

**ADAPTACIÓN DE COLOMBIA AL CAMBIO CLIMÁTICO:
AVANCES Y PERSPECTIVAS**

Jorge Andrés González Rojas

Jackelyne Peña Martínez

Adriana Serna Bautista

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C., 2009**

**ADAPTACIÓN DE COLOMBIA AL CAMBIO CLIMÁTICO:
AVANCES Y PERSPECTIVAS**

Jorge Andrés González Rojas

Jackelyne Peña Martínez

Adriana Serna Bautista

Monografía para optar al título de Especialista en Ingeniería Ambiental

DIRECTOR

Ingeniero Richard Díaz Guerrero

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C., 2009**

"..Las pocas cosas que sabemos sobre la respuesta de la tierra a nuestra presencia son profundamente perturbadoras. Aunque dejáramos de inmediato de tomar tierras y agua de Gaia para producir comida y combustible y no contamináramos más el aire, la tierra tardaría más de mil años en recuperarse del daño que ya le hemos causado, y puede que ni ese drástico paso bastará para salvarnos."

James Lovelock.

AGRADECIMIENTOS

A la academia por el apoyo prestado durante la consecución de la información, al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales por el soporte bibliográfico aportado y, finalmente, a nuestro director Ingeniero Richard Díaz por su paciencia y dedicación.

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
INTRODUCCION	1
RESUMEN	5
ABSTRACT	7
OBJETIVOS	8
1. MARCO CONCEPTUAL	9
1.1 Sistema Climático	9
1.1.1 Atmósfera	9
1.2 Efecto Invernadero	12
1.2.1 Gases de Efecto Invernadero	13
1.3 Calentamiento Global	15
1.4 Cambio Climático	16
1.5 Declaración de Río	16
1.6 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático	17
1.7 Panel Internacional sobre Control Climático (IPCC)	17
1.8 Agenda 21	18
1.9 Código de Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente	18
1.10 Constitución Política de Colombia	19
1.11 Ley 99 de 1993	19
1.12 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	19
1.13 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	20
1.14 Biomasa	20
1.15 Fuente	20
1.16 Sumidero	21
1.17 Depósito	21
1.18 Emisión	21
1.19 Vulnerabilidad	21
1.20 Amenaza	22
1.21 Riesgo	22
1.22 Adaptación	22
1.23 Mitigación	23
1.24 Impacto	23
1.25 Prevención	23
2. ESTADO ACTUAL	24
3. El Cambio Climático en Colombia	29
3.1 Compromisos y Políticas Nacionales	32

3.2 Mecanismos de Acción	40
3.3 Proyectos de Captura de Gases Efecto Invernadero	45
4. POSIBLES EFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS COLOMBIANOS	47
5. COBERTURAS VEGETALES Y SU POTENCIAL CAPTURA DE CARBONO	69
6. CONCLUSIONES	75
7. RECOMENDACIONES	79
8. BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1 Estrategias para responder a las posibles amenazas del Cambio Climático	36
Tabla No. 2 Proyectos de MDL en Colombia	43
Tabla No. 3 Proyectos de Captura de Gases Efecto Invernadero	45
Tabla No. 4 Amenazas por Inundación Marina en el Litoral Colombiano	55
Tabla No. 5 Amenazas del Cambio Climático en el Litoral Caribe y Pacífico	56
Tabla No. 6 Vulnerabilidad de los Elementos Naturales de Litorales Colombianos	57
Tabla No. 7 Posibles Cambios en la Temperatura del Territorio Colombiano	60
Tabla No. 8 Glaciares Colombianos	62
Tabla No. 9 Cambio de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra entre 1970 y 1990	65
Tabla No. 10 Zonas Altitudinales de Cuatrecasas	66
Tabla No. 11 Metodologías para Estimar el Stock de Carbono	71

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1 Temperaturas Medias Mundiales Anuales Simuladas	3
Figura No. 2 Capas de la Tierra	9
Figura No. 3 Efecto Invernadero	13
Figura No. 4 Esquema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge	49

LISTA DE FOTOS

Foto No. 1 Vista de Bogotá desde el Cerro Guadalupe	25
Foto No. 2 Parque Eólico Jepirachi (Guajira)	44
Foto No. 3 Fotografía Aérea de Glaciares en Colombia	61
Foto No. 4 Panorámica Parque Nacional Natural Los Nevados 2009	63
Foto No. 5 Páramo de Sumapaz	64
Foto No. 6 Desierto de la Tatacoa (Huila)	68

INTRODUCCIÓN

Los potenciales efectos devastadores sobre la biodiversidad y sobre las condiciones de vida de sectores vulnerables de la población mundial, han centrado la atención de gobiernos, organizaciones no gubernamentales, empresas y la sociedad civil a detener el cambio climático. A pesar de ello, esto es plenamente factible adoptando una serie de medidas concretas y cotidianas que si bien no constituyen una solución acabada del problema, resultan eficientes para atenuarlo.

El efecto invernadero es un proceso natural, que consiste en la retención por acción de ciertos gases presentes en la atmósfera, de una determinada fracción de la radiación solar que incide sobre la tierra. Este fenómeno ha dado lugar a unas condiciones climáticas propicias para el desarrollo de vida en el planeta. Sin embargo, como resultado de las actividades humanas se ha alterado el proceso en un grado tal, que existe hoy una sincera y demostrada preocupación por los efectos a mediano y largo plazo, que la interferencia humana puede ocasionar sobre el balance natural en el planeta.

En los últimos años se ha dado una particularidad en la que se registra un aumento de 1°C de la temperatura media mundial desde 1850 hasta la actualidad, hecho que ha ido acrecentándose al paso de los últimos años, donde se detectó un aumento de 0,6°C en el período 1970-2000. Este suceso en el que se observa una variación en la temperatura de la Tierra es atribuida por el consenso de la comunidad científica internacional a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera lo que conlleva a un calentamiento global por el aumento en la temperatura media global. Se produce a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, entre otros.

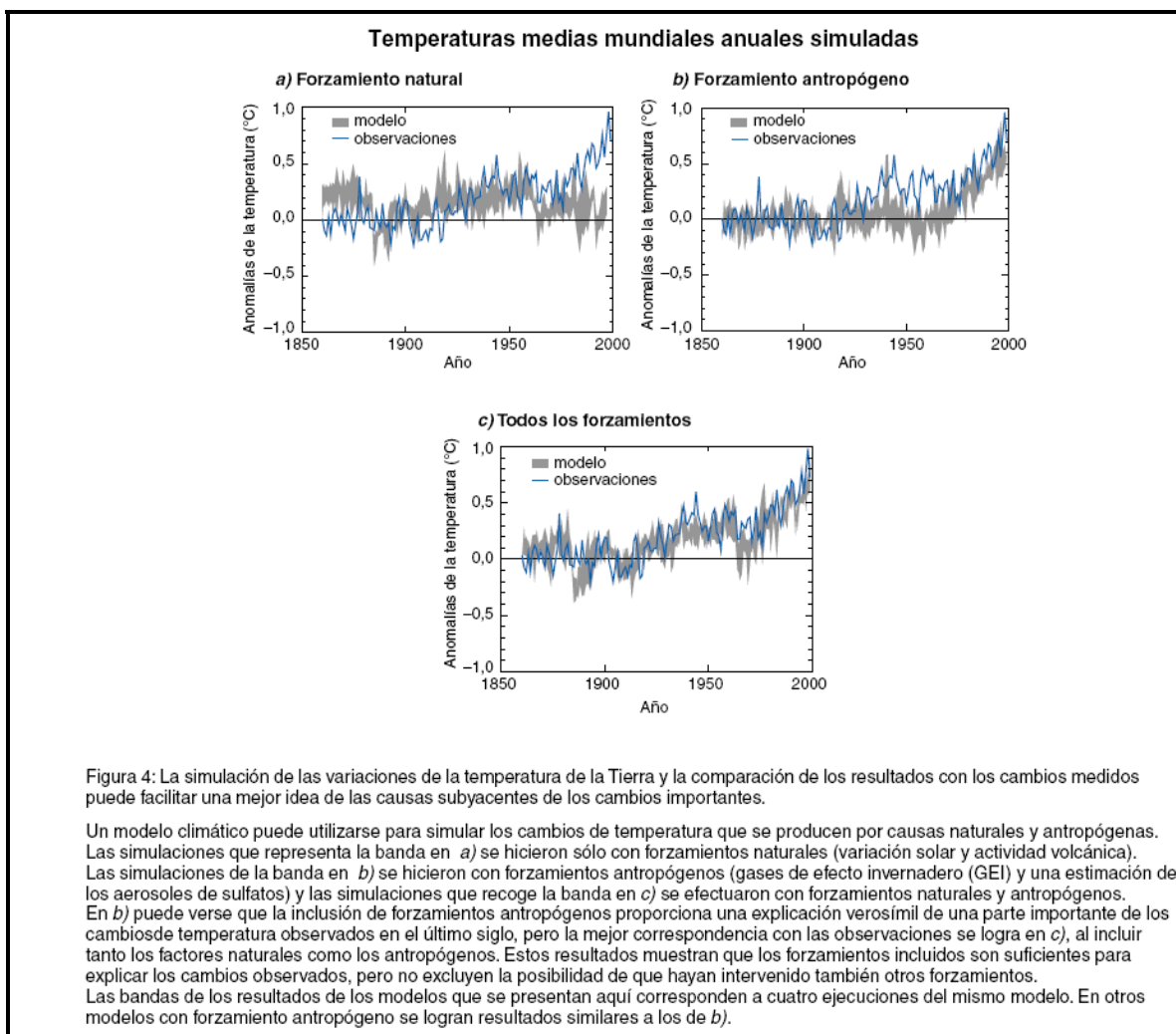
Actualmente el término suele usarse de forma poco apropiada, para hacer referencia tan solo a los cambios climáticos que suceden en el presente, o utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrada en Río de Janeiro en 1992 utilizó el término sólo para referirse al cambio por causas humanas, expresándolo de la siguiente manera:

"Por *cambio climático* se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". Artículo 1, párrafo 2.

De esta definición se desprende que el cambio climático producido constantemente por causas naturales se denomina *variabilidad natural del clima*, mientras que para referirse al cambio de origen humano se usa también la expresión *cambio climático antropogénico*.

La acción humana está representada por la emisión de volúmenes crecientes de gases de efecto invernadero (GEI) por las actividades industriales, agrícolas, forestales y de transporte, combinada con una disminución de las zonas boscosas capaces de fijar el carbono de la atmósfera. La combustión de hidrocarburos, carbón y biomasa contribuyen también en gran medida en el aumento de emisión de éstos gases. Esta situación provoca incrementos en la temperatura del planeta y cambios en el clima mundial, lo que a su vez se traduce en aumentos del nivel del mar, transformación de los ecosistemas, modificación de los pisos térmicos y trastornos de los patrones de lluvias y vientos.

Figura N° 1 Temperaturas Medias Mundiales Anuales Simuladas



La conciencia mundial de la importancia del Cambio Climático y de sus consecuencias, hace que éste tema sea una preocupación para todos los gobiernos y todos los habitantes del mundo y a la hora de evaluar soluciones que lo mitiguen, surge en nosotros, una sensación de inseguridad e incertidumbre. De allí la importancia de construir y divulgar un mayor conocimiento sobre el Cambio Climático causado por el hombre.

Por tal razón, es de nuestro interés investigar los avances que ha tenido Colombia en los últimos años con respecto a los efectos del cambio climático en sus

ecosistemas, qué se ha hecho para contrarrestar este fenómeno, cómo se ha integrado en las políticas del país, y cuál será el escenario a futuro.

RESUMEN

El calentamiento global provocado por los altos índices de contaminación, la industrialización de las ciudades y el uso de combustibles fósiles, están deteriorando el clima del planeta.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), dejó claro en sus conclusiones la necesidad de hacer cumplir las estrategias esgrimidas en el Protocolo de Kyoto y obligar a países renuentes como Estados Unidos, uno de los mayores productores de gases de efecto invernadero conocidos como gases clorofluorocarbonados (CFC), a firmar este compromiso mundial para avanzar en la lucha contra el calentamiento global.

El desarrollo sostenible ahora más que nunca es un deber de los países con mayores capacidades tecnológicas, es necesario enfocar toda su voluntad política en alcanzar las transformaciones planteadas en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto y, la Declaración de Nairobi sobre el estado del Medio Ambiente, pues los efectos de sequía y desertización, la pérdida de páramos, bosques y selvas, así como el deshielo de los casquetes polares y nevados han comenzado a hacer evidente la preocupante situación del clima a escala mundial que podría desencadenar que centenares de especies vegetales y animales desaparezcan en las próximas décadas por su incapacidad de adaptación a los cambios bruscos del clima.

Aunque el estudio y selección de la información presentó algunas limitaciones (poca información existente, desactualizada o de acceso restringido), en el presente documento de investigación se logró plasmar nuestro propósito de identificar la integración del Cambio Climático en las políticas nacionales, detallar

los avances del país y reconocer las acciones proyectadas para la adaptación al fenómeno ambiental sin desconocer las acciones y esfuerzos realizados a nivel internacional.

ABSTRACT

Global warming caused by high levels of pollution, industrialization of cities and the use of fossil fuels are damaging the planet's climate.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), made clear in its conclusions, the need to enforce the strategies given in the Kyoto's Protocol and to force the reluctant countries like United States, one of the largest producers of greenhouse gases known as chlorofluorocarbon gases (CFCs), to sign this global commitment to progress in the fight against global warming.

Now more than ever, the sustainable development is a duty of the countries with most technological capacities, it is necessary to focus all their political will to achieve the changes made in the Rio Declaration on Environment and Development, the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Kyoto Protocol and the Nairobi Declaration on the State of the Environment, because the effects of drought and desertification, loss of moorland, forests and melting ice caps and glaciers have begun to make clear the worrying situation of the global climate that could lead to hundreds of plant and animal species disappear in the coming decades by their inability to adapt to sudden changes in climate.

Although the study and selection of information presented some limitations (little information, not current or restricted access), this paper succeeded in translating our research is to identify the integration of climate change into national policies, detailing the progress of the country and to recognize the action for adaptation to environmental phenomenon without knowing the actions and efforts at international level.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Detallar los avances y perspectivas de Colombia en cuanto al Cambio Climático e identificar su integración en las políticas nacionales para la adaptación del país al fenómeno ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las metas y compromisos establecidos por Colombia dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- Puntualizar la participación de Colombia y su adhesión al Protocolo de Kyoto.
- Identificar las políticas nacionales que hacen referencia al Cambio Climático y describir los mecanismos de acción proyectados para contrarrestar la problemática ambiental.
- Describir las metodologías más utilizadas en las Evaluaciones para Captura de Carbono y Fuentes de Sumidero.
- Realizar el inventario de los posibles efectos en los ecosistemas Colombianos con respecto a un inminente Cambio Climático.

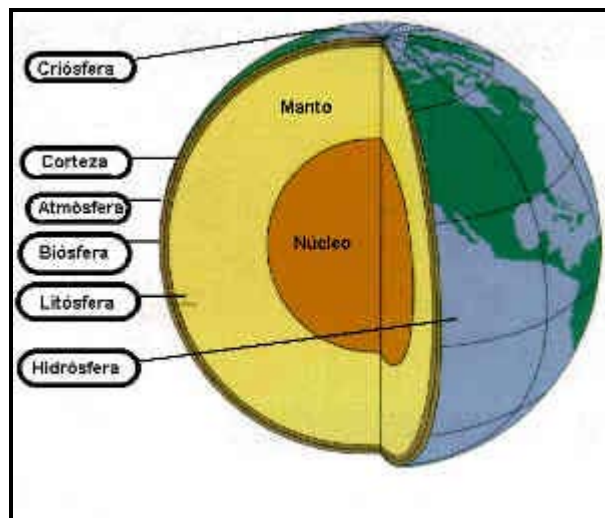
1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. SISTEMA CLIMÁTICO

Global Climate Change Information Programme (GCCIP, 1997)

Para poder comprender el cambio global climático y el aumento de la temperatura global se debe primero comprender el clima global y cómo opera. El clima es consecuencia del vínculo que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielos (criosfera), los organismos vivientes (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geosfera). Sólo si se considera al sistema climático bajo esta visión holística, es posible entender los flujos de materia y energía en la atmósfera y finalmente comprender las causas del cambio global.

