones de producción extendidas para cada sector productivo.

6.3.2.2 Problemas encontrados en la consecución de información

En la evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico, particularmente del componente subterráneo, se experimentaron serias dificultades debido a la falta de enfoques de monitoreo y compilación de información sobre aguas subterráneas a escala nacional. Mayores dificultades se presentan para caracterizar la interrelación de acuíferos corrientes superficiales y para la evaluación de la intrusión marina.

Existen estudios locales con características de extrapolación muy restringidas y los inventarios de presión antrópica sobre este recurso, también son escasos. Igual situación se experimenta en lo referido a la información sobre calidad del recurso hídrico (tanto superficial como subterráneo) y no se ha consolidado una metodología que en forma integral permita caracterizar este multilateral aspecto del recurso hídrico. Es por ello que en la actualidad no existe un lineamiento que permita evaluar la afectación del recurso hídrico, en términos de calidad, en forma comparable entre los distintos países que trabajan en el marco de la Convención de Cambio Climático.

6.3.2.3 Recomendaciones para la generación de capacidad en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales

- Es necesario fomentar el fortalecimiento metodológico y la generación de capacidad institucional para abordar con certidumbre los temas mencionados.

6.3.3 Coberturas vegetales

El método de Planteamiento de Función Directa o de Función de Transparencia Directa recomendado por el IPCC fue aplicado en el trabajo de vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia. Sin embargo, dicho método se limita a analizar las distribuciones bioclimáticas actuales de los tipos de vegetación y sus posibles distribuciones futuras al cambiar el patrón del clima. Por lo tanto en este trabajo se definieron las coberturas vegetales que podrían verse afectadas por un cambio climático, desde el punto de vista de desplazamiento de las zonas de vida de Holdridge.

Para esta Comunicación Nacional se analizaron los desplazamientos de las unidades bioclimáticas de Holdridge con el cambio climático con lo que se logró, también una zonificación en grados de vulnerabilidad de las coberturas vegetales con criterios exclusivamente climáticos. Para avanzar en el estudio correspondiente a las coberturas vegetales, se debe profundizar aún más en el análisis de la vulnerabilidad de cada una de los ecosistemas del país, como son: páramos, bosque andino, agroecosistemas andinos, agroecosistemas basales, sabanas herbáceas, arbustivas y arboladas, bosques basales orinocos, amazónicos, pacíficos, xerofitias, manglares y ecosistemas acuáticos, bajo criterios complementarios tanto biofísicos como socioeconómicos.

6.3.4 Agricultura

6.3.4.1 Problemas encontrados con el uso de la metodología IPCC-1996

La metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad en el sector agrícola fue la de *analogía espacial*, recomendada en las guías del IPCC. Sin embargo, se encontró una limitante en el sentido de que dichas guías describen la metodología pero no especifican cómo realizar el análisis espacial para los aspectos productivos del sector agrícola. Se recomienda mejorar las guías en este sentido y definir una metodología general que permita comparar los resultados de diferentes países.

En cuanto a la información utilizada para el análisis resultó difícil la obtención y concentración de la relacionada con la localización espacial de los cultivos característicos del país. No obstante, se cuenta con este tipo de información que, podrá ser utilizada más adelante para precisar el análisis de vulnerabilidad en este sector.

6.3.4.2 Recomendaciones para la consecución de información, para la investigación y el fortalecimiento de la capacidad institucional en el marco de futuras Comunicaciones Nacionales

- En lo relacionado con la información, es necesario disponer de datos sobre la localización de los cultivos en diferentes épocas del año, con lo cual el análisis sería más preciso. Se recomienda usar registros de sensores remotos de alta resolución espacial, pero con un componente importante de comprobación de campo.

- Sería aconsejable avanzar en investigación aplicada relacionada con el impacto de eventos de variabilidad climática extrema como los fenómenos El Niño y La Niña en los resultados obtenidos de los principales cultivos del país y cuantificar la relación entre variabilidad climática y rendimientos. Estos estudios permitirán inferir el grado de vulnerabilidad de los cultivos mediante la metodología de analogías climáticas.

- El calendario agrotecnológico sostenible contribuiría al desarrollo de los siguientes aspectos: relacionar los requerimientos y las fases vegetativas de los cultivos; diagnosticar la oferta ambiental edáfica agropecuaria, la capacidad del ecosistema de tolerar las actividades y tecnologías agropecuarias, la susceptibilidad del medio a la degradación, compactación, salinización, sodización, aluminización, pérdida de la materia orgánica y prevenir riesgos por condiciones climáticas y biogeoedáficas.

- Para profundizar y mejorar el análisis de vulnerabilidad del sector agrícola al cambio climático, se recomienda como condición importante evaluar el posible impacto de dicho fenómeno en los suelos.

- En cuanto al fortalecimiento de la cooperación institucional es conveniente una más alta interacción entre entidades estatales, universidades, gremios, instituciones y centros de investigación relacionados con la actividad agropecuaria que permita apropiar mayor información y desarrollar investigación conjunta entre entidades para profundizar en el análisis de vulnerabilidad en torno al desarrollo de un proyecto en el sector agrícola.

- Se recomienda para mejorar las guías del IPCC considerar la metodología que la FAO, 1996, propone en la publicación *Global Climate Change and Agricultural Production*. Esta plantea el desarrollo de una función de pérdida para una unidad de exposición ante el cambio climático y propone el uso de una función de probabilidad de una variable climática y una función de sensibilidad de la unidad expuesta ante el cambio climático. Igualmente, se sugiere que las guías del IPCC se ilustren con ejemplos regionales, los cuales permitirán obviar las incertidumbres de metodologías particulares.

6.3.5 Salud humana

6.3.5.1 Problemas metodológicos

Una de las limitaciones del primer abordaje a las relaciones del cambio climático con la malaria y el dengue es que sólo se limitó a los cambios en la distribución espacial. En ese sentido es necesario conocer los cambios que a través del tiempo se presentan de manera constante en el comportamiento de la enfermedad para considerarlos en un análisis más completo.

En el estudio de vulnerabilidad de la salud humana, se encuentran problemas debido al tipo de información y a su interpretación. Así, por ejemplo, existen dificultades en la interpretación de la información de las dos enfermedades analizadas.

En la tabla siguiente es posible observar cómo la población que (quinquenal) se toma para el estudio de esta enfermedad viene en descenso. Sin embargo, la positividad y la tasa anual ha crecido. Existen diferentes interpretaciones para estos datos ya que no es posible aclarar lo que en realidad pasa (¿reducción de la vigilancia en los servicios de salud? O, ¿ajustes en la metodología de definición de los casos de malaria?)

*Tabla 6.1
Porcentajes quinquenio sobre la presencia de malaria en el país (1960-1997).*

Quinquenio	% anual de población estudiada para la malaria	% anual de positividad	Tasa anual X 10.000 habitantes
1960 - 1954	5,9	2,6	15,6
1965 - 1969	6,4	3,7	23,8
1970 - 1974	4,4	5,5	24,7
1975 - 1979	2,5	12,7	32,2
1980 - 1984	2,6	15,0	40,4
1985 - 1989	2,2	18,7	42,9
1990 - 1994	2,8	22,3	62,5
1995 - 1997	2,3	27,9	66,5

No obstante, las tasas anuales en los diferentes quinquenios muestran progresivo aumento. La población colombiana en 1997 fue 2,8 veces mayor que la existente en 1960; pero la tasa de malaria fue 7,6 veces más alta. Es posible que, a pesar de estar estudiando un menor número de personas, la frecuencia de la enfermedad haya aumentado.

En el caso de la información sobre el dengue, las dificultades se relacionan con los criterios de diagnóstico, fundamentalmente clínicos, con base en la definición de Caso Probable. Una proporción incierta se confirma mediante el uso de pruebas serológicas que detectan anticuerpos IgM o inhibidores de la hemaglutinación. Esta última requiere mucho más que la de la IgM de una segunda muestra de sangre dos semanas después, para establecer el cambio en los niveles detectados de anticuerpos. La obtención de esa muestra es difícil debido a que la mayoría de los pacientes no regresa a la segunda prueba. En consecuencia, las probables tasas de incidencia del dengue resultan principalmente, del recuento de casos nuevos de la enfermedad, y no de nuevos casos confirmados. De esta manera, la información sobre esta enfermedad presenta un grado de incertidumbre.

6.3.5.2 Recomendaciones para la consecución de información, para la investigación y el fortalecimiento de la capacidad institucional en el marco de futuras comunicaciones nacionales

- Para una mejor aproximación al problema es necesario trabajar interinstitucionalmente en la evaluación de la vulnerabilidad de la salud humana al cambio climático. El IDEAM, el Ministerio de Salud Pública, el Instituto Nacional de Salud, la Organización Panamericana de la Salud e instituciones de investigación en salud pública pueden ser los organismos que aúnen sus esfuerzos, en el futuro, con el fin de establecer los riesgos e intervenir oportunamente para mitigar los efectos negativos en la salud humana.

- Estudiar, además de la ubicación en el espacio, la vulnerabilidad de las poblaciones humanas a las dos enfermedades ante el cambio climático, las tendencias del cambio en los patrones de presentación de malaria y dengue en el tiempo. Si se parte de la hipótesis que el cambio en el clima índice en el comportamiento de las dos patologías, es de esperar que el seguimiento en el tiempo de estas tenga alguna relación con las variaciones climáticas

que pueden esconderse si no se controla el efecto de otros factores, entre los cuales las migraciones de población pueden desempeñar papel importante en nuestro país. Ello permite caracterizar en forma más completa el comportamiento de las enfermedades en Colombia en la búsqueda de asociaciones con el cambio climático.

- En el caso de enfermedades transmitidas por vectores es necesario incluir un análisis del papel de éstos, sus características y hábitos y las tendencias de las diferentes variables relacionadas con ellos a lo largo del tiempo y el espacio. El clima, desde luego incide en la dinámica del vector, lo que influye, a su vez, en los cambios en el comportamiento de la enfermedad.

- Se deben incluir otras enfermedades que podrían modificar su comportamiento como resultados de los cambios climáticos, especialmente las entidades que afectan las vías respiratorias, el cólera, la leptospirosis, cáncer de piel, entre otras.

- Revisar la información existente en investigaciones o programas de vigilancia epidemiológica en el país (Red Nacional de Laboratorios) sobre las nuevas patologías mencionadas. De no existir información relevante se podría proponer la elaboración de proyectos e implementación de programas de vigilancia, dada la posible relación con la variación climática.

- Se sugiere, dentro del análisis de las medidas de adaptación, tener en cuenta las variables de saneamiento básico, acceso a los servicios de salud, medidas personales de protección y situación de orden público.

- Se recomienda incluir la realización de campañas educativas relacionadas con saneamiento básico y protección específica ante estas enfermedades, de acuerdo con las características propias de poblaciones rural y urbana, el contexto sociocultural, etc.

6.4 Costos asumidos por el IDEAM para la realización de la primera Comunicación Nacional ante la UNFCC

Como ya se mencionó al IDEAM se le asignó la coordinación interinstitucional para la elaboración de la primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Al haber asumido esta función, el IDEAM recibió por parte del GEF/PNUD recursos. Sin duda estos contribuyeron de manera fundamental al buen desarrollo de esta Comunicación Nacional. Adicionalmente, y tal como se estableció en el proyecto GEF/PNUD, Colombia, a través del IDEAM, dispuso de una contrapartida (in kind contribution) para el proyecto. En las tablas 6.2 y 6.3 que se presentan a continuación, se valora en dólares esta contrapartida nacional⁴. Lo anterior permitirá a los evaluadores y a los responsables de la toma de decisiones en el marco de la UNFCC tener una idea sobre las necesidades y costos reales de financiación para un país como Colombia y, de esta manera, ganar claridad sobre los requerimientos de financiación para las próximas Comunicaciones Nacionales.

Tabla 6.2
Costos asumidos por el IDEAM para la realización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, años 1990 y 1994

Módulo	Recurso	No.	Valor unitario US\$	Cantidad	Unidad	Total (US\$)
Energía	Profesionales	1	1.000	18	Meses	18.000
	Equipos adquiridos o rentados	1	3.500	1	Años	3.500
	Adquisición de información	1	500	1		500
Subtotal						22.000
Procesos industriales	Profesionales	2	1.000	6	Meses	12.000
	Equipos adquiridos o rentados	2	3.000	2	Años	12.000
	Adquisición de información	1	200	1		200
Subtotal						24.200
Agricultura	Profesionales	1	1.000	18	Meses	18.000
	Equipos adquiridos o rentados	1	3.500	1	Años	3.500
	Adquisición de información	1	500	1		500
Subtotal						22.000
Cambio uso de la tierra	Profesionales	8	1.000	16	Meses	128.000
	Equipos adquiridos o rentados	3	25.000	1	Años	75.000
	Adquisición de información				Paquetes	60.000
Subtotal						263.000
Disposición de residuos	Profesionales	3	1.000	6	Meses	18.000
	Equipos adquiridos o rentados	1	1.000	6	Meses	6.000
	Adquisición de información	1	200	1		200
Subtotal						24.200
Total US\$						355.400