Figura No. 2 Capas de la Tierra (Miller, 1991)



1.1.1. LA ATMÓSFERA

Capa gaseosa que rodea al planeta Tierra, se divide teóricamente en varias capas

concéntricas sucesivas. Estas son, desde la superficie hacia el espacio exterior: troposfera, tropopausa, estratosfera, estratopausa, mesosfera y termosfera.

La atmósfera es uno de los componentes más importantes del clima terrestre. Es el presupuesto energético de ella la que primordialmente determina el estado del clima global, por ello es esencial comprender su composición y estructura.

Los gases que la constituyen están bien mezclados en la atmósfera pero no es físicamente uniforme pues tiene variaciones significativas en temperatura y presión, relacionado con la altura sobre el nivel del mar.

La troposfera o baja atmósfera, es la que está en íntimo contacto con la superficie terrestre y se extiende hasta los 11 km. s.n.m. en promedio (Miller, 1991). Tiene un grosor que varía desde 8 km. en los polos hasta 16 km. en el ecuador, principalmente debido a la diferencia de presupuesto energético en esos lugares. Abarca el 75% de la masa de gases totales que componen la atmósfera, el 99% de la masa de la atmósfera se encuentra bajo los 30 km. s.n.m. (GCCIP, 1997; Miller, 1991). Consta en particular, en 99% de dos gases, el Nitrógeno (N₂, 78%) y Oxígeno (O₂, 21%). El 1% que resta consta principalmente de Argón (Ar, aproximadamente 1%) y Dióxido de Carbono (CO₂, 0,035%).

El aire de la troposfera incluye vapor de agua en cantidades variables de acuerdo a condiciones locales, por ejemplo, desde 0,01% en los polos hasta 5% en los trópicos (Miller, 1991). La temperatura disminuye con la altura, en promedio, 6,5° C por kilómetro.

La mayoría de los fenómenos que involucran el clima ocurren en esta capa de la atmósfera (Kaufmann, 1968), en parte sustentado por procesos convectivos que son establecidos por calentamiento de gases superficiales, que se expanden y ascienden a niveles más altos de la troposfera donde nuevamente se enfrían. Esta capa incluye además los fenómenos biológicos.

La **tropopausa** marca el límite superior de la troposfera, sobre la cual la temperatura se mantiene constante antes de comenzar nuevamente a aumentar por sobre los 20 km. s.n.m. Esta condición térmica evita la convección del aire y confina de esta manera el clima a la troposfera.

La capa por sobre la tropopausa en la que la temperatura comienza a ascender se llama **estratosfera**, una vez que se alcanzan los 50 km. de altura, la temperatura ha llegado a los 0°C. Por lo tanto, se extiende desde los 20 km. hasta 48-50 km. s.n.m. (Miller, 1991; GCCIP, 1997).

Contiene pequeñas cantidades de los gases de la troposfera en densidades decrecientes proporcional a la altura. Incluye también cantidades bajísimas de Ozono (O₃) que filtran el 99% de los rayos ultravioleta (UV) provenientes de las radiaciones solares (Miller, 1991). Es esta absorción de UV la que hace ascender la temperatura hasta cerca de los 0°C.

Este perfil de temperaturas permite que la capa sea muy estable y evita turbulencias, algo que caracteriza a la estratosfera. Esta, a su vez, está cubierta por la **estratopausa**, otra inversión térmica a los 50 km.

La **mesosfera** se extiende por encima de los 50 km., la temperatura desciende hasta -100 °C a los 80 km. su límite superior.

Por sobre los 80 km. s.n.m., encima de la mesosfera, se extiende la **termosfera**, en ella la temperatura asciende continuamente hasta sobre los 1000 °C . Por la baja densidad de los gases a esas altitudes no son condiciones de temperatura comparables a las que existirían en la superficie.

1.2 EFECTO INVERNADERO

Fenómeno atmosférico producido por algunos gases presentes en la atmósfera que permite mantener la temperatura del planeta al retener parte de la energía proveniente del Sol.

Sin este fenómeno natural se estima que la Tierra presentaría fluctuaciones climáticas que resultarían intolerables para la vida, registrándose 80°C de día y –130°C por la noche, con una temperatura media de -18°C; en vez de los actuales 15°C.

La energía que emite el sol se encuentra constituida por radiación ultravioleta, infrarroja y luz visible. Cerca del 30% de la energía proveniente del Sol, que está constituida por radiación ultravioleta e infrarroja, es dispersada de manera inmediata y vuelve al espacio.

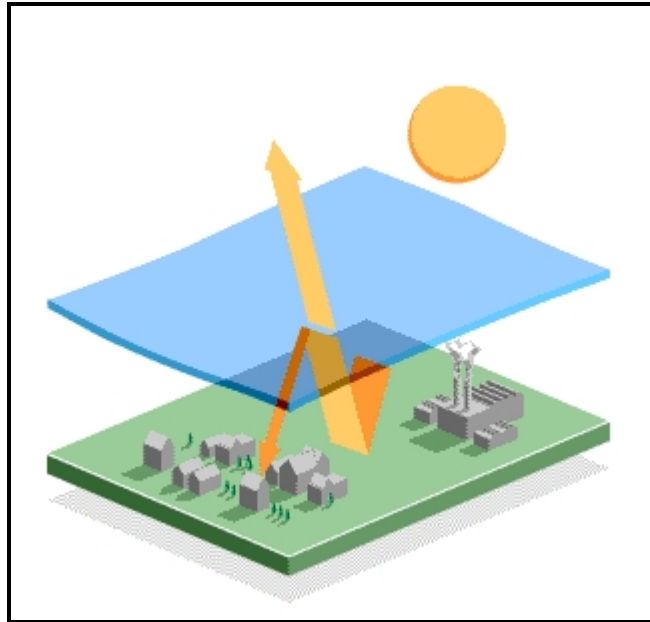
Pero la atmósfera no supone obstáculo alguno para la radiación solar de onda corta. Es por ello que el 70% de la energía que llega desde el Sol, compuesta por luz visible, es absorbida en un 33% por componentes atmosféricos (como el aire, el polvo o las nubes) y el restante 66% la atraviesa hasta llegar a la superficie terrestre.

La energía que llega a la superficie de la Tierra (que representa un 46% del total de la energía solar que intercepta el planeta) es absorbida en un 70%. El restante 30% es reflejado y emitido hacia el espacio en forma de radiación infrarroja (efecto que se conoce con el nombre de "albedo"). Pero la presencia de los gases de efecto invernadero absorben y produce la reflexión de una porción de estos rayos, que son retransmitidos a la superficie terrestre.

De esta manera, la pérdida efectiva de calor se ve disminuida y como consecuencia hay una gran cantidad de energía retenida entre la atmósfera y la

superficie de la Tierra. Este efecto de calentamiento es la base de las teorías relacionadas con el calentamiento global.

Figura No.3 Efecto Invernadero



1.2.1 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Son aquellos que tienen la propiedad de absorber y reflejar la radiación infrarroja y, consecuentemente, aumenta la cantidad de calor que retiene la Tierra. Los gases de invernadero más conocidos son:

- **Dióxido de Carbono (CO₂):** Es actualmente responsable de más del 54% del efecto "ampliado" de invernadero. Este gas se da naturalmente en la atmósfera, pero la combustión de carbón, petróleo y gas natural está liberando el carbono almacenado en estos "combustibles fósiles" a una velocidad sin precedentes. El 75% del CO₂ emitido a la atmósfera por el hombre se debe a esta combustión (energía y transporte principalmente) y en un 25% a cambios de usos del suelo y deforestación.

Se estima que el dióxido de carbono persiste en la atmósfera durante un período aproximado de 100 a 300 años, por lo cual, aunque las emisiones se detuvieran ahora mismo, las concentraciones de CO₂ no disminuirán, sino que se mantendrán estables por lo menos algo más de un siglo.

- **Metano (CH₄):** El metano actualmente contribuye en un 12% al efecto ampliado de invernadero. El rápido aumento del metano comenzó más recientemente que el del dióxido de carbono, pero la contribución del metano se le ha ido poniendo a la par rápidamente, estimándose que su concentración atmosférica se incrementó en un 100%. Sin embargo, el metano tiene un tiempo de vida atmosférico efectivo de sólo 7-10 años.

Para tener en cuenta las diferencias en la absorción del calor entre los gases, se ha introducido el concepto de calentamiento global potencial, en el que todos los gases se comparan con el CO₂, que tiene un potencial de calentamiento global de 1; pero el metano tiene un potencial de absorción 23 veces mayor al del dióxido de carbono, por lo que concentraciones menores de este gas contribuyen igualmente de manera considerable al calentamiento global.

El metano proviene principalmente de las actividades ganaderas, pantanos, digestión de los seres vivos, la biomasa (materia viva), los arrozales, los escapes de la gasolina y la industria minera.

- **Oxido Nitroso (NO₂):** Los niveles se han elevado en un 15%, principalmente debido a una agricultura más intensiva, además la deforestación y la combustión de combustibles fósiles. El óxido nitroso es 296 veces más eficiente absorbiendo calor que el CO₂. Su contribución al efecto invernadero se estima en un 6%, y su vida alcanza los 140-190 años.

- **Clorofluorocarbonos (CFC's):** Fueron usados durante largo tiempo como refrigerantes y propelentes en los aerosoles, también en sistemas de aire acondicionado y espumas plásticas. Contribuyen al 7% del efecto invernadero y permanecen 65-110 años en la atmósfera.
- **Ozono (O3):** El ozono es un estado alotrópico de los átomos de oxígeno, por lo que tiene propiedades químicas y físicas diferentes. La más importante de ellas tal vez reside en que presente en pequeñas concentraciones en la atmósfera puede reflejar una gran proporción de los rayos ultravioletas que se dirigen a la Tierra. Sin embargo, también contribuye al efecto invernadero al retener los rayos infrarrojos que escapan del planeta, su contribución al efecto invernadero es del 12%.

1.3 CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global se ha convertido en una de las grandes amenazas a la seguridad del mundo en el siglo XXI. Lo que hasta hace muy poco era percibido como un problema lejano y desconocido y por el que ningún Estado estaba dispuesto a hacer mayores sacrificios, hoy constituye una problemática central en la política internacional que demanda acción inmediata.

El término Calentamiento Global se refiere a el aumento en la temperatura de la atmósfera cercana a la superficie del planeta a consecuencia de la acumulación de gases originados en la actividad del hombre que hacen que la temperatura de la Tierra sea mayor que la que tendría por radiación directa del sol, sin ninguna implicación en lo referente a la causa o magnitud.

Este calentamiento es una de las muchas clases de cambio climático que la Tierra ha sufrido en el pasado y que continuará experimentando en el futuro.

Los aumentos de la temperatura tendrán impactos significativos en las actividades humanas: en dónde podemos vivir, qué alimentos podemos cultivar y cómo o dónde los podemos cultivar, y en dónde pueden prosperar esos organismos que consideramos plagas. Para estar preparados frente a los efectos de estos impactos potenciales necesitamos saber cuánto se está calentando el planeta, hace cuánto que el mismo se está calentando y la causa del calentamiento.

1.4 CAMBIO CLIMÁTICO

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) define al Cambio Climático como:

"un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables".

Desde su misma definición involucra al modelo de desarrollo actual y por ende complejiza el debate sobre sus causas, consecuencias y posibles soluciones.

1.5 DECLARACIÓN DE RÍO

Proclamación hecha por la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, realizada en Río de Janeiro, Junio 1992. Reafirma y construye sobre la declaración de la Conferencia sobre el Ambiente Humano de las Naciones Unidas realizada en 1972. La meta de la declaración es establecer la cooperación entre los estados miembros para lograr acuerdos en las leyes y principios que promuevan el desarrollo sustentable.

La declaración confronta diversas áreas que se relacionan con el cambio global, proveyendo un contexto de políticas que enfrentan el cambio global, incluye: recursos naturales, impactos ambientales del desarrollo, protección de ecosistemas, compartir ideas científicas, internalización de costos ambientales, entre otros.

1.6 CONVENCIÓN MARCO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO DE LAS NACIONES UNIDAS

Compromete a sus firmantes a la meta de "estabilizar la concentración de gases invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias antrópicas con el sistema climático". La convención establece como meta provisional, reducir las emisiones de gases invernaderos a niveles del año 1990 para el año 2000. La convención establece un protocolo para que las naciones hagan un inventario de emisiones y puedan seguir sus progresos. También enfrenta el tema de financiamiento y transferencia de tecnología desde los países desarrollados a los en vías de desarrollo.

1.7 PANEL INTERNACIONAL SOBRE CONTROL CLIMÁTICO (IPPC)

Es un cuerpo internacional, que consiste en delegados y científicos intergubernamentales, que desde 1988 están evaluando el calentamiento global. Su última evaluación mayor fue "Cambio Climático 1995", que provee la base para la reunión de Ginebra y la reunión en Kyoto, Japón en diciembre 1997, que limitará las emisiones de CO2 humanas.

La Síntesis de la Segunda Evaluación del IPCC, establece:

"Durante las últimas décadas, se han hecho muy aparente dos importantes

factores en la relación entre humanos y el clima mundial. Primero, las actividades humanas, que incluyen la quema de combustibles fósiles, cambios en uso de tierras y agricultura, están aumentando las concentraciones de gases invernadero (que tienden a aumentar la temperatura atmosférica) y en algunas regiones, aerosoles (que tienden a enfriar la atmósfera). Estos cambios, juntos, se proyectan que cambiarán el clima regional y global junto con parámetros relacionados con el clima, tales como la temperatura, precipitación, humedad de suelos y el nivel del mar. Segundo, algunas comunidades humanas se han hecho más vulnerables a riesgos tales como tormentas, inundaciones y sequías como el resultado de un aumento de densidad de población en áreas riesgosas tales como cuencas de ríos y planicies costeras. Cambios serios se han identificado, como el aumento, en algunas áreas, de la incidencia de eventos de alta temperatura, inundaciones, etc., aumento de pestes, cambios en la composición, estructura y funcionamiento ecológico, incluyendo la productividad primaria". (Pace Energy Project, 1997)

1.8 AGENDA 21

El resultado principal de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU, es el más completo de los planes de acción para los años 90 y más allá, adoptada por la comunidad internacional. Representa un set de estrategias integradas y programas detallados para parar y revertir los efectos de la degradación ambiental y promover el desarrollo adecuado y sustentable en todos los países.

1.9 CÓDIGO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y DEL MEDIO AMBIENTE (Decreto 2811 de 1974)

Expedido como respuesta a la Conferencia de las Naciones Unidas de Estocolmo sobre Medio Ambiente Humano en 1972, siendo un ejemplo pionero mundial.

1.10 CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA

Como respuesta a la Conferencia de Río de Janeiro de Desarrollo y Medio Ambiente de 1992, se le otorgó un gran acento ambiental a la nueva Constitución Política de Colombia, que se conjuga con su carácter descentralista, participativo y pluriétnico.