Tabla 6.3
Costos asumidos por el IDEAM para la realización del Análisis de Vulnerabilidad de la Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Módulo	Recurso	No.	Valor unitario US\$	Cantidad	Unidad	Total (US\$)
Escenarios climáticos	Profesionales	5	1.600	12	Meses	96.000
	Equipos adquiridos o rentados	1	50.000	1	Años	50.000
	Adquisición de información	1	5.000	1		5.000
Subtotal						151.000
Zona costera	Profesionales	3	650	18	Meses	35.100
	Equipos adquiridos o rentados	6	120	18	Meses	12.960
	Adquisición de información	3	90.000	1		270.000
Subtotal						318.060
Glaciares	Profesionales	3	175	70	Meses	36.750
	Equipos adquiridos o rentados	2	2.350	1		4.700
	Adquisición de información	1	15.000	1		15.000
Subtotal						56.450
Recurso hídrico	Profesionales	5	1.000	24	Meses	120.000
	Equipos adquiridos o rentados	2	5.000	6	Horas	60.000
	Adquisición de información	2	5	1.600	Estaciones	16.000
Subtotal						196.000
Agricultura	Profesionales	2	1.000	12	Meses	24.000
	Equipos adquiridos o rentados	5	5.800	1	Años	29.000
	Adquisición de información	1	11.300	1		11.300
Subtotal						64.300
Salud humana	Profesionales	2	750	24	Meses	36.000
	Equipos adquiridos o rentados	2	12.500	1	Años	25.000
	Adquisición de información				Paquetes	60.000
Subtotal						121.000
Coberturas vegetales	Profesionales	1	800	30	Meses	24.000
	Equipos adquiridos o rentados	2	250	30	Meses	15.000
	Adquisición de información	1	25.000	1		25.000
Subtotal						64.000
Total US\$						596.300

Nota:

1. Los equipos adquiridos o rentados incluyen computadores, estaciones de trabajo: Silicon Graphics y Unix, software y licencias (Erdas y Arc Info).
2. La adquisición de información incluye set de imágenes de satélite, adquisición de datos y estudios específicos (Morfodinámica de litorales Pacífico y Caribe para el subcapítulo de vulnerabilidad de la zona costera).

Notas

¹ Unidad de Planeación Minero-Energética del Ministerio de Minas y Energía.

² En el apéndice de la metodología para cálculo de las emisiones del módulo 5 figuran las "Definiciones por defecto de los sistemas de manejo y uso de la tierra (páginas 5-3, 3-8). De acuerdo con lo anterior el bosque tropical, ". . . es la vegetación natural preponderante en esta zona en que se da el mayor grado de diversidad biológica en todo el mundo. Puede ocurrir degradación de los bosques y daños a los suelos producto de la tala, sobretodo a lo largo de las vías de arrastre y los caminos, la vegetación natural no dominante aparece frecuentemente en mosaicos con "cultivo migratorio". Lo anterior contrasta con la metodología (ítem 5.2.3. pg 5-4, párrafo 1) en la que

"Para calcular la emisión neta de CO₂ se estima el incremento anual de (...), los bosques talados o aprovechados de otra manera(...).así como todas las demás existencias importantes de biomasa leñosa". Lo anterior conduce a una interpretación ambigua sobre sí se deben tener en cuenta todos aquellos bosques talados o degradados o aprovechados de otra manera, o todos a la vez, y por lo tanto si se deben o no contabilizar aquellos bosques que han sufrido algún grado de perturbación, como es el caso de los bosques en Colombia.

³ Ver hojas de trabajo correspondientes a este módulo.

⁴ Para este cálculo se tomó una tasa de cambio de \$2.100 pesos por dólar de Estados Unidos.

BIBLIOGRAFÍA

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 2001. Diseño de Guías para la Formulación de Proyectos para la Reducción de GEI Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.

ACODAL. 1999. La situación actual del sector de aseo urbano en Colombia - "Selección de instrumentos económicos para el manejo de residuos sólidos a nivel nacional". Bogotá.

Acta de Cartagena. XI Consejo Presidencial. 26-27 de mayo de 1999, Cartagena.

AIM PROJECT TEAM. 1994. An estimation of climatic change effects on malaria. National Institute for Environmental Studies. Japan. <http://sedac.ciesin.org/mva/TM1994b/TM1994b.html>

ALVAREZ V. H. 1998. "Situación epidemiológica del dengue en Colombia, 1998". En: Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud, IQEN 3 (20): 282-288. Bogotá.

ANAYA, M. 1986. "Problemas de erosión y desertificación en suelos de América Latina". En: Suelos Ecuatoriales, vol. XVI, N° 1, Bogotá.

ANZOLA, María Alejandra & RODRÍGUEZ, Juliana Edith. 2001. Estimación preliminar de reserva de biomasa en algunos ecosistemas boscosos de Colombia. Ingeniería Forestal. Bogotá: Universidad Distrital. p 149.

ARANGO, Francisco. 2001. Elaboración de criterios para incorporar las energías renovables al Programa de Mercados Verdes. Bogotá: Universidad de los Andes.

ARMSTRONG B. K., 1994. "Stratospheric ozone and health". In: International Journal of Epidemiology. 23 (5), 873-885.

ASEAS y OPS/OMS. 1994. Diagnóstico del Servicio Público en Colombia. Minsalud: Colombia.

ATAROFF, M. & M. MONASTERIO. 1987. "Ecología y Desarrollo en los Andes Tropicales: pisos de vegetación y asentamientos humanos". En: Ecología de Tierras Altas. Anales del IV Congreso Latinoamericano de Botánica. Medellín. p 65-81.

BALCÁZAR, Álvaro; OROZCO, Lucía & VARGAS, Andrés. 1998. "Del proteccionismo a la apertura. ¿El camino a la modernización agropecuaria?". En: Informe de la Misión Rural. Volumen I. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. Bogotá: Tercer Mundo Editores.

BALDIÓN RINCÓN, José Vicente. 1988. La Evapotranspiración Potencial. Bogotá: HIMAT.

BERNAL, Germán; MONTEALEGRE, Edgar; RANGEL, Ernesto & SABOGAL, Nelson. 1989. Régimen de Precipitación en Colombia Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT. Bogotá.

BOCAREJO, Juan Pablo. 1999. Principales características del parque automotor en Colombia. Segundo seminario internacional sobre control de la contaminación por automotores. Bogotá: UN-IDEA.

Bolsa Nacional de Residuos y Subproductos Industriales. www.borsi.org

BOUMA M.J, DYE C., 1997. "Cycles of malaria associated with El Niño in Venezuela". In: JAMA. 1997; 278: 1772-1774.