1.11 LEY 99 DE 1993

Se expide la Ley 99, mediante la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente.

El surgimiento de las grandes reformas de la institucionalidad ambiental y su declive, anotando las dificultades para hacer más verde al Estado colombiano y el rol fundamental que pueden desempeñar los gobernantes en impulsar o desacelerar la política ambiental del país.

Una de las dos grandes reformas de la política pública ambiental ha estado orientada por una nueva visión sobre la relación entre la sociedad y el medio ambiente, justamente la dominante en los acuerdos alcanzados en las mencionadas conferencias.

1.12 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

Con el crecimiento poblacional y la competencia sectorial por los recursos naturales, se eleva la importancia de la conservación de los Parques Nacionales como una de las políticas más efectivas para preservar el rico patrimonio natural nacional cargo de la **Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales** la cual se encuentra adscrita al Ministerio.

1.13 INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM)

Programa Conjunto: Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano.

El programa conjunto tiene como objetivo promover el manejo integrado de los ecosistemas para garantizar la provisión de bienes y servicios ambientales, incorporando consideraciones de adaptación al cambio climático.

El PILOTO NACIONAL INTEGRADO DE ADAPTACIÓN (INAP), tiene como objetivos apoyar la formulación de programas de adaptación a los efectos del cambio climático en los Ecosistemas de alta montaña, áreas insulares del Caribe colombiano y en la Salud humana; así como involucrar los impactos esperados del cambio climático en las políticas sectoriales del país. Así mismo, la Implementación de medidas prioritarias piloto de adaptación y el sistema de evaluación y monitoreo.

1.14 BIOMASA

Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.

1.15 FUENTE

Se entiende cualquier proceso o actividad que libera un gas de invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de invernadero en la atmósfera.

1.16 SUMIDERO

Se entiende cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera.

1.17 DEPÓSITO

Se entiende uno o más componentes del sistema climático en que está almacenado un gas de efecto invernadero o un precursor de un gas de efecto invernadero.

1.18 EMISIÓN

Se entiende la liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo especificados.

1.19 VULNERABILIDAD

Factor de riesgo interno de un sistema expuesto a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado o de ser susceptible a sufrir un daño. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de que un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico se manifieste. La diferencia de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de dicho fenómeno.

1.20 AMENAZA

Peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural, de origen tecnológico o provocado por el hombre que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y el medio ambiente. Es un factor de riesgo externo de un sistema o de un sujeto expuesto, que se expresa como la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un periodo de tiempo.

1.21 RIESGO

Es la probabilidad de ocurrencia de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

El riesgo es el resultado de la relación dinámica y dependiente entre amenazas y vulnerabilidades y se manifiesta en territorios definidos y circunscritos. El riesgo es dinámico y cambiante, de acuerdo con la variación que los distintos factores sufren en el tiempo y en el territorio, producto de cambios en el ambiente natural y en la sociedad.

1.22 ADAPTACIÓN

Mayor eficiencia ecológico-fisiológica alcanzada por algunos miembros de una población. Para que un carácter sea considerado como una adaptación, debe haberse desarrollado en respuesta a un agente selectivo específico.

Además, una adaptación es una variante fenotípica que resulta de un conjunto específico de variantes en un medio ambiente definido (Reeve, 1993).

1.23 MITIGACIÓN

Es la planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible reducir el riesgo totalmente. Se refiere a aquellas medidas que pueden ser tomadas para reducir los factores de vulnerabilidad en la sociedad y así reducir la posibilidad o la magnitud de futuros desastres o daños en general.

1.24 IMPACTO

Se entiende el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos; técnicamente, es la alteración de la línea de base debido a la acción antrópica o a eventos naturales.

1.25 PREVENCIÓN

Medidas y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar o impedir la ocurrencia de un evento adverso o de reducir sus efectos sobre la población, los bienes, servicios y el medio ambiente.

La definición de medidas de prevención y mitigación requiere llevar a cabo, entre otros, análisis geográficos, topográficos y geológicos. Dichos análisis también permiten identificar las zonas más adecuadas para la localización de áreas residenciales, infraestructura y actividades productivas.

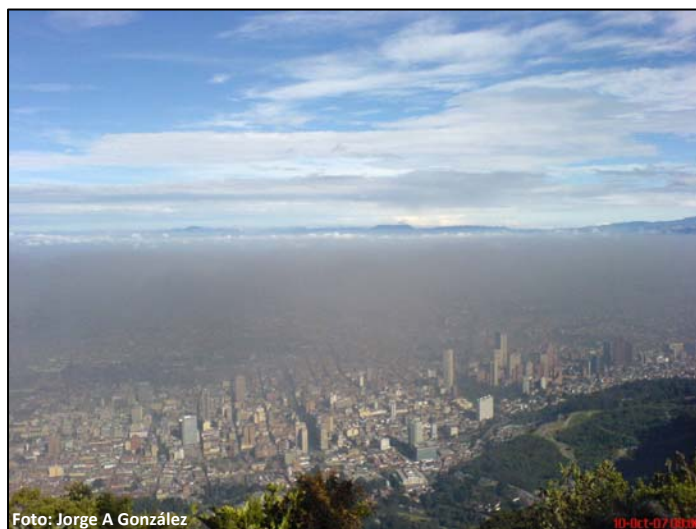
2. ESTADO ACTUAL

Las actividades humanas emiten gases efecto invernadero (GEI) que están aumentando las concentraciones naturales de estos en la atmósfera. El dióxido de carbono (CO₂) se emite principalmente por el consumo de combustibles fósiles para generar energía (carbón, petróleo y sus derivados, y gas natural), por la tala y quema de bosques, y por algunos procesos industriales como la fabricación del cemento.

El óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄) son emitidos por actividades agrícolas (especialmente por la aplicación de fertilizantes y por cultivos de arroz bajo riego), cambios en el uso de la tierra y otras fuentes. Los clorofluorocarbonos (CFCs) son emitidos por procesos industriales y otros gases como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (que son precursores de ozono y de gases de efecto invernadero directo), son emitidos en un gran porcentaje por el sector transporte.

Las moléculas de los GEI tienen la capacidad de absorber y reemitir la radiación infrarroja que proviene del sol y es eminentemente térmica. Estos rayos son reflejados por la superficie de la Tierra hacia el espacio, sin embargo, los GEI absorben esta radiación en la capa inferior de la atmósfera (Troposfera) en orden a mantener el equilibrio energético de la misma, mantienen la radiación “dentro de la Tierra” e influyen en el clima (por ejemplo, la frecuencia e intensidad de los eventos climáticos extremos tales como tormentas, huracanes, fenómenos de El Niño y La Niña); la responsabilidad humana con el problema que representa el cambio climático es ineludible, situación que ha sido reconocida plenamente y ha movilizó a los países para encontrar soluciones que ataquen las causas del problema y mitiguen sus consecuencias.

Foto No.1 Vista de Bogotá desde el Cerro Guadalupe a las 8:00 a.m. Foto JAG.



En la foto se aprecia la capa de smog que cubre parcialmente la ciudad. En la actualidad, las concentraciones de CO₂ en la atmósfera rondan las 385 partes por millón (ppm), el objetivo establecido por los expertos del IPCC es que esa concentración no llegue a superar las 450 ppm, si la concentración llegase a las 500 ppm (que es el umbral, el punto de inflexión) vendrá acompañada de un profundo cambio climático.

En cuanto a las amenazas de Cambio Climático, el país puede verse afectado por 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 estableció que hacia el 2050-2060 podría presentarse un aumento alrededor de 40 o 60 centímetros en las costas Caribe y Pacífico colombianas, respectivamente. En relación con la temperatura del aire, se estima que en la misma época, podría darse un aumento de 1°C a 2°C. En cuanto a la precipitación, se prevén cambios variados para diferentes regiones, aumento para algunas y disminución para otras, que estarían alrededor de (+ y -) 15%.

Para las zonas costeras e insulares se estableció, por ejemplo, que el incremento del nivel medio del mar en un metro causaría la inundación permanente de 4.900

km2 de costas bajas. Los sistemas naturales como las playas y marismas serían los más afectados por la erosión y la inundación del litoral. La población que se encuentra en áreas expuestas a dicha inundación es de aproximadamente 1,4 millones de habitantes. Para el litoral Caribe, sólo el 9% de las viviendas urbanas presentó alta vulnerabilidad a la inundación, mientras que el porcentaje aumenta al 46% en el sector rural. En el litoral Pacífico, 87% del sector rural y 48% de las viviendas del sector urbano son altamente vulnerables.

Para el litoral Caribe, el análisis concluyó que en el sector agropecuario de las 7'208.299 hectáreas (ha) de cultivos y pastos reportadas, 4,9% están expuestas a diferentes grados de amenaza por inundación. En el sector industrial, se encontró que 75,3% del área ocupada por los establecimientos manufactureros en Barranquilla y 99,7 % en Cartagena son de alta vulnerabilidad y se considera que 44,8 % de la malla vial terrestre tiene también este nivel alto de vulnerabilidad.

En el caso de la isla de San Andrés, su área se reduciría entre 12 y el 17% debido al ascenso del nivel del mar. Las zonas más afectadas representan la mayor parte de la riqueza natural de la isla por ser el sector donde se asienta la infraestructura turística y comercial.

El estudio del sector agrícola determinó que las zonas más afectadas serían las de alta montaña, superiores a los 2700 metros sobre el nivel del mar, donde se cultiva principalmente papa, pastos para ganado y hortalizas. Por otro lado, la región Caribe, los valles interandinos, la Guajira y los altiplanos cundiboyacense y nariñense son altamente susceptibles a procesos de desertificación, es decir, a la degradación de los suelos hasta hacerlos improductivos.

Con respecto a la salud humana, se establecieron las zonas más expuestas a la malaria y el dengue, enfermedades que podrían expandirse a causa del cambio climático.

La información presentada en la Primera Comunicación Nacional en 2001, dio pie para el desarrollo del Proyecto Nacional Integrado de Adaptación (INAP) que se presenta como una propuesta piloto para el mundo y que, según sus resultados, podrá ser replicada en otros países.

Por otra parte en cumplimiento de la ley 164 de 1994, 629 de 2001 y el artículo 12 del protocolo de Kyoto, Colombia en concordancia con los mecanismos de flexibilidad establecidos como lo es el *Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL*; empieza alojar proyectos de reducción o captura de gases de efecto invernadero, en los que se generan reducciones de emisiones certificables.

Estas reducciones pueden ser adquiridas por aquellas Partes que cuentan con compromisos de reducción de emisiones y ser contabilizadas con el fin de contribuir al logro de sus metas, abriendo de esta forma la oportunidad para que actores públicos y privados del país participen en proyectos que reduzcan o capturen las emisiones de GEI; estas actividades pueden ser: energía renovable, transporte, generación, uso y distribución eficiente de energía, cambio a combustibles alternativos, manejo de residuos sólidos y actividades forestales.

Por lo anterior, se crea un portafolio colombiano de proyectos para reducción de emisiones MDL, que son requeridos por la autoridad delegada para su revisión, en este caso el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, por medio de la oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático, encargada del establecimiento de líneas de ejecución y consolidación del país en el mercado del Carbono.

En las categorías de energía renovable, eficiencia energética, transporte, residuos y sustitución de combustible sin mencionar los relacionados con la captura de emisiones de GEI, se habla entonces de proyectos tales como:

- Jepirachi Carbon Off-set Project,

- Amoyá River Environment Services Project,
- Oportunidad de reducción de GEI mediante el cambio de la cadena productiva del sector panelero y su conversión a tecnologías limpias y eficientes en la región del Gualivá, proyecto piloto Municipio de Útica, procesadora de Mieles Furatena,
- Transporte Masivo para Bogotá – Transmilenio,
- Agua Fresca Project and Environmental Services
- Triple A de Barranquilla S.A. E.S.P., aprovechamiento del gas del relleno sanitario El Henequen
- Valorización del biogás y control de emisiones atmosféricas asociadas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Río Frío
- Proyecto sombrilla de reducción de emisiones por sustitución de combustibles en la zona cundiboyacense
- Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Santiago de Cali
- Proyecto sombrilla de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante generación hidroeléctrica sobre el Río Bogotá

Con este tipo de proyectos, se puede evidenciar que el país ha avanzado en el tema de estudios de investigación en cuanto a los posibles efectos de un inminente Cambio Climático, ha involucrado tanto al sector público y privado como a la academia y ha trascendido dentro de la esfera de la política Nacional e Internacional.

3. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA

El interés de la comunidad internacional por el problema del cambio climático condujo a la redacción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El texto de la Convención fue aprobado el 9 de mayo de 1992 y representó un avance significativo. En ella, los países reconocen que la contribución humana al efecto invernadero es un problema común de toda la humanidad y necesita acciones oportunas y decididas para contrarrestarlo.

Con este propósito, se establece como objetivo último de la Convención "la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático." Este objetivo debería lograrse "en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible".

La Convención entró en vigor el 21 de marzo de 1994 y hasta el momento ha sido ratificada por 186 países. Colombia aprobó la Convención sobre Cambio Climático mediante la Ley 164 de 1994 y es Parte desde el 20 de junio de 1995.

Para cumplir con el objetivo de la Convención, Colombia en su artículo 4 de dicha ley, establece compromisos. El primero de ellos es el de elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes.

El desarrollo de los acontecimientos desde la presentación de la Convención de Cambio Climático, demostró que eran necesarias medidas más decididas para enfrentar el problema. Fue así como en 1997 se redactó el Protocolo de Kyoto, en donde se establecen compromisos cuantificados de reducción de gases de efecto invernadero para los países industrializados. En éste se promueve el objetivo de la Convención, buscando dar cumplimiento al Mandato de Berlín y reafirmar el Principio de Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas con respecto a las emisiones de gases contaminantes.

Los compromisos de reducción establecidos suponen una disminución del 5.2% respecto a las emisiones de 1990, efectiva en el periodo 2008-2012. Los gases controlados por el Protocolo de Kyoto son el dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Hasta agosto de 2003, 117 Partes han ratificado el Protocolo, incluyendo 32 países industrializados que contribuyen con un 44.29% de las emisiones. El Protocolo de Kyoto fue aprobado por el Congreso de la República de Colombia por la Ley 629 de diciembre de 2001 y es ahora Parte de este acuerdo internacional que entró en vigor de forma multilateral en Diciembre de 2005.

El Protocolo de Kyoto reconoce los altos costos económicos y sociales que implica el cumplimiento de las metas de reducción aceptadas por las Partes. Como respuesta, el Protocolo establece tres mecanismos de flexibilidad complementarios a las reducciones que los países hagan en su territorio, que permitirán a éstos alcanzar sus objetivos de una manera más eficiente. Son éstos:

- **Comercio de emisiones:** Bajo este esquema los países con compromisos de reducción podrán intercambiar entre sí sus cuotas asignadas de emisión.
- **Implementación conjunta:** Este mecanismo permite la participación de varios países en proyectos de reducción de emisiones. Las reducciones de

emisiones que da a lugar el proyecto en cuestión pueden ser distribuidas entre los países que toman parte en el proyecto.

- **Mecanismo de Desarrollo Limpio:** El MDL permite la ejecución de proyectos de reducción de emisiones en el territorio de países que no tienen compromisos de reducción de emisiones. Las reducciones de emisiones resultantes del proyecto pueden ser adquiridas por un país o una empresa con compromisos de reducción de emisiones

Por lo anterior y dando cumplimiento a lo establecido en la ley 164 de 1994, se realiza en Colombia la Primera Comunicación Nacional para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en la cual se realiza un inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI), estudios e investigaciones a cerca de opciones de mitigación, adaptación y vulnerabilidad de las diferentes coberturas vegetales del país ante un posible cambio climático.

Esta Primera Comunicación fue producto de un amplio proceso de consulta coordinado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, que incluyó un gran número de instituciones públicas y privadas, las que le dieron su aprobación técnica.

De acuerdo con los 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, económico y ambiental. En las zonas costeras Colombianas, 4% de la población nacional sería altamente vulnerable, así como 75% de las áreas ocupadas por el sector manufacturero y 49% de los cultivos, la isla de San Andrés desaparecería en 17% afectando su área comercial y turística, así como la infraestructura de transporte. Cerca de 50% del territorio nacional tiene una vulnerabilidad alta a cambios en el régimen hídrico generados por el cambio climático. 8% del país sufriría procesos de desertificación mientras que 95% de los

nevados y 75% de los páramos (bioma endémico de los andes) desaparecería. 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 10 y 15% de la biodiversidad mundial.

3.1 COMPROMISOS Y POLÍTICAS NACIONALES

Reconocer que los cambios del clima de la Tierra y sus efectos adversos es un tema que dejó de ser particular para convertirse en un problema de orden común que involucra a la humanidad; entender que el cambio climático de acuerdo con los científicos es una consecuencia directa de las actividades humanas, con la quema de combustibles fósiles y el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera han intensificado el efecto invernadero natural dando como resultando en un calentamiento promedio de 0,74 grados centígrados de la temperatura media del planeta por década.

Los estudios realizados por diversos grupos científicos durante varios años llevaron a la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima Estocolmo, Suecia, en 1979, en la cual la comunidad internacional manifestó su creciente preocupación por el cambio climático. Esta fue la primera de un conjunto de reuniones internacionales que se fueron celebrando con el objeto de analizar el tema y llegar a los acuerdos que hoy día permiten hacer frente al fenómeno.

El Panel Intergubernamental para Cambio Climático (IPCC), un grupo de científicos de todo el mundo que adelanta investigaciones en torno al tema, han estimado que la temperatura global puede ascender entre 1.4 y 5.8°C. Las previstas consecuencias de un cambio en el clima de esta naturaleza, ha motivado también la movilización de la sociedad civil y del sector privado a nivel internacional. Estos esfuerzos iniciales culminan en 1992, cuando, en ocasión de

la celebración de la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro adoptó la llamada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, instrumento que establece compromisos por país frente al cambio climático. En esa ocasión, un total de 155 países firmaron el documento de la Convención, y actualmente 192 países se encuentran vinculados mediante su ratificación, aceptación, aprobación o adhesión. Colombia aprobó la Convención sobre Cambio Climático mediante la Ley 164 de 1994 y es Parte desde el 20 de junio de 1995. Los compromisos de reducción establecidos suponen una disminución del 5.2% respecto a las emisiones de 1990, efectiva en el periodo comprendido entre 2008 a 2012.

Colombia es uno de los países en desarrollo que ha participado de manera activa en las negociaciones internacionales referidas al cambio climático. *Estas negociaciones han buscado, por más de 16 años, establecer un régimen internacional que permita estabilizar las concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera* en un nivel que no represente amenazas para el equilibrio de nuestro planeta; dado que durante varios años científicos realizaron estudios sobre las dinámicas y cambios en el clima, dichos esfuerzos concluyen en 1992 en ocasión de la celebración de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, donde se adoptó la llamada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, instrumento que establece compromisos por país frente al cambio climático, más tarde en 1997 se redactó el Protocolo de Kyoto, en el cual se establecen compromisos cuantificados de reducción de gases de efecto invernadero para los países industrializados.

Colombia por su parte desde 1994 ha desarrollado acciones para reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI y el fortalecimiento de su captura a través de sumideros, la mayoría de estas acciones a 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 de reducción de emisiones de GEI; sin embargo sus efectos se relacionan con lo establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Como es bien sabido el Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL es una herramienta de flexibilidad que surge a partir del protocolo de Kyoto con miras de ayudar a los países industrializados a cumplir sus metas de reducción de una forma más eficiente, de hecho aprovechando el potencial que éste ofrece a países en desarrollo, durante el año 1999 se realiza el estudio de estrategia nacional para la implementación del MDL en el país; en él que se evaluaron primero el potencial de Colombia frente al nuevo mercado en términos de los beneficios potenciales y su competitividad, en segundo lugar la identificación de las restricciones que puedan limitar el desarrollo de dicho potencial y finalmente, el desarrollo de líneas estratégicas para superar las restricciones identificadas y maximizar los beneficios potenciales del MDL para el país.

Colombia ratifica los dos instrumentos como muestra de su compromiso ambiental en torno a la problemática mundial del cambio climático, se relaciona el marco jurídico sobre el tema en el país:

- **Ley 164 de 1994:** Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático".
- **Ley 629 del 2000:** Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático".
- **Resolución 0453 del 2004:** "Por la cual se adoptan los principios, requisitos y criterios y se establece el procedimiento para la Aprobación Nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL".
- **Resolución 0454 de 2004:** "Por medio de la cual se regula el funcionamiento del Comité Técnico Intersectorial de Mitigación del Cambio Climático del Consejo Nacional Ambiental".

- **CONPES 3242 de 2003:** Estrategia Institucional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación del Cambio Climático.

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

- **Sector Energía:** Se formula el plan energético Nacional en 1994, se contemplan políticas de disminución de la vulnerabilidad del sistema frente a factores hidrológicos, la utilización de forma eficiente de los recursos 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 Bogotá y Medellín con los proyectos de Transmilenio y el metro, respectivamente.
- **Sector Industrial:** Se establece la Política Nacional de Producción Más Limpia, en 1997
- **Sector Agrícola:** Colombia viene incursionando en el mercado de productos agrícolas ecológicos desde 1998. Las exportaciones de Colombia han ido evolucionando de US\$ 4 millones en 1998, US\$ 9 millones en el 2000, US\$ 11 millones en el 2001 y US\$ 19 millones en el 2002, con un crecimiento anual entre el 10 y 20%. Según el Convenio PROEXPORT - PROTRADE, para 1999 el país ya contaba con 20 mil hectáreas certificadas como ecológicas, en el 2001 25 mil y en el 2003 alrededor de 30 mil hectáreas y más de 63 empresas certificadas.
- **Uso de la Tierra y Silvicultura:** En 1996 se establece la política de bosques, el plan estratégico para la restauración y establecimiento de

bosques en Colombia para 1998, Plan nacional de Desarrollo Forestal en 2000.

- **Disposición de Residuos:** Política para la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) aprobada en 1997.

Para 2002 en el país se establecen los lineamientos de política de cambio climático el cual tiene como objetivo identificar las estrategias requeridas para consolidar la capacidad nacional necesaria para responder a las posibles amenazas del cambio climático; así como a las disposiciones de la Convención y el Protocolo de Kyoto, en términos de potencialización de las oportunidades derivadas de los mecanismos financieros y cumplimiento de los compromisos establecidos.

Tabla No.1 Estrategias para Responder a las Posibles Amenazas del Cambio Climático

ESTRATEGIA	LINEAS DE ACCION
<p>1. MEJORAR LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la capacidad de adaptación de zonas costeras e insulares a un posible aumento del nivel del mar <ul style="list-style-type: none"> ○ Mejorar la capacidad de adaptación de los agroecosistemas a los posibles impactos del cambio climático ○ Mejorar la capacidad de adaptación de los recursos hídricos a los posibles impactos del cambio climático ○ Mejorar la capacidad de adaptación de los suelos a los posibles impactos del cambio climático ○ Mejorar la capacidad de adaptación a los posibles impactos del cambio climático sobre la salud humana, en especial sobre la ocurrencia de la malaria y el dengue. • Formular y presentar proyectos a fondos internacionales como el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), sobre vulnerabilidad y medidas de adaptación de las distintas áreas y sectores del país. • Se recomienda a la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres promover dentro del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, los posibles impactos negativos del cambio climático sobre el territorio nacional.
	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el conocimiento sobre las opciones de reducción de emisiones por

<p>2. PROMOVER LA REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUENTES Y ABSORCIÓN POR SUMIDROS DE GEI.</p>	<p>fuentes y absorción por sumideros de GEI en los distintos sectores del país. Teniendo en cuenta el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, así como que Colombia no contribuye significativamente a las emisiones globales de GEI, estas opciones deben ser acordes a las prioridades y metas de desarrollo y crecimiento propuestas para el país,</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Desarrollar el escenario base para el país de emisiones de GEI por fuente para el sector energético y transporte ○ Desarrollar el escenario base del país de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de GEI para el sector agro-forestal. ○ Evaluar las implicaciones económicas de los efectos del cambio climático frente a la implementación de medidas para reducir la concentración de GEI en la atmósfera. <ul style="list-style-type: none"> ● Desarrollar las oportunidades de reducción de emisiones y absorción de GEI <ul style="list-style-type: none"> ○ Evaluar los requerimientos regulatorios necesarios para incentivar y promover proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para las opciones de energías no convencionales es esencial la participación de los entes que regulan estas actividades en la definición de estas prioridades. ○ Promover la transferencia de tecnología ○ Desarrollar y consolidar las capacidad nacional para el desarrollo del MDL de acuerdo con las estrategias y actividades determinadas en el Estudio de Estrategia Nacional para la Implementación del MDL en Colombia: ○ Fomentar y apoyar el desarrollo de medidas y proyectos que no se enmarcan dentro del MDL
<p>3. DISMINUIR LOS IMPACTOS DE LAS MEDIDAS DEL PROTOCOLO DE KYOTO SOBRE LAS EXPORTACIONES DE COMBUSTIBLES FÓSILES</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Mejorar el conocimiento sobre los posibles efectos negativos de la implementación de las medidas del Protocolo de Kyoto sobre las exportaciones de combustibles fósiles. ● Promover la creación del mercado de .combustibles fósiles verdes.
<p>4. PROMOVER LA INVESTIGACIÓN Y FORTALECER EL SISTEMA DE INFORMACIÓN EN CAMBIO CLIMÁTICO</p>	<p>Se recomiendan las siguientes líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Asignar competencia y responsabilidad institucional para la elaboración de la Comunicación Nacional. ● Desarrollar, sistematizar y actualizar la información sobre el estado de la investigación en los temas relacionados con el cambio climático (investigadores, grupos, centros e institutos generadores de conocimiento, proyectos de investigación en desarrollo y finalizados)

	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir el tema cambio climático en el desarrollo de las líneas de acción de las estrategias de la Política Nacional de Investigación Ambiental, • Promover la creación dentro de la Red Colombiana de Formación Ambiental, de una red temática para cambio climático • Promover la reactivación de la línea de investigación en cambio climático dentro del Programa Nacional de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat de COLCIENCIAS
<p style="text-align: center;">5. PROMOVER LA DIVULGACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN PÚBLICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un programa de comunicación nacional y regional sobre los distintos temas y conceptos asociados al cambio climático, tanto al interior del SINA como por fuera de éste. Esta estrategia debe garantizar el mejoramiento el conocimiento público sobre temas esenciales como: <ul style="list-style-type: none"> ○ El fenómeno del cambio climático .sus causas y efectos- <ul style="list-style-type: none"> - Promover medidas para prevenir el cambio climático, a través de reducción de emisiones de GEI. Esto enfocado al uso eficiente de los recursos energéticos y uso de fuentes alternativas de energía. - Promover medidas para mejorar la capacidad de adaptación a los impactos. ○ La CMCC y el Protocolo de Kyoto y los compromisos que Colombia asumió que son Ley de la República ○ Las oportunidades que representa el MDL
<p style="text-align: center;">6. PROMOVER MECANISMOS FINANCIEROS PARA EL DESARROLLO DE LAS ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN DE ESTA POLÍTICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un Manual de Fuentes de Financiación para el desarrollo de actividades de investigación y gestión en cambio climático Colombia • Promover un acuerdo interinstitucional para garantizar la destinación de recursos para actividades de investigación y gestión en cambio climático, en la asignación de recursos del Presupuesto General de la Nación y de los administrados por las entidades públicas ambientales. • Diseñar y ejecutar una estrategia de cooperación internacional, con el fin de incrementar y mejorar los procesos transferencia de tecnología y la consecución de recursos financieros y técnicos para la investigación y gestión de actividades en cambio climático en Colombia. • Diseñar e implementar un programa de incentivos fiscales para el fomento de las inversiones del sector privado en actividades de investigación y gestión en el cambio climático. • Incluir dentro de las operaciones de crédito externo contratadas para la financiación de la gestión pública ambiental en Colombia, las actividades de

	<p>investigación y gestión en el cambio climático.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar el Manual de Procedimientos para la formulación y evaluación de proyectos de investigación ambiental a ser financiados con recursos del Fondo Nacional de Regalías. • Generar un mecanismo para promover la formulación de proyectos de investigación y gestión en cambio climático por parte de las ONGs y grupos de base para ser financiados con recursos del Fondo para la Acción Ambiental. • Promover las convocatorias para financiar proyectos a través de COLCIENCIAS y contrapartidas de otras instituciones. • Promover fondos parafiscales que permitan la formulación ejecución de proyectos
--	---

En el 2005, en virtud de la Resolución Ministerial del MAVDT No. 0340 del 11 de marzo del 2005, se crea el Grupo de Mitigación de Cambio Climático bajo el Viceministerio de Ambiente. Su objetivo fue consolidar una eficiente, clara y transparente estructura institucional que facilitara la presentación de proyectos MDL con alta calidad a costos razonables.

La Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático ha desarrollado líneas de acción que promueven la ejecución de actividades de mitigación mediante proyectos de reducción y captura de gases de efecto invernadero como:

- Desarrollo de herramientas y capacidades para un adecuado proceso de evaluación y aprobación de proyectos que cumplan con requisitos y criterios del Protocolo de Kyoto: desarrollo de criterios de aprobación de proyectos, preparación de formatos y guías para la presentación de proyectos, elaboración de herramientas para la formulación de proyectos, evaluación y registro de proyectos.
- Identificar y desarrollar las capacidades para promover un portafolio de proyectos de calidad que sean competitivos en el mercado internacional del carbono: apoyo a la formulación de proyectos, coordinación y trabajo conjunto con entidades y sectores relevantes, desarrollo y promoción de

medidas de mitigación de riesgo, desarrollo de seminarios y talleres de capacitación, suministro de información.

- Diseñar, desarrollar e implementar una estrategia de mercadeo de proyectos nacionales para el mercado internacional del carbono: definición de esquemas de financiación de proyectos, identificación de fuentes de financiación, promoción del portafolio colombiano de proyectos, fomento de acuerdos bilaterales comerciales y de cooperación, divulgación de oportunidades.

3.2 MECANISMOS DE ACCIÓN

En el marco institucional para los mecanismos de acción sobre cambio climático en Colombia, de conformidad con la ley 164 en su artículo 4 para 2001 se publica la Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático en ella se establece el inventario de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero GEI en Colombia para el periodo comprendido entre 1990 y 1994, mediante las metodologías *top down* y *botton up*; aplicadas de acuerdo con las directrices del IPCC en lo que respecta a emisión de gases por fuentes energéticas; posteriormente en 2004 se designa al Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales IDEAM mediante el Decreto 291 de 29 de enero de 2004, como la entidad responsable de preparar las Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (*CMNUCC*), correspondiéndole la implementación del Proyecto, *Segunda Comunicación Nacional de Colombia (SCN) ante la CMNUCC*, dicha comunicación está próxima a publicarse.