BOUMA, M.J; POVEDA, W; ROJAS, W; CHAVASSE, D; QUIÑONES, M; COX, J & PATZ, J., 1997. "Predicting high-risk year for malaria in Colombia using parameters of El Niño Southern Oscillation". In: Tropical Medicine and International Health. Vol 2, No 2 . Blackwell Science Ltd.

BROWN, Sandra. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. Roma: A primer FAO Forestry Paper 134. p 54.

BUDIKO, M.I *et al.* 1985. "Storia Atmosfery" (Historia de la Atmósfera). En: Gidrometeoizdat. Leningrado, Rusia.

CARDONA María Cecilia & ALARCÓN Juan Carlos. 2001. Metodología para estimar cambios en biomasa aérea boscosa para el período 1970-1990 y su relación con la emisión y captura de dióxido de carbono en los bosques de la ecorregión de la Serranía de San Lucas y su área de influencia. Usando sistemas de información Geográfica. Bogotá: Universidad Nacional. p 123.

Centro de Estudios Ganaderos, CEGA. Modelo avícola año 1990-1995. Bogotá.

CHIRIVÍ, H. 1988. Fauna trepadora y algunos aspectos ecológicos de los cayos del Archipiélago de San Andrés y Providencia. Trianea, 2: 277-337.

CLIMATE ANALYSIS CENTER. 1998. "Near real time analyses ocean-atmosphere". In: Climate Diagnostics Bulletin. Washington, D.C.: Department of Commerce-NOAA-NWS-NMC.

Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá. 1974.

COMISIÓN DE HIDROLOGÍA COLOMBO-VENEZOLANA. 1997. "Informe de la Comisión Binacional de Hidrología Colombo Venezolana para el Estudio de Prefactibilidad del Proyecto Hidroenergético del Río Orinoco". Tomo II - Caracterización Hidrológica. República de Colombia - República de Venezuela.

CONAMA, GEF, PNUD.1999. Chile: Primera Comunicación Nacional Bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Santiago de Chile.

CONPES. Documento 2.801. 1995. Estrategias y acciones para fomentar el uso eficiente y racional de energía. Bogotá.

CORPOCALDAS. 2001. Propuesta de proyecto: Evaluación de la oferta hídrica en los glaciares tropicales andinos del Parque Nacional Natural Los Nevados en el marco de los cambios climáticos globales. Manizales.

Corporación Invertir en Colombia, COINVERTIR. www.coinvertir.org.co/preespa/AGENDA/agenda.html.

CORTÉS BETANCOURT, Enrique. 1989. Estudio del régimen de temperaturas de Colombia. Bogotá: HIMAT.

CORTÉS, A. 1984. "El fenómeno de la desertificación en Colombia", Memorias del segundo congreso colombiano de ecología. En: Revista Ecología Tropical, Sociedad Colombiana de Ecología, vol. III. N° 1. Bogotá.

CREG. Resolución 097 de 2000. Uso eficiente de equipos y aparatos eléctricos.

CUEVAS H. et al. 1996. "El Niño-Oscilación del Sur y su relación con la incidencia de malaria en Colombia". En: Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. Bogotá: 1996. 1: 30-33.

Decreto Reglamentario 877 de 1976. República de Colombia.

Decreto 948 de 1995. República de Colombia.

Decreto 901 de 1996. República de Colombia.

Decreto 900 de 1997. República de Colombia.

Decreto 2.740 de 1997. República de Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. Encuesta anual manufacturera, 1990 y 1994. Bogotá.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. 1995. Servicio de información del sector agropecuario Colombiano. Bogotá: SISAC.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. Última actualización: 20 de noviembre de 2001. www.dane.gov.co/Novedades/Colombia/colombia.html

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. Última actualización: 20 de noviembre de 2001. www.dane.gov.co/Agropecuaria.xls

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. Última actualización: 20 de noviembre de 2001. www.dane.gov.co/Informacion_Estadistica/Estadisticas/Poblacion/Series_y_proyecciones/proyecc1.xls

Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. 1998. Colombia. Proyecciones quinquenales de población por sexo y edad, 1950-2050. Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación, DNP. Última actualización: 25 de octubre de 2001 www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTML

Departamento Nacional de Planeación, DNP. Última actualización: 25 de octubre de 2001. www.dnp.gov.co/01_CONT/INDICADO/macro/MACRO.HTML

Departamento Nacional de Planeación, DNP. www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/I040102.html

Departamento Nacional de Planeación, DNP. Última actualización: 25 de octubre de 2001. www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/I020402.html

Departamento Nacional de Planeación, DNP. Última actualización: 25 de octubre de 2001. www.dnp.gov.co/ArchivosWeb/Direccion_Desarrollo_Social/Indicadore_Sociodemograficos/Sisddats/I020406.html

DE ROBERT P., MONASTERIO, FARIÑAS, M. & BARBECHOS TRIGUEROS, M. 1999. "Dinámica de la vegetación en un páramo de la Sierra Nevada de Mérida". En: Funcionamiento de los ecosistemas de montañas tropicales en América y África en relación con la biodiversidad y los cambios globales. CLEEF, Antoine, Editor.

DOMÍNGUEZ, E. 1999. Metodología para la Interpolación Espacial de Variables Influidas por la Topografía del Terreno. Bogotá: IDEAM.

DOMÍNGUEZ E., 2000. Diagnóstico de la Red Hidrométrica de la Corporación Autónoma Regional del Quindío. Bogotá: IDEAM.

DOMÍNGUEZ E., NIÑO R. 1998. Criterios físico económicos para la red de referencia óptima. Bogotá: IDEAM.

DOMÍNGUEZ E., VERDUGO N. 2001. Optimización de la Red Hidrométrica Nacional. Bogotá: IDEAM.

DOMINGUEZ, E. 2000. Diferentes aproximaciones de las estructuras matemáticas para el modelo hidrológico en la evaluación de escenarios de escorrentía. Bogotá: IDEAM.

DOMINGUEZ, E. 2000. Metodología propuesta para la evaluación de los efectos del cambio climático global en el componente hidrológico, Sin Publicar. Bogotá: IDEAM.

- ECOPETROL. 1999. Dirección de Planeación Corporativa: Estadísticas de la industria petrolera, 1999. Vigésima primera Edición. Colombia: ECOPETROL
- EPSTEIN, P. R. 1998. "Watching El Niño". In: Public Health Reports. July/August. 113. p 331-337.
- EPSTEIN, P. R. 1992. "Cholera and the environment". In: The Lancet. 339: 1167
- ESPINAL, Luis Sigifredo & MONTENEGRO, Elmo. 1963. Formaciones Vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico de Colombia (con colaboración de los doctores: L.R. Holdridge y J. Tosi Jr.). Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, Departamento Agrológico. p 201.
- FEENSTRA, J. F., BURTON, I., SMITH J. B., TOL, R. S. J., 1998. Handbook on methods for climate change impact assesment and adaptation strategies. UNEP, Vrije Universiteit Amsterdam, Institute for Environmental Studies. Ámsterdam.
- FINAGRO, y El Sector Agropecuario en los Noventas, Departamento Nacional de Planeación. 2001. www.dnp.gov.co/02_SEC/AGRICOLA/AGRICOLA.ASP#1.
- FLÓREZ, A. 1992. "Los nevados de Colombia: Glaciales y Glaciaciones". En: Análisis Geográficos No. 22. Bogotá. p 15-55.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. 1993. Forest Resources assessment, 1990. Tropical Countries. Forestry paper 112. p 59.
- GIRALDO, G. P., CUEVAS, H. PABON, J. D & PADILLA, J. C. 1998. "Comportamiento del dengue clásico asociado con la temperatura superficial del mar como indicador del ciclo ENOS en Colombia, 1980-1998". En: Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. Bogotá: Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. 1998. 4, 21: 322-327.
- GONZÁLEZ, Fabio. 1998. Inventario Preliminar de Gases de Efecto Invernadero. Fuentes y Sumideros. Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales.
- GUERRERO, M. 1995. El proceso de la desertificación y la erosión en la región central Andina. Tatacoa, Guatavita y Villa de Leyva, Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- GUHL, Andrés. 1999. Ecological Zoning of Colombia using the Holdridge Life Zones System. CD. IDEAM-University of Illinois, Urbana, USA.
- GUHL, Andrés & LEYVA, Pablo. 1997. Zonificación Ecológica de Colombia usando las Zonas de Vida de Holdridge. C.D. Bogotá: IDEAM.
- 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. Tesis de grado para optar al título de Magister. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales, IDEA. Universidad Nacional de Colombia.
- GUTIÉRREZ REY, Hilda Jeanneth. 1989. Clasificaciones Climáticas. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT. Bogotá. p 38.
- HERNÁNDEZ, A. 1986. Residuos agropecuarios y agroindustriales en Colombia. PNUMA-CEPAL.
- HERNÁNDEZ CAMACHO, J. & SÁNCHEZ, H. 1990. La diversidad Biológica de Iberoamérica. Biomas terrestres de Colombia. Adaptado de Nuevos Parques de Colombia, Inderena, Selva y futuro.
- HERNÁNDEZ CAMACHO, J. & al 1990. La Diversidad Biológica de Iberoamérica. El Origen y Conformación del Continente Suramericano.
- HOLDRIDGE, Leslie. 1982. Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. San José de Costa Rica. p 216.
- HOLDRIDGE, Leslie. 1996. Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA. San José de Costa Rica. p 225.
- HOOGHIEMSTRA, H., & F.T.H. ARN. 1994. Late and middle Pleistocene climatic change and forest development in Colombia: Pollen records Funza II (2-158) core interval. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. 109:211.

HURTADO MORENO, Gonzalo. 2000. La evapotranspiración potencial en Colombia. Nota Técnica IDEAM-METEO/004/2000. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. 1976. Zonas de Vida o Formaciones Vegetales de Colombia. Memoria Explicativa sobre el Mapa Ecológico. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. 1988. Suelos y Bosques de Colombia. Subdirección Agrológica. Bogotá. p. 135.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. Fundamentos para la definición de pisos bioclimáticos. Análisis Geográficos. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. 1977. Formaciones vegetales o zonas de vida de Holdridge. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. 1988. Suelos y bosques de Colombia. Subdirección de Agrolología. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. 1990. "Evitemos la desertificación". En: Colombia, sus gentes y regiones N° 20.

Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. 1997. Editorial: el fenómeno de El Niño: alerta sanitaria. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. Bogotá. 2 (15): 213.

Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. 1998. Cambios hidroclimáticos (Fenómeno Frío del Pacífico) en el último trimestre de 1998 y el primer semestre de 1998. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. Bogotá. 3 (20): 281.

Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. 1998. Editorial: Dengue y el control de Aedes Aegypti en Colombia: recordando la historia. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. Bogotá. 3 (4): 45-46,

Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN. 1997. Dengue. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. Bogotá. 2 (18): 262,

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 1998. El Medio Ambiente en Colombia. Santa Fe de Bogotá

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. UNIVERSIDAD NACIONAL. 1996. Distribución espacial de la Población. Convenio IDEAM-UNIVERSIDAD NACIONAL. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 1998. Estudio Nacional de agua. Balance hídrico y relaciones oferta-demanda de agua en Colombia. Indicadores de sensibilidad proyectados al año 2016. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 1998. El Medio Ambiente en Colombia. Santafé de Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 1998. Informe técnico de la comisión efectuada a la Sierra Nevada de El Cocuy. Inédito. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Leyva, P., Editor. 1999. Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto invernadero 1990. Bogotá. p 40.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 1998. El Estado del Medio Ambiente en Colombia. Bogotá. p 211-214.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2001. Sistema Estadístico Forestal de Colombia, SEFC. Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2001. Informe técnico de la comisión efectuada al volcán nevado Santa Isabel. Inédito. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM - Universidad Nacional de Colombia. 1997. Geosistemas de la Alta Montaña. Inédito. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. Base de datos de meteorología, ecosistemas, geomorfología y suelos.

- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 1997. Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad, Tomo I, Diversidad Biológica. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente, PNUMA, Instituto Humboldt.
- Instituto de Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente. 1986. El suelo, piel de la tierra. Proyecto Cuenca Alto Magdalena. Bogotá: Procam.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1994. Forzamiento radiativo del cambio climático y evaluación de escenarios de emisiones IS92 del IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1995. Informe del Grupo III, Las Dimensiones Económicas y Sociales del Cambio Climático.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1995. Las dimensiones económicas y sociales del Cambio Climático. Informe del Grupo III del IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1995. Panel Intergubernamental de Cambio Climático. 1997. Informe Especial del IPCC. Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas. p 16.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1995. Segunda Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. p 71.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1996. Introducción a los Modelos Climáticos simples utilizados en el segundo Informe de Evaluación del IPCC. Documento Técnico II del IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1997. Impactos regionales del Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad. Informe Especial del Grupo de Trabajo II del IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1998. Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. Vrije Universiteit Amsterdam. Amsterdam, The Netherlands.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Climate Change Impacts Studies Database. Institute for Environmental Studies, Free University, De Boelelaan. Amsterdam, The Netherlands.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. Introducción a los Modelos Climáticos simples utilizados en el segundo Informe de Evaluación del IPCC. Documento Técnico II del IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC-OMM-PNUMA-UNEP. 1997. Impactos Regionales al Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad. Resumen para responsables de políticas.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1992. Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea. Report of the Coastal Zone Management Subgroup. The Hague
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1995. Cambio Climático, Segunda Evaluación. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático. Ginebra: OMM-PNUMA. p 71.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. 1995. Global Climate Change and the rising challenge of the sea. Report of Coastal Zone Management Subgroup.
- ISAGEN. 1996. Selección y Recomendación de Sitios para la Instalación de Turbogases y Ciclos Combinados - Metodología y Resultados. Bogotá.
- ISAGEN, ECOCARBON y UPME. 1998. Inventario de Proyectos Carboeléctricos, Optimización Ambiental, Técnica y Económica. Bogotá.
- JACOBS, Michael. 1991. Economía Verde. Medio Ambiente y Desarrollo. Bogotá: Ediciones Uniandes.
- JETTEN T. H., MARTENS, W. J. M. & TAKKEN, W. 1996. "Model simulations to estimate malaria risk under climate change". In: Journal of Medical Entomology. 1996; p 362-371.
- KALSTEIN L. S, SMOYER K. E. 1993. "The impact of climate change on human health: some international implication". In: Experientia. Birkhauser Verlag Basel. p 969-979.