Actualmente se han iniciado consultorías para el análisis de la vulnerabilidad en el contexto del cambio climático del territorio colombiano, en temas como la desertificación y la sequía, y del recurso hídrico, para el análisis de la vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña, áreas insulares del caribe

colombiano y salud humana, se ejecuta el *Proyecto Piloto Nacional Integrado de Adaptación INAP* que actualmente adelantan instituciones como el IDEAM, el INVEMAR, CORALINA y el Instituto Nacional de Salud.

Se adelanta la formulación y ejecución del Proyecto “*Integración de Ecosistemas y adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano*” que pretende actuar en tres áreas temáticas:

- Apoyar y fortalecer técnicamente la formulación de políticas específicas relacionadas con cambio climático y su inclusión en las estrategias de reducción de la pobreza y la política nacional hídrica.
- Fortalecimiento institucional y de organizaciones sociales en aspectos técnicos para la formulación, coordinación e implementación de estrategias y políticas relacionadas con el manejo integral de ecosistemas, recurso hídrico y adaptación al cambio climático
- Fortalecimiento de la capacidad técnica y organizativa de implementación conjunta de políticas de adaptación por parte de actores sociales, (experiencias piloto en los municipios de la cuenca alta del río Cauca.

Aunado a lo anterior se está realizando seguimiento a la dinámica glaciaria en Colombia, en ese sentido hay que mencionar que los glaciares han sido catalogados como indicadores de cambio climático se ha demostrado que el retroceso de los glaciares está fuertemente influenciado por el actual ascenso térmico de la atmósfera especialmente en las últimas tres décadas; su dinámica es respuesta al comportamiento de la atmósfera, en ese sentido, su observación periódica y continua puede ofrecer a largo plazo respuestas de la variación del clima. Particularmente los glaciares de montaña localizados en la franja intertropical son muy sensibles a las variaciones intranuales del clima lo que se convierte en una ventaja para estudiar en detalle las variaciones estacionales de la atmósfera a lo largo del año.

El IDEAM realiza labores detalladas de glaciología a nivel general y detallado en cuatro aspectos de los cuales resulta información numérica y espacial sobre su evolución:

- **Cálculo de área glaciar:** Mediante imágenes de satélite se calcula cada 3 a 5 años el área glaciar en Colombia como indicador general del proceso de deglaciación. El último dato actualizado del área glaciar en Colombia es de 47 Km² aproximadamente.
- **Retroceso del frente glaciar:** El límite inferior de un nevado es la zona más sensible a las variaciones atmosféricas por lo que su medida semestral o anual proporciona importante información sobre la pérdida de masa glaciar. Desde hace 20 años se tienen registros de este retroceso lineal, primero en el IGAC y a partir de 1996 en el IDEAM.
- **Cálculo mensual del balance de masa glaciológico:** Aporta información de las pérdidas o ganancias de masa glaciar durante el año. Tanto en el volcán nevado Santa Isabel (Parque Nacional Natural Los Nevados) como en la Sierra Nevada de El Cocuy (Parque Nacional Natural El Cocuy), se tiene una red de balizas o estacas distribuidas sobre glaciares piloto que miden mensualmente dichas pérdidas o ganancias.
- **Red de estaciones meteorológicas automáticas satelitales:** Las medidas de campo de rutina son complementadas con la operación de estaciones meteorológicas satelitales para relacionar la dinámica glaciar con el clima. En la actualidad se cuenta con tres estaciones muy cerca al borde glaciar y una red de 15 estaciones en los páramos.
- **Medidas de espesor de hielos:** Mediante técnicas geofísicas se mide anualmente el espesor de hielo en los sitios de estudio, con ellos es posible conocer la variación en el espesor y calcular la cantidad de agua.

Teniendo en cuenta que Colombia ratificó el protocolo de Kyoto y que además de ello designo a una autoridad para la aprobación de proyectos de Desarrollo Limpio en este caso el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, como mecanismos de acción se establecen los siguientes proyectos en el marco de los MDL:

Tabla No. 2 Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio en Colombia

TÍTULO	CATEGORÍA
Jepirachi Carbon Off-set Project	Energía Renovable
Amoyá River Environment Services Project	Energía Renovable
Oportunidad de reducción de GEI mediante el cambio de la cadena productiva del sector panelero y su conversión a tecnologías limpias y eficientes en la región del Gualivá, proyecto piloto Municipio de Útica. Procesadora de Mieles Furatena	Eficiencia Energética
Transporte Masivo para Bogotá – Transmilenio	Transporte
Agua Fresca Project and Environmental Services	Energía Renovable
Triple A de Barranquilla S.A. E.S.P., aprovechamiento del gas del relleno sanitario El Henequen	Residuos
Valorización del biogás y control de emisiones atmosféricas asociadas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Río Frío	Residuos
Proyecto sombrilla de reducción de emisiones por sustitución de combustibles en la zona cundiboyacense	Sustitución de combustibles
Sistema Integrado de Transporte Masivo de Pasajeros para Santiago de Cali	Transporte
Proyecto sombrilla de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante generación hidroeléctrica sobre el Río Bogotá	Energía Renovable

Fotos No. 2 Parque Eólico Jepirachi (Guajira)



Parque Eólico Jepirachi (Guajira) Colombia, ha implicado la ocupación de bienes públicos y tradicionales indígenas (Wayúu), sin trascender beneficios a ésta; como lo es para empresas como el cerrejón.

3.3 PROYECTOS DE CAPTURA DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El siguiente es el portafolio colombiano de proyectos de captura de emisiones de gases de efecto invernadero.

Tabla No. 3 Proyectos de Captura de GEI

TÍTULO
Proyecto Forestal Nacional MDL
Implementación de sistemas forestales dentro del Plan de Manejo Sostenible y Participativo en la región de San Nicolás
Restauración de bosques en el Medio Atrato, Pacífico colombiano
Implementación y manejo sostenido de unidades integradas de producción agroforestal para la cuenca baja del río Zulia
Proyecto Forestal para la Cuenca del río Chinchiná, una alternativa ambiental y productiva para la ciudad y la región
Estrategia para el establecimiento y financiación de los proyectos forestales productivos por CORMAGDALENA en las zonas del Magdalena bajo seco y del Canal del Dique
Reforestación protectora - productora e implementación de modelos agroforestales por pequeños agricultores del área de influencia del corredor ecológico PNN Puracé - Cueva de los Guácharos

Fuente. http://www.cecodes.org.co/cambio_climatico/ocmcc.htm

Cada uno de estos proyectos está sujeto al ciclo de los MDL que se describen a continuación:

- Aprobación por la Autoridad Nacional designada. El proyecto es aprobado por la AND en función de su contribución al desarrollo sostenible del país.

- Validación por una Entidad Operacional. La validación por una Entidad Operacional consiste en una evaluación del proyecto por una entidad independiente.
- Registro ante la Junta Ejecutiva del MDL. El registro es solicitado por la Entidad Operacional ante la Junta Ejecutiva del MDL.
- El monitoreo consiste en el seguimiento y registro de determinada información que debe hacer el responsable del proyecto.
- Verificación y certificación por una Entidad Operacional La verificación es la revisión independiente de los resultados del monitoreo. La certificación es la constancia dada por la Entidad Operación de las reducciones que el proyecto ha dado a lugar.
- Expedición de los Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) por la Junta Ejecutiva. La Junta Ejecutiva los expide a partir de la certificación entregada por la Entidad Operacional.

Como instrumento facilitador de los MDL está el memorando de entendimiento por medio del cual los gobiernos manifiestan su interés y voluntad de trabajar conjuntamente por la mitigación del cambio climático; este instrumento está encaminado a proporcionar la pronta y efectiva implementación del MDL. Para ello, los gobiernos se comprometen a cooperar, intercambiar información y facilitar el procedimiento que culmine con la transacción de Reducciones Certificadas de las Emisiones de proyectos colombianos del MDL.

Colombia considera que estos acuerdos son instrumentos importantes para contribuir al desarrollo exitoso de los proyectos del MDL y por ello ha negociado y firmado memorandos de entendimiento con los Gobiernos de Canadá, Países Bajos y Francia. En la sección de documentos se encuentran los textos de los memorandos firmados por Colombia.

4. POSIBLES EFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS COLOMBIANOS

El cambio climático tiene el potencial de alterar muchos de los ecosistemas naturales de la Tierra trayendo consigo drásticas consecuencias debido a que la tasa de cambio climático global se prevé que sea más rápido que cualquiera que se han producido en los últimos 10.000 años.

Los seres humanos han alterado la estructura de muchos de los ecosistemas del mundo. Han talado los bosques, arado el suelo, los pastizales han sido utilizados para pastar a sus animales domésticos, se evidencia la presencia de especies no nativas en muchas regiones, pesca intensiva en lagos, ríos y océanos, y las presas construidas. Estos cambios relativamente recientes en la estructura de los ecosistemas del mundo han hecho menos resistentes a los nuevos cambios.

La contaminación, así como otros efectos indirectos de la utilización de los recursos naturales, también han aumentado desde el comienzo de la revolución industrial.

En consecuencia, es probable que muchos ecosistemas no serán capaces de adaptarse a la presión adicional del cambio climático sin perder algunas de sus características como proveedores de bienes y servicios ambientales.

Dado que se espera un cambio acelerado de las temperaturas, es posible que las plantas se vean obligadas a migrar hacia áreas más favorables, a una velocidad mayor que su propia velocidad máxima de migración.

En respuesta a las cambiantes condiciones climáticas muchas especies no podrán ser capaces de moverse con rapidez suficiente para prosperar. Estos cambios en

la estructura de la vegetación y los ecosistemas a su vez pueden dar lugar a las emisiones de carbono a la atmósfera, acelerando aún más el cambio climático.

Por otra parte, como la antigua vegetación muere en las zonas más afectadas por el cambio climático, tales como los bosques en las latitudes norte, es probable que sea sustituido por crecimiento rápido, a menudo las especies no nativas. Estas especies producen comúnmente menos de madera, proporcionan una menor calidad de forraje para animales domésticos por lo que la prevalencia de especies de plagas, como maleza, ratas y cucarachas, también pueden aumentar.

Las actividades del ser humano hacen que cada vez se ocupen mayores porciones de terreno en detrimento de la continuidad de los ecosistemas. Es por ello que algunas especies, de necesitarlo, no serían capaces de migrar hacia zonas mejores.

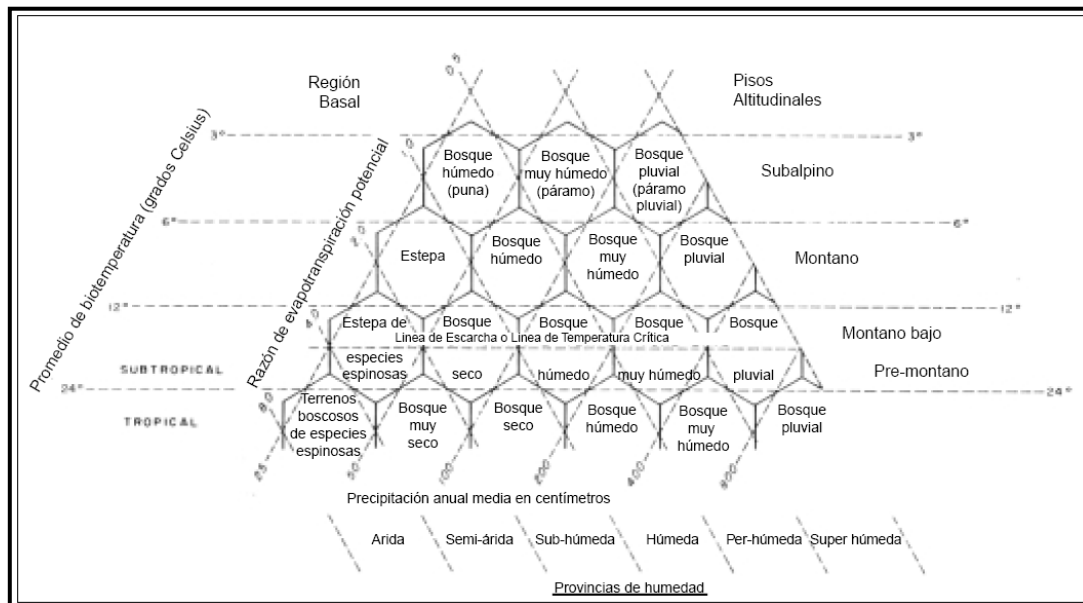
Al mismo tiempo, numerosas especies ya se encuentran debilitadas por la acción de la contaminación. Si bien es cierto que una mayor concentración de CO₂ podría beneficiar a ciertas plantas, el efecto neto sobre la productividad de los ecosistemas estaría limitado por otros factores.

Entre los ecosistemas que son más propensos a experimentar los efectos más graves del cambio climático son los que están en las latitudes altas, tales como extremo norte (boreal) de tundra o los bosques, así como aquellos en los que convergen diferentes tipos de hábitat, por ejemplo, cuando los pastizales limitan con los bosques, o los bosques dan paso a la vegetación alpina. Los ecosistemas costeros están en riesgo, en particular de agua salada, pantanos, manglares, humedales costeros, arrecifes de coral y deltas de ríos.

Muchos de estos ecosistemas, ya en el estrés de las actividades humanas, pueden ser significativamente alterados o disminuidos en términos de su alcance y la productividad como resultado del cambio climático futuro.

En Colombia, la clasificación de los ecosistemas se ha desarrollado con base en las Zonas de Vida de Holdridge, clasificación zonal que tiene como fundamento las variables hidroclimáticas y las características de la vegetación para crear zonas de condiciones homogéneas.

Figura No.4 Esquema Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge.



El Bosque Húmedo Tropical (bh-T) ocupa más de la mitad del territorio nacional con 57%, seguido por el Bosque Seco Tropical (bs-T) con 11.3% y el Bosque muy Húmedo Tropical 11.2%; las anteriores zonas ocupan más del 79% del territorio nacional y se ubican sobre el piso térmico cálido en alturas de 0 a 1000 m.s.n.m. y temperaturas promedio superiores a 24° C.

Les siguen en orden: Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-PM) con 4.4%; Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) con 3.1%; Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB) con 2.9%; Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB) con 2.6%; Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M) con 1.8%; Bosque Muy Seco Tropical (bms-T) con 1.2%; Bosque Pluvial Premontano (bp-PM) con 0.9%; Bosque Pluvial

Montano (bp-M) con 0.7%; Bosque Seco Premontano (bs-PM) con 0.7%; Monte Espinoso Subtropical (me-ST) con 0.6%; y Bosque Pluvial Tropical (bp-T) con 0.5%.

De la anterior distribución de zonas de vida se puede concluir que las correspondientes al cinturón altitudinal Premontano (que coincide con el cinturón de producción cafetera de Colombia), se presentan en alturas de 1.000 a 2.000 m.s.n.m. y temperaturas promedio de 18° C a 24° C, ocupan el 8.5% del territorio. Las zonas de vida ubicadas en el cinturón altitudinal Montano Bajo ocupan el 6.5% y se presentan en alturas de 2.000 a 2.500 m.s.n.m. con temperaturas de 12° C a 18° C.

Según la clasificación de Cuatrecasas el Subpáramo se encuentra ubicado en el cinturón Montano entre 2.500 y 3.000 m.s.n.m., con un promedio de temperatura anual de 6° C a 12° C y corresponde a las zonas de vida de Holdridge Bosque Húmedo Montano (bh-M), Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M) y Bosque Pluvial Montano (bp-M). Las zonas de Subpáramo alcanzan una extensión de aproximadamente 3% de todo el territorio.