KARASIOV I.F. 1972, Physical and Statistical Methods For Network Design. CaseBook on Hydrological Network Design Practice, WMO - No 324, Ginebra.

KARASIOV, I.F. 1968. Principles for Distribution and Prospects for Development of Hydrologic Network. Transactions of State Hydrological Institute Trudy GGY 164, Leningrado.

KARTVELISHVILI, N.A. 1967. Teoría de procesos probabilísticos en hidrología y regulación de la escorrentía. Guidrometeoizdat, Leningrado. [Original en ruso].

KARTVELISHVILI, N.A. 1985. Teoría de procesos probabilísticos en hidrología y regulación de la escorrentía. Guidrometeoizdat, Leningrado. [Original en ruso].

KLEIN, R.J. et al. 1998. Coastal Zones. In: FEENSTRA, J.F. et al., editores. Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. Amsterdam: UNEP. p 7-1 to 7-34.

KOLMOGOROV, A. N. 1998. Nociones básicas de la teoría de probabilidades. Moscú: Editorial Fazis. [Original en ruso].

KOVALENKO V. V. 1993. Modelación de Procesos Hidrológicos. Guidrometeoizdat, San Petersburgo. [Original en ruso].

KOTLYAKOV V. M. 1994. El cambio climático y el futuro del entorno humano. Nauka (Ciencia). Moscú, Rusia.

KOVALENKO V. V. 1998. Modelación Parcialmente Infinita de Procesos de Desarrollo. RGGMU, San Petersburgo. [Original en ruso].

KOVALENKO V. V., PIVAVAROVA I. I. 2000. Optimización de la Red Hidrológica Básica con Base en el Modelo Estocástico de Formación de la Escorrentía. RGGMU, San Petersburgo.

KUCHMENT, L. S., MUZYLEV, E. L., SMAKHTIN V. Y. U. & STARTZEVA Z. P. 1993. Experience in the Hydrological Cycle Parametrization for GCM: Case Study of the Seim River Basin, International Association of Hydrological Sciences-IAHS Publication No 214, Wallingford.

LAGOS P. 1985. Los eventos ambientales relacionados con el fenómeno El Niño 1982/1983 en el Pacífico tropical y el Sistema de Prevención climática en el Perú. Lima: Instituto Geofísico del Perú.

LASSO ESPINOSA, Luis Daniel. 1988. La Evapotranspiración Potencial del territorio colombiano estimada con el método Penman. Bogotá: HIMAT.

LESMESS, J. D. Influencia del fenómeno de El Niño en el aumento de las tasas de incidencia de malaria a nivel municipal. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Bogotá. p 95.

LETSON W. et al. 1993. "Eastern Equine Encephalitis, EEE: a description of the 1989 outbreak, recent epidemiologic trends and the association of rainfall with EEE occurrence". In: American Journal in Tropical Medicine and Hygiene. 1993; p 677-685.

Ley 99 de 1993. República de Colombia.

Ley 139 de 1994. República de Colombia.

MALHOTRA, M.S & SRIVASTAVA, A. Diagnostic features of malaria transmission in Nadiad using remote sensing and GIS. The Malaria Research Center. New Delhi, India. <http://www.idrc.ca/books/focus/766/malhot.html>.

MENDOZA MORALES, Alberto. 1982. La Colombia Posible. Bogotá: Ediciones Tercer Mundo.

MENDOZA V. M.; Villanueva E. E. & Adem J. 1995. Estudios de Vulnerabilidad basados en escenarios de cambio climático en México, derivados de resultados de GCM's con un doblamiento del CO2 atmosférico (El ciclo anual presente). p 149-157.

MESA S. O. et al. 1997. Introducción al Clima de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Minas. p 389.

MESA SANCHEZ, Oscar José; POVEDA JARAMILLO, Germán; VÉLEZ UPEGUI, Jaime Ignacio; ARANGO MARÍN, Horacio. 1999. Balances Hidrológicos de Colombia. Informe final.

Medellín: Universidad Nacional de Colombia. p 179.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 1995. Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero. Bogotá.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 1996. Modelo de proyección de inventarios pecuarios. Bogotá.

Ministerio de Desarrollo Económico. La Economía Colombiana. 1999-2000. Bogotá

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal. 2000. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. República de Bolivia. La Paz.

Ministerio del Medio Ambiente, 1997. Política para la Gestión de Residuos. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. 2000. Estudio Estratégico Nacional para el Aprovechamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. 2001. Diagnóstico para una política de mercados Verdes. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. 2001. Diagnóstico para una Política de Mercados Verdes. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. 2001. Diagnóstico para una Política de Mercados Verdes. Bogotá.

Ministerio del Medio Ambiente. Estudio Estratégico Nacional para el Aprovechamiento del Mecanismo de Desarrollo Limpio. 2000.

Ministerio del Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional, GEF, UNDP. 2000. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. CD. San José de Costa Rica.

Ministerio de Minas e Energía, Secretaria de Energía, Departamento Nacional de Aguas e Energía Eléctrica, Cordinacao Geral de Recursos Hídricos.1993. Isoietas Médias Anuais Do Brasil. Republica Federativa do Brasil.

Ministerio de Minas e Energía, Secretaria de Energía, Departamento Nacional de Aguas e Energía Eléctrica, Cordinacao Geral de Recursos Hídricos,1994. Disponibilidad Hídrica Da Bacia Amazonica. Republica Federativa do Brasil.

Ministerio de Minas y Energía - Unidad de Información Minero Energética -UPME. 1997. Balances energéticos consolidados de Colombia 1975 - 1996. Colombia.

Ministerio de Salud, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio del Medio Ambiente. 1996. Programa de gestión urbana. Bogotá.

Ministerio de Salud del Perú. 1997. Plan de contingencia del fenómeno de El Niño. Lima.

Ministerio de Transporte, Subdirección Operativa de transporte automotor. Grupo de estudios de carga. 1999. Situación actual de oferta de carga del parque automotor. Bogotá.

MOLANO CAMPUZANO, J, 1990. Villa de Leyva. Ensayo de interpretación social de una catástrofe ecológica. Bogotá: Fondo Energético Nacional.

MOLYNEUX D. H., 1998. "Vector-borne parasitic diseases-an overview of recent changes". In: International Journal for Parasitology 28. Australian Society for Parasitology. p 927-934

MONASTERIO, M, 1984. Poblamiento humano y uso de la tierra. In: Monasterio, M.: editor: Paleoclimatic and evolution with Emphasis on Human Origins. Yale University Press. London. p 170-188.

MONTEALEGRE J. E., ORTIZ G. & RAMÍREZ, P. 1990. "Impacto ambiental del fenómeno El Niño en Colombia". En: Memorias del IV congreso inter-Americano y II colombiano de meteorología (17-21 de septiembre de 1990, Bogotá), p 169-173

MONTEALEGRE, E., ZEA J. 1994. Estudio sobre el fenómeno El Niño. Bogotá: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT. Ministerio de Agricultura.

Observatorio de La Violencia. 1996. En: Informes de Paz, No 2, Octubre. Oficina del Alto Comisionado para la Paz. Santafé de Bogotá.

OLADE. 1999. Metodología para el cálculo de los inventarios de GEI en el sector energético. Quito.

OLANO V.A. et al. 1998. "Distribución de *Aedes aegypti* en Colombia". En: Informe Quinquenal Epidemiológico Nacional, IQEN. Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. Bogotá. p 94-96.

Organización Meteorológica Mundial, OMM. 1992. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. Cambio Climático. Evaluación de los Impactos del IPCC. Informe preparado por el Grupo de Trabajo II para el IPCC. Madrid: Gráficas Jomagar-Mósteles. p 304.

Organización Meteorológica Mundial, OMM. 1992. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. Evaluación Científica del IPCC. Madrid: Gráficas Jomagar-Mósteles. p 396.

Organización Meteorológica Mundial, OMM. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. Cambio Climático: Las evaluaciones del IPCC de 1990 y 1992. Primer Informe de Evaluación del IPCC.

ONTIVEROS M. A. 2000. Optimización de la Red Hidrológica Básica Bajo los Escenarios de Cambio Climático en la República de Bolivia. San Petersburgo: RGGMU.

Organización de las Naciones Unidas, Secretaría de la Convención de Lucha contra la Desertificación. 1998. Francia.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 1994. Erosión de suelos de América Latina. Santiago de Chile.

Organización Mundial de la Salud - Organización Panamericana de la Salud. 1996. Análisis sectorial de residuos sólidos en Colombia.

ORTIZ Q., R. La Diversidad Biológica de Iberoamérica. s.f. Modelos de Extinción y Fragmentación de Hábitats.

ORTIZ, P. 1986. Colombia: gentes y regiones. Vol. 3. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ORTIZ, P; GUEVARA, V; ULLOA, J & APARICIO, M., 2000. Principios metodológicos para la evaluación de impacto de la variabilidad y el cambio climático en la salud humana. Un enfoque estadístico. Sin publicar.

PABÓN J. D., 1997. "Variabilidad climática". En: Técnicas agrometeorológicas en la agricultura operativa de América Latina. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. p 99-103.

PABÓN J. D. & MONTEALEGRE J. E., 1998. Probabilidad de afectación de la precipitación en Colombia por el fenómeno La Niña. Nota técnica del IDEAM, No. IDEAM/Meteo/008-98. p 16.

PANKRATOV, A. L., 2001. Stochastic proceses and applications, Institute for Physics of Microstructures of RAS, Nizhny Novgorod, Consultado en <http://www.imm.dtu.dk/undervisning/phdschool/calendar1999/Pan.html>, accesado 07 de noviembre de 2001

FINAGRO. 1998. Primera Encuesta Nacional agropecuaria. Bogotá.

PHILANDER G. 1997. "Currents of change: El Niño's impact on climate and society". In: Nature.1997. p 385:35.

PORTA, J. *et al.* 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

PRAHL, H. Von, ESCOBAR, J. C & PEÑA, E. J. 1988. Diversidad de especies de un arrecife de coral de la isla de Gorgona, Pacífico colombiano. Memorias VI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar, CCO, Bogotá. p 571 - 577.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA. s.f. Guía para confeccionar los esquemas integrales para la lucha contra la desertificación. Moscú: Centro de los proyectos internacionales, CECT.

- RAMOS, Mane C. Editor. 1997. Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Latin America. Proceeding of Workshop in April 1996, Montevideo, Climate Research, Volume 9: Nos. 1 and 2.
- RANGEL, J. O. 1995. Consideraciones sobre la diversidad y la vegetación de la alta montaña en Colombia. En: Memorias del Seminario Taller sobre Alta Montaña Colombiana, Colección Memorias, No. 3, Santafé de Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. p 33-60.
- RANGEL, J. O. editor. 2000. Colombia diversidad biótica III: La región de vida paramuna. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia. p 902.
- RASMUSSEN E. M. 1985. "El Niño and variations in climate". In: American Science. p 168-177.
- RASSMUSON E. M, CARPENTIER T. C. 1982. "Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño". In: Mon. Wea. Rev. p 354-384.
- RASSMUSON E. M., WALLACE J. M. 1983. "Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation". In: Science. 1983 p 1195-1202.
- Reglamento de Agua Potable y Saneamiento básico RAS. 1998. Sistemas de Aseo Urbano Literal F 1.
- RODRÍGUEZ, J. 2000. Comunicación personal. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM.
- SALDARRIAGA, Juan Guillermo. 1994. Recuperación de la selva de "tierra firme" en el alto Río Negro, Amazonia Colombiana - Venezuela. Tropenbos. Colombia. p 201.
- SÁNCHEZ, Heliodoro. et al. 2000. Hacia la recuperación de los manglares del Caribe de Colombia. Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente. p 294.
- SARMIENTO, G. 1987. Los principales gradientes ecoclimáticos en los Andes Tropicales. Anales IV Congreso latinoamericano de Botánica. Bogotá. p 47-64.
- Secretaría de asuntos pecuarios del Departamento de Arauca. 1998. Porcentaje de quemas por municipio del Departamento de Arauca.
- SEHGAL R. 1997. "Dengue fever and El Niño". In: The Lancet. 1997. p 349: 729.
- SHUGART, H. H. 1990. Using ecosystem models to assess potential consequences of global climatic change. Trends in Ecology and Evolution. p 303-307.
- SHUGART, H. H. 1998. Terrestrial Ecosystems in Changing Environments. Cambridge: Cambridge University Press. p 537.
- SMITH J. B.; SHUQ, S.; LENHART, L. J.; LEMESOVA, I. & TOURE, S. 1996. Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Interim Results from the U.S. Country Studies Program. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- SMITH, T. M.; SHUGART, H. H.; BONAN, G. B. & SMITH, J. B. 1992. Modeling the potential response of vegetation to global climate change. Advances in Ecological Research. p 93-116.
- SMITH, T.M.; LEEMANS, R.; & SHUGART, H.H.. 1992. Sensitivity of terrestrial carbon storage to CO₂ induced climate change: Comparison of five scenarios based on general circulation models. Climatic Change. p 367-384.
- SOLOMON, A. M. & SHUGART, H. H.. editores. 1993. Vegetation Dynamics and Global Change. Chapman and Hall, New York. USA. p 338.
- Spatial Modeling of Erdas Imagine 8.2. Training Notebook. p 72.
- STRAHLER A. N. & A.H. STRALER. 1997. Geografía Física. Tercera Edición. Barcelona: Ediciones Omega.
- STRZEPEKI K. & BISWAS A. K. Editores. 1996. U.S. Country Studies (nine countries). Special issue.
- THOMPSON R. S. & ANDERSON, K. H. Past Climate and Vegetation Changes in the Southwestern United States. Assessment of Potencial Future Vegetation Changes in the Southwester United States. University of Minnesota Press.