La Zona de Vida de Bosque Húmedo Montano (bh-M) o Subpáramo Húmedo ocupa el 0.37% y según la clasificación de Holdridge se encuentra ubicada entre los 2.500 y 3.000 m.s.n.m. y su promedio de temperatura anual oscila entre 6° C y 12° C y posee precipitaciones de entre 500 a 1.000 mm de promedio multianual.

La Zona de Vida de Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M), o Subpáramo Muy Húmedo, ocupa el 1.84% y sus precipitaciones se encuentran en el rango de 2.500 a 3.000 milímetros anuales.

La Zona de Vida de Bosque Pluvial Montano (bp-M) o Subpáramo Pluvial, ocupa el 0.743% y presenta un promedio anual de lluvias superior a 2.000 milímetro. La Zona de Vida Matorral Desértico Montano (md-M), o Subpáramo Desértico, ocupa el 0.002031% con precipitaciones entre 125 y 250 milímetros anuales.

Entre los 3.000 y 3.500 milímetros de altura y con temperaturas promedios multianuales entre 3°C y 6°C, se ubican las Zonas de Vida Subandinas o Subalpinas ocupando aproximadamente 0.3%. Estas unidades Bioclimáticas Subandinas o Subalpinas corresponden al Páramo propiamente dicho y son el Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA) y el páramo Subandino (p-SA) y ocupan alrededor del 0.3% del territorio.

La Zona de Vida de Páramo Pluvial Subalpino (pp-SA) o Páramo Pluvial según Cuatrecasas, se caracteriza por tener precipitaciones mayores a 1.000 milímetros anuales y representa al 0.275% del país.

La Zona de Vida de Páramo Subandino (p-SA), presenta precipitaciones de 500 a 1.000 milímetros promedio multianual y representa el 0.0072% del país.

Por encima de los 3.500 m.s.n.m. y con temperaturas promedio de 1.5° C a 3.0°C, se encuentra la Zona de Vida de Tundra Pluvial Alpina (tp-A) o Superpáramo según Cuatrecasas, la cual ocupa el 0.04%. Esta zona de vida corresponde a promedios multianuales inferiores a 500 milímetros de precipitación.

Y, finalmente sobre los 4.500 m.s.n.m. se halla la Zona de Vida Nival (N) y ocupa tan solo el 0.04% del territorio y sus temperaturas promedio multianuales son de 0°C a 1.5° C.

Antes de hablar de los posibles efectos en los ecosistemas colombianos respecto a un inminente cambio climático es necesario relacionar el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se hace en el país para los años de 1990 y 1994 de conformidad con los términos establecidos en la Convención Marco. Dicho inventario fue realizado por diferentes entidades involucradas en la temática ambiental del país y publicado por el IDEAM. Se espera que para el presente año se haga pública la segunda comunicación.

Para la realización del inventario en Colombia de GEI para los años de 1990 y 1994, se usaron dos metodologías: *top down* y *bottom up*, de acuerdo con las directrices establecidas por el IPCC para el año de 1996, los resultados publicados se basan en la segunda metodología.

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 Nacional, se consultaron además las cifras publicadas por ECOPETROL en sus unidades originales.

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

En el transporte internacional se tomaron como valores de consumo, para el año de 1990, reportados por ECOPETROL y para 1994, los suministrados por empresas comercializadoras como EXXON MOBIL, 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, en el periodo 1986 – 1996, con base

en la comparación de imágenes de satélite, con una escala de trabajo a 1:500.000.

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 del uso de la tierra y silvicultura con 18,7% y por último, el de procesos industriales con 7,5%; para 1994 el sector de energía generó 71,8% de las emisiones de CO₂, el cambio en el uso de la tierra y silvicultura 21,5% y procesos industriales 6,8%. Las emisiones directas de dióxido de carbono arrojaron el mayor porcentaje en los dos últimos años de evaluación y muestran un incremento de 21,4%; el potencial de calentamiento de las emisiones de metano alcanza un valor superior a 50% de las emisiones de dióxido de carbono con un incremento de 7,8% y por último las de N₂O aumentan en 15%; este comportamiento indica que las emisiones de metano y óxido nitroso tendrán influencia en un horizonte futuro de 100 años, similar a las del dióxido de carbono.

El cambio climático y sus fenómenos asociados tendrán un impacto sobre los ecosistemas y en el medio natural 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 incrementa la probabilidad de ocurrencia de otras amenazas, como inundaciones, deshielo de masa glaciares, sequías, desertificación y degradación de los suelos, incendios y deterioros en los ecosistemas forestales, entre otros.

De acuerdo a estudios y después de identificar y analizar los principales fenómenos asociados al cambio climático global; afectarían a Colombia el incremento del nivel del mar y las modificaciones de la temperatura media del aire y de la precipitación.

En el caso del incremento del nivel del mar se analizaron las tendencias nacionales y regionales de esta variable se estableció que hacia el 2050 – 2060 podría presentarse un aumento alrededor de 40 a 60 cm en las costas del Caribe y

Pacífico Colombianas, respectivamente, en relación con el promedio 1961 – 1990. La magnitud del cambio establecido permitió aplicar la guía de IPPC 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 media del aire y la precipitación se hizo un análisis de tendencias, de los resultados de modelos globales y de estimaciones regionales, se aplicó la técnica del down scaling estadístico a modelos globales a partir del cual se determinaron posibles cambios de temperatura y de precipitación en las diferentes regiones del país, por lo anterior se estima que hacia 2050 – 2060 podría darse un aumento de la temperatura anual del aire entre 1°C y 2°C.

La precipitación tendría cambios variados para diferentes regiones (aumentos para algunas y disminución para otras) que estarían diferenciadamente entre +/- 15% del valor anual del periodo 1961 – 1990.

Una vez hecha la identificación y el estudio de estos fenómenos, se analizó la amenaza directa y las asociadas a ellos y, 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 las zonas costeras, recursos hídricos, los glaciares, las coberturas vegetales y ecosistemas, los suelos y las tierras en desertificación, la agricultura y la salud Humana.

El país posee 3340 Km de línea costera y territorio insular, conformado por el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en el Caribe; Gorgona, Gorgonilla y Malpelo en el pacífico; caracterizadas por la presencia de playas arenosas, puntas rocosas marismas de mangle, ciénagas que se adentran al continente, costas bajas interrumpidas por macizos montañosos como en la sierra nevada de Santa Marta, en la Serranía del Darién y acantilados en la Alta Guajira, con población dedicada al turismo, en su mayoría como actividad socioeconómica.

Los posibles efectos que se presentarán sobre las zonas costeras expuestas a inundación por el ascenso del nivel del mar se han analizado bajo el concepto de amenaza por inundación, caracterizada en tres grados: amenaza alta: inundación permanente; amenaza mediana efectos de encharcamiento fuerte a inundación y amenaza baja encharcamiento leve a moderado, otros efectos asociados se consideran procesos de profundización de los cuerpos de agua y el ascenso del nivel freático. En la siguiente tabla se muestran los diferentes grados de amenaza para los dos litorales colombianos.

Tabla No. 4 Amenazas por Inundación Marina en el Litoral Colombiano (IDEAM)

GRADO DE AMENAZA Y OTROS EFECTOS	LITORAL CARIBE		LITORAL PACÍFICO	
	AREA (KM2)	%	AREA (KM2)	%
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 No. 5 Amenazas del Cambio Climático en el Litoral Caribe y Pacífico

LITORAL	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA	AMENAZA BAJA
CARIBE	Áreas de marisma activas, manglares, sales y salinas se verán afectadas zonas Cartagena y Turbo	Cordones litorales, playas por inundaciones y encharcamientos, se vería afectado el sector turístico de Bocagrande; se produciría pérdida de pendientes para el sistema de drenaje de alcantarillado y posible licuación de arenas que sustentan las construcciones del sector	Ascenso del nivel freático, encharcamiento leve a moderado, se verán afectadas poblaciones como Tolú, coveñas y rodadero, se producirá obstrucción del drenaje y se incrementará la posibilidad de licuación de arenas; aumento de profundización de aguas afectando ciénagas, corales y algunos asentamientos humanos consolidados sobre palafitos, salinización de zonas con déficit hídrico
PACÍFICO	Asociada al valle inundable del río Patía, alta posibilidad de inundación, se ven afectadas grandes extensiones pantanosas que actúan como zonas amortiguadoras de desbordes del río	Afectación de Playas y deltas activados en sectores de Tumaco Buenaventura y Nuquí Media Alta Avance y retroceso de la marea afectaría sectores marginales de Buenaventura, Tumaco y Satinga levantados sobre palofitos.	Afectación sobre terrazas bajas por aumento de nivel freático

El potencial de daño insular se estima con el aumento medio del nivel del mar de 4,58 km² corresponde al 17% de la superficie de la isla que es de 27 Km², se

afectaría la zona norte y este de la isla donde se encuentran los atractivos paisajístico que sustenta el turismo; se afectarían la infraestructura de servicios públicos en especial el alcantarillado, sin dejar a un lado el abastecimiento de agua y la infraestructura vial, las islas de Providencia y Santa Catalina sufrirían menos efectos que San Andrés dada su topografía.

Entre los elementos naturales más expuestos al ascenso del nivel marino en el litoral Caribe están las ciénagas salobres (981.3 Km²) que sufrirían profundización e intrusión de aguas saladas, que posiblemente cambiarían su estructura ecosistémica; de los elementos naturales y de acuerdo con el nivel de daño las más vulnerables son las playas seguidas de las ciénagas, en la siguiente tabla se muestra el grado de vulnerabilidad de los elementos naturales.

Tabla No. 6 Vulnerabilidad de los Elementos Naturales en Litorales Colombianos.

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				

Fuente: IDEAM

De acuerdo con los estudios realizados, en total para las dos costas, la población total ubicada en la zona de amenaza por inundación es de aproximadamente 1.428.629 personas, que representan 4% de la población nacional.

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. Es importante destacar que los centros urbanos de San Juan de Urabá, Turbo, San Bernardo del Viento, Ponedora, Puerto Colombia, Barranquilla y Cartagena presentan un porcentaje significativo de personas localizadas en sectores de amenaza alta de inundación, al igual que el área rural de Cartagena.

De la población localizada en la zona de afectación del litoral Pacífico, de aproximadamente 498.970 personas, 48% se encuentra expuestos a algún tipo de amenaza por inundación; a pesar de no haber una amenaza alta, 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.

Adicional a lo anterior se encuentran los resguardos indígenas presentes en los dos litorales; en el pacífico 37 resguardos pertenecientes a las etnias de los Embera y Wounana, de los cuales la gran parte de ellos se encuentran dentro de un área categorizada como nula en cuanto a amenaza de inundación, mientras en el litoral Caribe se encuentran las Etnias Wayuu y Cuna que se verían afectadas por el ascenso del nivel del mar, en la alta y media Guajira.

Así como se ven afectados los elementos naturales, así mismo lo hacen viviendas y sectores productivos, en el primer caso respecto al deterioro posible del material a mediano y largo plazo y en el segundo el porcentaje de vulnerabilidad es alto en los diferentes sectores de la economía, con un 49% de afectación en pastos y cultivos, en el sector industrial un 75,3 % en Barranquilla y 99% en Cartagena; respecto a la infraestructural vial un 44,8 % de éstas se consideran con alta vulnerabilidad de cambio¹.

¹ IDEAM. Primera Comunicación Nacional Ante La Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. 2001

Como medidas de adaptación en los litorales se plantean estrategias de 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, además de ello resistir los impactos del ascenso del nivel del mar mediante medidas de acomodamiento dirigidas especialmente a zonas de manglares, humedales y zonas de inundación.

Respecto al recurso hidrológico y de acuerdo con los resultados obtenidos, la alteración promedio que puede alcanzar el régimen hidrológico actual es de 12% a favor del aumento de la esorrentía anual, mientras que las variaciones máximas absolutas con respecto al régimen hidrológico pueden llegar hasta el 30 % y una variación en el coeficiente de variabilidad hasta del 25 %, lo que indica un aumento de los caudales de las redes hidrológicas de los diferentes sectores del país, teniendo en cuenta que el país se divide en dos grandes sectores uno con un coeficiente de simetría positivo y otro negativo, en el primero de los casos se tendrá un aumento de caudal significativo, que será atenuado por su magnitud, mientras que en el segundo se tendrá un favorecimiento de los caudales bajos, que a su vez serán conducidos a los de mayor Caudal, finalmente también se verán afectados.

Con base en una compilación de proyecciones de siete modelos de cambio climático de circulación general, GCM's (2xCO₂), siendo un escenario moderado A1 SRES(IPCC/1999) síntesis de Hulme, en el cual se aproxima a una duplicación de CO₂ en la atmósfera hacia el año de 2100 para el territorio colombiano hacia el 2080 -2100, tendría una variación de la temperatura entre 2,4°C a 3,0°C, en cuanto a precipitación habría una disminución del 20% para diferentes regiones del país, con excepción de los piedemontes amazónico y llanero en donde posiblemente aumente hasta en 10% la cantidad de precipitación anual.

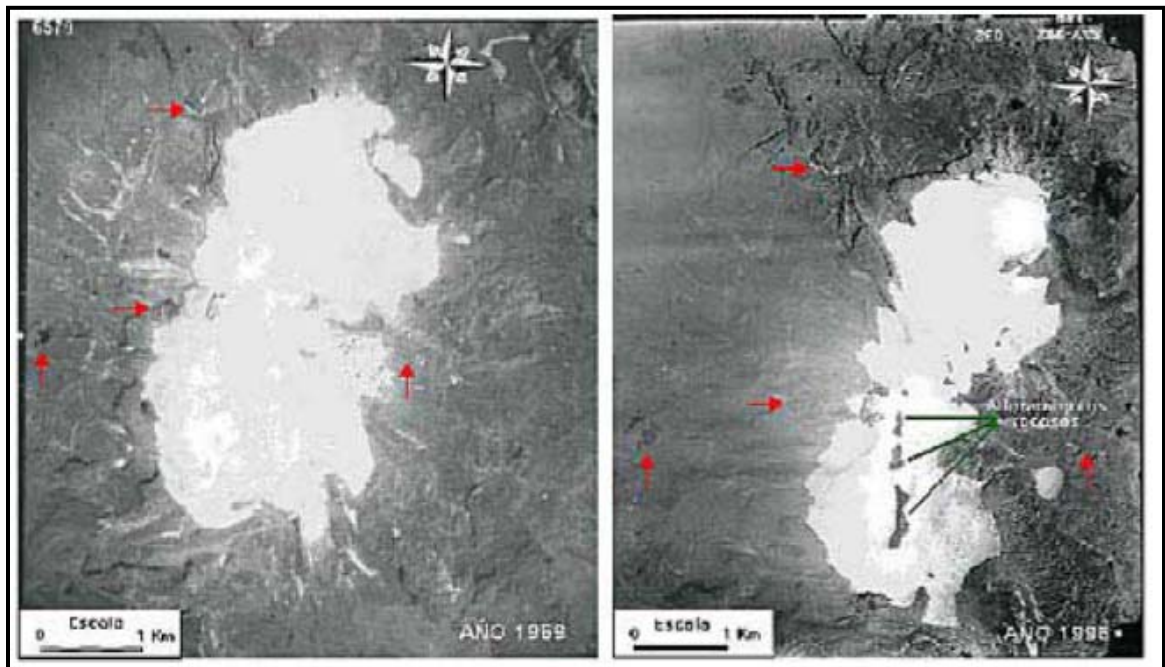
Tabla No. 7 Posibles Cambios en la Temperatura en el Territorio Colombiano hacia el 2100 con Escenario Moderado Síntesis Hulme 2xCO₂ (IDEAM)

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%

Los glaciares colombianos son tan sólo restos de la última glaciación y con tendencia a desaparecer rápidamente si persisten las actuales condiciones climáticas que no dan lugar a la existencia y crecimiento del hielo.

Nuestros glaciares están siendo sometidos a una fuerte deglaciación provocada por causas naturales y acelerado por el hombre a través de sus actividades. Estos tienden a desaparecer a corto y mediano plazo tal como se viene evidenciando y registrando su desaparición.

Foto No. 3 Fotografía Aérea de Glaciares en Colombia.



Fuente: Fotografías Aéreas IGAC.

En esta comparación de fotografías aéreas a escalas similares, se evidencia la disminución del área glaciar en el Volcán Nevado de Santa Isabel entre 1959 (izquierda) y 1996 (derecha). Las flechas de color rojo detallan puntos de comparación con el fin de visualizar de una mejor forma la disminución; obsérvese además en la foto de 1996 la aparición de afloramientos rocosos en la cima del glaciar.

En total, ocho pequeños nevados han desaparecido en el presente siglo (Galeras, por ejemplo), aunque en épocas de lluvias éstos y otros picos altos se cubren temporalmente de nieve pero no hay formación de hielo.

En Colombia existen actualmente seis (6) glaciares o nevados: Sierra Nevada de Santa Marta (altitud máxima 5775m.), volcán Nevado del Ruíz (Cordillera Central, 5400m.), volcán Nevado Santa Isabel (Cordillera Central, 5110m.), volcán Nevado del Tolima (Cordillera Central, 5280m.), Volcán Nevado del Huila (Cordillera Central, 5655m.) y Sierra Nevada del Cocuy (Cordillera Oriental, 5490m.).

De los seis, cuatro están sobre estructuras volcánicas clasificadas como activas (volcanes – Nevados) y los dos restantes están sobre rocas no volcánicas (Sierra Nevada de Santa Marta y El Cocuy).

En la actualidad, y debido a condiciones exógenas (cambio global) y endógenas (volcanismo), los nevados en nuestro país presentan un balance glaciario de masa negativo, es decir mayor pérdida que crecimiento de hielo.

Los estudios glaciológicos en Colombia presentan dificultades para su desarrollo debido a que el acceso a estas áreas de alta montaña, es difícil y no siempre las condiciones de tiempo atmosférico son las mejores para realizar su monitoreo. Hoy día, el IDEAM realiza sus estudios en el Volcán Nevado Santa Isabel y la Sierra Nevada del Cocuy por ser dos áreas que presentan condiciones distintas en relación al substrato rocoso.

El cálculo del área de los glaciares se realiza con base en interpretación de fotografías aéreas, cuya información es transferida a bases cartográficas.

Tabla No. 8 Glaciares Colombianos

GLACIAR O NEVADO	AÑO	LOCALIZACIÓN LATITUD-LONGITUD	DEPARTAMENTO	ESTADO
Volcán Puracé	1940	2° 19' - 76° 24'	Cauca, Huila	Desaparecido
Volcán Galeras	1948	1° 14' - 77° 22'	Nariño	Desaparecido
Volcán Sotará	1948	2° 06' - 76° 36'	Cauca, Huila	Desaparecido
Volcán Chiles	1950	0° 50' - 71° 56'	Nariño	Desaparecido
Volcán Pan de Azúcar	1960	2° 16' - 76° 21'	Cauca, Huila	Desaparecido
Volcán Quindío	1960	4° 43' - 75° 23'	Risaralda, Tolima, Quindío	Desaparecido

Volcán del Cisne	1960	4° 51' - 75° 21'	Caldas, Tolima	Desaparecido
Volcán Cumbal	1985	0° 58' - 77° 54'	Nariño	Desaparecido
Volcán Nevado del Ruíz	2015	4° 54' - 75° 19'	Caldas, Tolima	Activo
volcán Nevado Santa Isabel	2040	4° 48' - 75° 23'	Tolima, Caldas, Risaralda	Activo
volcán Nevado del Tolima	2015	4° 54' - 75° 19'	Tolima	Activo
Volcán Nevado del Huila	2110	2° 56' - 76° 02'	Huila, Tolima, Cauca	Activo
Sierra Nevada del Cocuy	2055	6° 21' - 6° 34' 72° 15' - 72° 20'	Boyacá, Casanare, Arauca	Activo
Sierra Nevada de Santa Marta	2050	10° 70' - 10° 52' 73° 34' - 73° 44'	Guajira, Santa Marta, Magdalena y Cesar	Activo

Fuente: IDEAM

Foto No. 4 Panorámica Parque Nacional Natural los Nevados 2009.



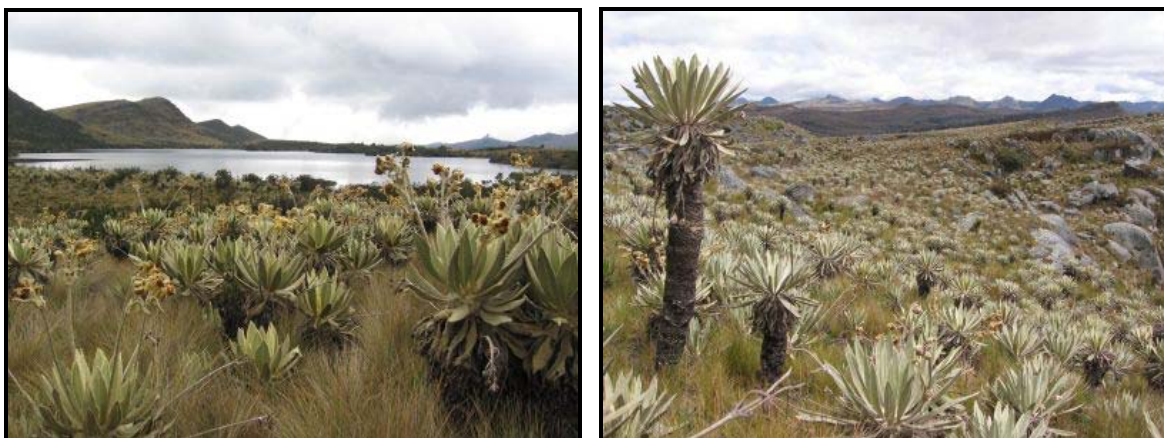
Foto Jorge A González

Al comparar las pérdidas de los glaciares en Colombia con información de temperatura media anual de algunas estaciones de alta montaña con largos registros, es posible observar una tendencia al aumento en unas cuantas décimas de grado desde mediados de la década del 70, cuyas causas no son conocidas pero probablemente estarán relacionadas con el calentamiento global.

La cobertura vegetal en el 23% del territorio nacional se podría verse alterada ante la duplicación del dióxido de carbono.

Las zonas cubiertas por nieves se afectarían en un 92% y las zonas de páramos entre el 90 y 100%. También se afectaría entre el 50% y 60% de las zona ubicadas entre los 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, el bosque andino (43%), el bosque amazónico (14%) y los agroecosistemas (47%). La extensión de los glaciares colombianos ha disminuido 80% desde 1850, en la última década el retroceso lineal ha sido de entre 10 y 15 metros anuales. Bajo estas condiciones, los glaciares actuales podrían desaparecer en los próximos cien años (IDEAM, 2001).

Foto No. 5 Páramo de Sumapaz



En la actualidad existen en el país 4.8 millones de hectáreas, correspondientes al 4.1% del territorio nacional, que están afectadas por procesos de desertificación. Ante un escenario de cambio climático, se sumarían a éstas 3.6 millones de

hectáreas adicionales. En caso de duplicarse el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera, el área de 23 distritos de riego de gran irrigación sujeta a procesos de degradación por desertificación pasaría del 32.2% actual, al 91.3% (IDEAM, 2001).

Tanto el dengue como la malaria son enfermedades transmitidas por mosquitos, por lo que condiciones climáticas como temperatura y precipitación afectan su capacidad de propagación. Se considera que la incidencia de estas enfermedades puede incrementarse con el cambio climático (IDEAM, 2001).

Las coberturas de Alta Montaña en Colombia están conformadas por cuatro macro unidades: La zona Nival, que generalmente se encuentra por encima de las 4700 m.s.n.m.; la zona de Superpáramo, que va aproximadamente desde los 4200 hasta los 4700 m.s.n.m.; la zona de Páramo, que se encuentra entre los 3200 y los 4200 m.s.n.m.; y una cuarta unidad, el Subpáramo, que se ubica aproximadamente entre los 2400 y los 3200 m.s.n.m.

Tabla No. 9 Cambio de la Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra entre 1970 y 1990

	1970	1990	DISMINUCIÓN
Páramo abierto	12.943 ha	14.595 ha	-----
Arbustal de páramo	10.079 ha	619 ha	9460 Ha = 94%
TOTAL PÁRAMO	22.022 ha	15.214 ha	6808 ha = 30%
Bosque Alto – Andino	14.754 ha	12.828 ha	1926 ha = 13%
			AUMENTO
Pastos	4.093 ha	8.448 ha	4355 ha = 106%
Cultivos	3.914 ha	10.313 ha	6399 ha = 164%

En 20 años, desapareció el 30% de superficie de páramo, cambiado sin duda en cultivos y pastos. La formación arbustal del páramo, que originalmente ocupaba casi la mitad del páramo, cambio fundamentalmente la estructura vegetal del páramo a causa de las quemadas, el uso agropecuario y el uso temporal para la agricultura.

Tabla No. 10 Zonas Altitudinales de Cuatrecasas

15 – 17 °C 2100 m.s.n.m.	Límite inferior del bosque Subandino y Andino
11 – 12 °C 2800 m.s.n.m	Límite entre el Bosque Andino Bajo y el Bosque Andino Alto
7 – 8 °C 3400 m.s.n.m.	Límite entre el Bosque Andino Alto y el Bosque Alto Andino
6 °C 3750 m.s.n.m	Límite entre el Bosque Alto Andino y el Páramo

El Bosque Alto Andino disminuyó un 13% pero la cifra aún debe ser mayor ya que entre los años 70 a 90 se sembraron superficies considerables en pinos (Neuma, Pantano Redondo) que se incluyeron en la cobertura boscosa del 90.

En el caso de áreas Alto Andinas que sufrieron o están sufriendo degradación antropógena, el efecto del cambio global climático esperado para este siglo puede ser mucho más grave, ya que áreas antropizadas separan tipos de vegetación dificultando la migración, y ciertos tipos de vegetación ya deben haber desaparecido parcial o totalmente, junto con las especies endémicas que las caracterizaba. Preocupa especialmente la conservación de los frailejones, que son casi todos endémicos en áreas relativamente pequeñas y en diferentes tipos de vegetación.

La fauna en general y especialmente también la fauna de suelos dependen de la vegetación y suelos no afectados por densificación y contaminación. Muchas de las especies no se conocen todavía y muchas corren grave peligro de desaparecer por el efecto combinado del cambio global climático y antropógeno.

Los biomas y ecosistemas de alta montaña y, en particular los páramos presentan una mayor fragilidad en comparación con otros ecosistemas. Todos los procesos relacionados con el cambio global podrán afectarlos seriamente generando posibles problemas socioeconómicos y ambientales.

Estos ecosistemas tienen un gran valor para el país y resulta necesario contar con información sobre su estado, dinámica y sobre su vulnerabilidad e identificar potenciales impactos frente a estos fenómenos, ya que los páramos son reguladores del recurso hídrico, albergue de un gran número de especies animales y vegetales, proveen riqueza paisajística, entre otros.

El principal efecto potencial es el probable ascenso de las zonas bioclimáticas y sus límites, hasta unos 400 a 500 m, en un tiempo relativamente corto. Estas partes de las zonas de vidas bioclimáticas (según Holdridge) que sufrirían la transición a otra zona, serían las más vulnerables.

La agricultura y ganadería actual son la principal amenaza de estos ecosistemas. Su vegetación original ha desaparecido gradualmente, y en lo que todavía se puede llamar páramo se cambia fundamentalmente la estructura de la vegetación, desapareciendo la vegetación arbustiva que representa diferentes asociaciones, comunidades y ecosistemas y una buena parte de la biodiversidad.

En una vegetación natural y sin barreras, el incremento de temperatura y el ascenso de las zonas bioclimáticas tendrán como consecuencia la reducción de las superficies y la desaparición de cerros y montañas que quedan por debajo de los límites de las zonas; y si las superficies de las “islas” que quedan son pequeñas, podrán perder sus especies en el tiempo. Ese es el escenario que

podemos esperar en páramos y bosque alto – andinos que aún tienen poco o nada de influencia humana.

Foto No. 6 Desierto de la Tatacoa (Huila)



Evidencia del aumento de las áreas en desertificación. Colombia posee 24.534.200 hectáreas en ecosistemas de zonas secas (21.5%), de los cuales 19.351.000 hectáreas se encuentran en desertificación (16.95%)

5. COBERTURAS VEGETALES Y SU POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO

El intercambio natural de carbono más grande ocurre entre la atmósfera y la superficie del agua del océano (alrededor de 90 Gt 2C/año) y entre la atmósfera y la biota terrestre (alrededor de 60 Gt C/año).

Los océanos, la vegetación y los suelos son depósitos significantes del carbono que intercambian activamente CO₂ con la atmósfera, los océanos contienen alrededor de 50 veces la cantidad del carbono en la atmósfera mientras que la vegetación terrestre y los suelos contienen alrededor de tres veces la cantidad del carbono en la atmósfera.

Durante los últimos 200 años la cantidad del carbono en forma de dióxido de carbono en las atmósferas ha subido a alrededor de 175 Gt de C, principalmente en respuesta a las emisiones de las quemadas de combustibles fósiles y al uso y cambio en el uso del mismo; este incremento atmosférico es menos que la mitad de las emisiones antropogénicas, el restante es absorbido por los océanos y los ecosistemas terrestres. En algunos casos la mayor parte de la captura anual de CO₂, es liberado rápidamente a la atmósfera, mientras que en otros ecosistemas el carbono permanece secuestrado por largo tiempo.

El potencial de captura de carbono tiene que ser considerado con relación a los tipos amplios de vegetación, que se diferencian por zonas climáticas y disponibilidad de agua.

² Gt: Gigatonelada que equivale a 1X10⁹ tonelada

Los varios tipos del bosque existentes en los trópicos húmedos se consideran como fuentes importantes de los stocks de carbono, sin embargo existen incertidumbres sobre los valores de acumulación del carbono.

Los stocks de carbono en la agricultura, existen principalmente en forma de material orgánico subterráneo y del suelo, la mayor parte de ellos tienen una tasa anual de captura alta, pero mucha de esta ganancia es exportada en forma de productos agrícolas, productos de desecho, los cuales liberan rápidamente carbono a la atmósfera. Por el momento muchos suelos agrícolas son fuentes netas de carbono.

En pastos, sabanas y desiertos se encuentran la mayor parte del stock del carbono en el suelo. En climas templados, estos stocks pueden estar estables durante un lapso de tiempo largo, bajo condiciones medio áridas (en sabanas), la liberación del carbono puede ocurrir a través de disturbios sequía o fuego.

Los humedales son depósitos importantes de carbono, los stocks de carbono se encuentra casi enteramente en el suelo como material orgánico muerto, los suelos de turba sin drenaje en latitudes altas han acumulado cantidades de carbono en de la atmósfera desde el retiro del hielo y sigue siendo un sumidero significativo de CO₂, este es liberado rápidamente por actividades humanas como drenajes.

Globalmente los stocks de carbono en el suelo exceden los stocks en vegetación de un factor de 3:4; esta relación fluctúa de 1:1 en bosques tropicales a 17:1 en desiertos y humedales, con un cambio total de 10 años en sabanas tropicales a más de 200 años en desiertos y tundra. Los cambios en stocks del suelo son tan importantes con los cambios en el stock de carbono en la vegetación.