TOL, Richard S.J. 1996. Hacia una representación dinámica del costo del cambio del clima, *Ecological Economics* 19.

Transmilenio: un Sistema de Vida, Bogotá, diciembre de 2000.

UNEP-WMO-UNITAR-UNFCCC. 1997. *Climate Change - Information Kit*. Suiza.

UNEP / WMO / OEC / AIE. 1996. *Intergovernmental Panel on Climate Change. Revised 1996 IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Unidad de Planeación Minero Energético, UPME. Revisión de 1999. *Plan de Expansión de Referencia Generación - Transmisión 1998 - 2010*. Bogotá.

Unidad de Planeación Minero Energético, UPME. 2000. *Plan de expansión 1998-2015*. Bogotá.

Unidad de Planeación Minero Energético, UPME. Última actualización 22/03/2001.

Universidad Nacional de Colombia. 1988. *Diagnóstico: Manejo de la Basura en los Municipios Colombianos, Programa de Investigación de Residuos sólidos*. Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia. 1999. *Economía ¿Ecológica?* Facultad de Ciencias Humanas y Económicas. Medellín.

U.S. Country Studies Program. 1995. *Bolivia: A Methodology for Emissions Inventory and Vulnerability and Adaptation Assessment*. Bolivia Country Study Project Team: *Climate Change Country Studies*.

U.S. Country Studies Program. 1995. *Central America: Vulnerability Assessment to Climate Change for the Water, Coastal and Agricultural Resources*. Central America Country Studies Project Team: *Climate Change Country Studies*.

U.S. Country Studies Program. 1998. *Climate Change Assesments by Developing and Transition Countries*.

U.S. Country Studies Program. *México ante el Cambio Climático*. 1995. *Memorias del Segundo Taller de Estudio de País*. Cuernavaca, Morelos. p 250.

VAN der HAMMEN, Thomas. & GONZÁLEZ, E. 1960. *Upper Pleistocene and Holocene climate and vegetation of the Sabana de Bogotá*. *Leidse Geologische Mededelingen Bogotá*. p 261-315.

VAN der HAMMEN, Thomas. 1995. "Dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana, cambio global y biodiversidad". En: *Memorias del Seminario Taller sobre Alta Montaña Colombiana, Colección Memorias, No. 3*, Santafé de Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. p 11-15.

VAN der HAMMEN, Thomas & CLEEF, F. 1992. *Holocen changes of rainfall and river discharges in northern South America an the El Niño phenomenon*. *Erkunde*, 46. p 252-256.

VAN der HAMMEN, Thomas. 1974. *The pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America*. *Journal de Biogeography* . p 3-26.

VELANDIA, M. & GONZÁLEZ. "Asociación temporal entre los efectos climáticos y las enfermedades vectoriales". En: *Informe Quincenal Epidemiológico Nacional, IQEN*. Bogotá: Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. p 321-3272

VELICHKO, A. A. 1997. *Globalnie Izmenenia Klimata i Reaksia Lanshaftnoi Obolochki*. (Los cambios climáticos mundiales y la reacción del manto del paisaje). *Izvestia AN SSSR, Sergeograf*. p 5-22.

VILLERS RUIZ, L. & TREJO VÁSQUEZ, I. 1997. *Assesment of Vulnerability of forest Ecosystems to climate change in México*. *Climate Research, Inter-research, Bonn*, Vol. 9. p 87-93.

VILLERS RUIZ, L. & TREJO VASQUEZ, I. 1998. *Impacto del Cambio Climático en los Bosques y Areas Naturales Protegidas de México*. Venezuela: *Revista Interciencia* Vol. 23 No. 1 p 10-19.

VILLERS RUIZ & TREJO VASQUEZ. *Vegetación actual de México y escenario aplicando un incremento de 2°C en temperatura y disminución del 10% en la precipitación*. Instituto de Geografía, México. UNAM. p 165 - 174.

WARRICK, R.A. et al., 1996. Changes in Sea Level. In: *Climate Change 1995 - The Science of Climate Change*. Houghton, J.T.; L.G. & B. A. Editores. Cambridge: Cambridge University Press. p 359-406.

WIJMSTRA, T.A. 1980 Paleobotánica y cambio climático. En: *Climate Change*, GRIBBIN, J. editor. Cambridge: Cambridge University Press. p 44-70.

WILCHES-Chaux, G.1998. *La Vulnerabilidad Global*. La Red: Los desastres no son naturales. Cali: Universidad del Valle.

World Food Programme. 1996. *Zambia: Vulnerability Assessment and Mapping Project*. Analisis of normal and current.

World Health Organization, WHO, 1997. *International community to step up coordination of malaria control*. Press Release WHO/82.

World Health Organization, WHO., 1997. "Control and elimination of major tropical diseases. Possible but greater commitment need". In: *World Health Assembly Says*. Press Release WHO/8.

ZAPATA, F. A. 1994. *Las comunidades y arrecifes coralinos del Pacifico colombiano*. Memorias del Taller de Expertos Sobre el Estado del Conocimiento y Lineamientos para una Estrategia Nacional de Biodiversidad en los Sistemas Marinos y Costeros, CCO/ COLCIENCIAS, Minca. p 176 - 194.