A continuación se describen algunas de las metodologías más comunes, para estimar el stock de carbono:

Tabla No. 11 Metodologías para estimar el Stock de Carbono

METODO	DESCRIPCIÓN
ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA	<p>La biomasa es el material total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. La conversión de la biomasa en almacenamiento de carbono se hace con factores de conversión: existen factores entre 0,45 hasta 0,51. La proporción de carbono en la celulosa es de 0,40 y en la lignina 0,51, los dos componen la mayor parte de una planta. La biomasa subterránea contiene más carbono, de manera que se debe usar un factor entre 0,50 y 0,55 se determina: 1. peso verde de hierbas y troncos de diámetro pequeño por parcela. 2. Número de árboles vivos por especies o grupos de especies y el diámetro. 3. Concentración del carbono en el suelo (0 -30 cm) peso verde de la hojarasca 4. Contenido de Humedad. 5. Peso total de hierbas, plantas de semillero, árboles jóvenes 6. Biomasa total de árboles con diámetro > 5 cm por grupos de especies. 7. peso seco de la hojarasca 8. Multiplicar por 0,5 o factores exactos de conversión</p>
MEDICIONES DE FLUJO DE CARBONO	<p>Las mediciones con torres de “eddy-covariance”</p> <p>El flujo vertical de CO₂ y el vapor de agua (o cualquier otra escalar), entre la biosfera y la atmósfera, es proporcional a la covarianza promedia entre las fluctuaciones de la velocidad vertical (W') y el escalar (C'), con</p>

<p>Tres diferentes métodos son: Las mediciones con torres de “eddy-covariance”, Técnica de presupuestos de capa límite convectivo (CBL) y Técnica de presupuestos en escala continental.</p>	<p>base en la ley de la conservación de la masa:</p> $F = \overline{\rho \times w' \times c'}$ <p>Donde F = flujo escalar c (mol/(m²*s))</p> <p>W= Componente vertical de la velocidad del viento (m/s)</p> <p>C = Fracción molar del gas con respecto al aire seco (mol/mol)</p> <p>ρ = Densidad del aire (mol/mol)</p> <p>' = desviaciones de la media</p> <p>—</p> <p>= valores promedio en el tiempo.</p> <p>El flujo neto de CO₂ que cruza un plano de medición se calcula como covarianza promedio entre las fluctuaciones de la velocidad vertical del viento y la densidad de CO₂ en el aire.</p>
	<p>El método de presupuesto de CBL aprovecha las propiedades integradas naturales de la capa límite de la atmósfera bien mezclada, permitiendo obtener flujos promedios de la superficie sobre regiones relativamente grandes para periodo del tiempo de días a horas.</p> <p>Se usa un aeroplano para medir los intercambios horizontales de las propiedades de la capa límite y se estima el balance de flujo de carbono, como también el balance de</p>

	<p>energía y masa.</p> <p>Presupuestos en escala continental por inversiones atmosféricas:</p> <p>A través de variaciones espaciales y temporales en la concentración de CO₂ en la atmósfera y modelos de mezcla atmosférica o transporte atmosférico, se basan en campos del viento que se derivan de modelos climáticos. Inversiones de gran escala provee la estimación del flujo neto de carbono de todos los procesos de la superficie; sin embargo, no se puede aplicarlos para determinar el intercambio del carbono por áreas regionales y locales</p>
<p>ESTIMACIONES DEL CAMBIO EN EL USO DEL SUELO</p>	<p>La reforestación y el crecimiento del bosque en tierras abandonadas capturan y fijan dióxido de carbono de la atmósfera gracias a la fotosíntesis.</p> <p>La captura de dióxido de carbono por acumulación de biomasa se calcula a partir de los valores de áreas que se transforman en bosques y los datos de crecimiento anual de la vegetación: con datos históricos y con imágenes de satélite</p> <p>En el primer caso se compara la conversión de ecosistemas naturales en cultivos y pastos, tala de bosques e incendios. Las tasas de desmontaje por agricultura, abandono e incendios de últimos años de los cuales se pueden obtener estadísticas agrícolas o forestales. Las tasas de crecimiento de bosques después de la tala, incendio o abandono y tasas de</p>

	<p>descomposición de material orgánico para ecosistema se obtienen de la literatura.</p> <p>En el segundo caso se realiza un análisis digital de las imágenes de satélite, procesando los niveles digitales y su relación con los objetos que aparecen en las imágenes y así identificar las firmas espectrales de las coberturas vegetales del área de estudio de cada una de las imágenes; seguidamente se hace un análisis estadísticos para comparar los niveles de cambio del bosque de una década a otra. El resultado es un mapa por década con el uso del suelo, coberturas vegetales y áreas boscosas que cambiaron en dicho periodo</p>
--	---

Colombia ya ha realizado una estimación de captura de Carbono para el inventario nacional de fuentes y gases de efecto invernadero para el año 1990, usando el método de estimación de cambio de uso de suelo con imágenes de satélite; método recomendado por el IPPC; Sin embargo vale la pena profundizar o dirigir los esfuerzos a cómo mejorar este método para obtener datos más exactos, combinándolo con otros métodos.

Contemplarse la posibilidad de aplicar métodos como mediciones directas de biomasa o de flujo de carbono con un soporte internacional para validar la información obtenida.

6. CONCLUSIONES

Proyecciones de modelos de cambio climático indican que la temperatura global de la superficie aumentará entre 1.1 y 6.4°C durante el siglo XXI. El rango de variación en esta estimación surge de estimaciones variadas con respecto a las emisiones futuras de gases invernadero y por el uso de modelos con sensibilidad climática variable. Otra incertidumbre se basa en como cambios en la temperatura y otros relacionados pueden variar de región en región sobre el planeta. Aunque los estudios se enfocan en el periodo hasta el 2100, el calentamiento se espera que continúe por más de 1000 años aún si los niveles de gases invernadero se estabilizan.

Los aumentos de temperatura harán que suban los niveles del mar y afectará las cantidades y patrones de precipitaciones, muy probablemente aumentando la extensión de las regiones desérticas subtropicales. Otros efectos serán disminución de las áreas árticas y liberación de metanos en esas regiones, aumento en la intensidad de fenómenos atmosféricos, cambios en productividad agrícola, modificación de rutas migratorias, descongelamiento de glaciares, extinciones de especies y aumento de rangos de vectores de enfermedades.

La mayoría de los países han firmado y ratificado el Protocolo de Kyoto que busca reducir las emisiones de gases invernadero. Debate político y público continúa sobre qué acciones deben tomarse para reducir o revertir el calentamiento futuro o para adaptarse a las consecuencias esperadas.

Estas evidencias, permiten concluir que impedir el cambio climático no es posible, por lo cual hoy día se debe hablar de 3 medidas:

1. Geoingeniería: Intervención directa sobre el clima, utilizando técnicas tales como manejo de radiación solar.

2. Adaptación: Enfrentar los efectos de cambio, por ejemplo, con diques para las inundaciones.
3. Mitigación: Reducir las emisiones de carbono utilizando energía renovable y mejorando la eficiencia en su uso.

La magnitud del cambio climático y su impacto directo dependen totalmente de las decisiones políticas que se adopten por parte de los grandes generadores de GEI respecto a sus emisiones, ya que si no se impone un control que sea realmente efectivo, los escenarios futuros expresados por el IPCC estimados para el año 2100 se crearán. El aumento de la temperatura promedio llegaría a ser de 3,5°C y el incremento del mar podrá alcanzar los 60 cm, las lluvias se redistribuirán en general a las zonas áridas y las zonas secas serán aún más, aumentando los desiertos y las áreas inhabitables.

Como lo hemos mencionado anteriormente, Colombia se verá afectada de manera importante en cuanto al tema de glaciares y en general, los ecosistemas de alta montaña ya que se estima que para el año 2050 habrá perdido el 80% del área glaciar y el 60 % del área de páramos estará altamente degradada, considerando éste como un ecosistema estratégico en la producción de agua para Bogotá y las capitales del eje cafetero.

El incremento en el nivel del mar también se ha hecho visible. Existen reportes de que en Cartagena y Tumaco hubo incrementos entre los 3 y 5 milímetros por año, durante los últimos cincuenta años, lo que indica que en éste periodo de tiempo se ha registrado un aumento del nivel del mar en el Caribe de 10 cm y en el pacífico de 22 cm. La temperatura no es la excepción, se tendrá un incremento promedio de 0,74°C por década según el último informe entregado en el 2007 por el IPCC.

Con respecto a las políticas y compromisos adquiridos por el País, una vez éste ratifica la Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, la inserción de proyectos e iniciativas como los proyectos de

Transporte Masivo Urbano (Transmilenio) en ciudades grandes e intermedias como Bogotá, Cali y Pereira y el Parque Eólico de Jeparachi, entre otros, se hace visible.

Estos proyectos han sido fuente de críticas por parte de diferentes niveles tanto a escala nacional como internacional, por considerarse que en el primer caso, el proyecto sigue utilizando fuentes de combustibles fósiles, responsables de los GEI y la implicación de la apropiación de bienes comunes y tradicionales de comunidades indígenas sin redundar en beneficios para éstas, para el segundo caso.

Pese a ello, Colombia representada por el ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial han defendido estas iniciativas y ha dirigido sus esfuerzos en profundizar el alcance de estas estrategias, así como los mecanismos de flexibilidad del Protocolo de Kyoto a fin de ampliar el portafolio de oportunidades para la captación de fondos internacionales.

Lo anterior se vio reflejado en la posición que el país llevó a Balí en Diciembre de 2007, durante la conferencia de las partes –COP- 13 de la convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y la reunión de las partes –MOP-3 del protocolo de Kyoto, en donde se sumó al grupo de países que apoyan la iniciativa REDD – Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación promovida para incluir los bosques en la segunda fase de compromisos de Kyoto de 2012, que busca incorporar la deforestación como una de las causas del cambio climático y por lo tanto establecer compromisos de reducción de la deforestación y degradación de bosques a los países con mayor emisiones de GEI, a través de instrumentos como el mercado de carbono regulatorio y los mecanismos de flexibilidad.

En el sentido de la adaptación, en Balí se logró la implementación del Fondo de Adaptación bajo el mandato de la Conferencia, apoyando la iniciativa de que los fondos para la adaptación establecidos a partir de la Convención Marco deben ser

manejados en el seno de ésta y que debe incluir un porcentaje de los ingresos por proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio; por ello se adelanta el tema de la Segunda Comunicación Nacional, que es un instrumento para documentar el proceso de implementación de la Convención, el proyecto INAP por medio del cual se desarrollan proyectos pilotos para la adaptación en zonas de alta montaña, áreas insulares y salud humana y finalmente la mesa de nacional de educación, formación y sensibilización de públicos sobre cambio climático.

Dichas decisiones han surgido desde el Gobierno Nacional y tienen un alto grado de influencia del sector privado más que la participación de la comunidad y sus diferentes organizaciones.

7. RECOMENDACIONES

Un país como Colombia, que tiene poca influencia en la raíz del fenómeno, debe dirigir sus esfuerzos a prepararse a un inminente cambio climático dirigiendo sus medidas hacia la mitigación de los impactos en sus puntos más críticos como son las costas, las zonas inundables, la salud pública y el saneamiento básico de ciudades de interés como Cartagena, Barranquilla San Andrés, Buenaventura, entre otras.

La investigación debe orientarse sobre la modelación del clima, a escala local con el fin de establecer una aproximación de los impactos que se producirían y así poder tomar medias al respecto, profundizando en el desarrollo de evaluaciones de captura de carbono en las diferentes coberturas vegetales del país para convertirlos en oportunidades de negocios en los mercados de carbono.

Vincular los diferentes sectores socioeconómicos del país en las iniciativas y políticas para la adaptación al cambio climático.

Fortalecer la política de mercados verdes en el país, con el ánimo de estimular los sectores vinculados en estrategias de PML comprometidos en la minimización de impactos ambientales producidos por la actividad económica, así como la deforestación y contaminación sobre cada uno de los recursos naturales del país.

Iniciar un proceso de apropiación de las discusiones surgidas respecto al tema, una política que involucre cada una de las organizaciones tanto públicas, privadas y la comunidad, como partes interesadas en el proceso de cambio climático en Colombia.

Estimular y acelerar la investigación y el desarrollo de tecnologías basadas en fuentes de energía renovable y estimular la reforestación como pieza para crear conciencia.

Para que esto se llegue a implementar, es necesario invertir en campañas con información oportuna siendo la educación, su eje fundamental. Para esto, se deberán establecer regulaciones y estándares, junto con fiscalización, impuestos y regulación de precios, incentivos y desincentivos económicos en cada uno de los sectores de la sociedad con respecto al uso racional de los recursos y eficiencia en el uso de los mismos.

8. BILIOGRAFÍA

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit GTZ GmbH; González Fabio. Inventario Preliminar de Gases de Efecto Invernadero Fuentes y Sumideros: Colombia – 1990. Colección Jorge Álvarez Lleras No 11. Bogotá 1998.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM; Cuervo Cuellar, María Patricia. Propuesta metodológica para la evaluación científico-técnica del cambio climático en el territorio colombiano desde la perspectiva de la población y los asentamientos humanos: versión preliminar. Santafé de Bogotá. 1997.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM; Gutiérrez Rey, Hilda Jeanneth. Evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un cambio climático: informe ejecutivo. Santafé de Bogotá, D.C. 2000.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Gutiérrez Rey, Hilda Jeanneth. Evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un cambio climático. Zonas de vida de Holdridge de Colombia con cambio climático y evaluación de la vulnerabilidad de las coberturas vegetales de Colombia ante un cambio climático Bogotá, D.C. 2001.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM; Ministerio del Medio Ambiente. Colombia: Primera Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, D.C. 2001

- Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt Evaluación del estado de los bosques de niebla y de la meta 2010 en Colombia. Bogotá D.C. 2007
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. Cambio Climático 2007 Informe de Síntesis. Ginebra Suiza. 2008
- Pabón, José Daniel. Revista Innovación y Ciencia XI N° 3 y 4.
- Revista de Estudios Sociales No. 32, abril de 2009: Pp. 272. ISSN 0123-885X Bogotá.

CONSULTA DE PÁGINAS WEB

- <http://www.ideam.gov.co/files/atlas/Cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20Colombia%20y%20el%20mundo.htm>.
- http://www.cecodes.org.co/cambio_climatico/ocmcc.htm
- http://www.cecodes.org.co/cambio_climatico/ocmcc.htm
- <http://www.universia.net.co/galeria-de-cientificos/noticias-de-la-ciencia-en-colombia/urge-una-agenda-ecologica-para-el-cambio-climatico-en-colombia/refere.html>
- <http://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=178&conID=230>
- http://www.pnud.org.co/img_upload/9056f18133669868e1cc381983d50faa/BoletinOCMCCNo5.pdf
- <http://cambioclimatico.manimatorstudio.com/publicaciones.html>

- <http://cambioclimatico.manimatorstudio.com/documentos/conpes-3242.pdf>
- <http://www.siac.gov.co/documentos/resolucion-0453-PR&C.pdf>
- <http://www.energiasur.com/cambioclimatico/HontyCambioClimaticoMontreal2005.pdf>
- <http://www.smf.mx/C-Global/webBali.htm>
- <http://www.fecyt.es/especiales/cambioclim/4.htm>
- www.cambioclimaticoglobal.com
- Periódico El Tiempo www.eltiempo.com
- Revista Semana www.semana.com
- Revista Cambio www.cambio.com.co
- Movimiento Político MIRA - El Periódico de la Gente Bogotá D.C.
www.periodicomira.com, www.webmira.com