



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Incertidumbre en los reportes nacionales de emisión de gases de efecto invernadero: evaluación de sus efectos en la política pública

Luis Fernando Gomajoa Gutiérrez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Instituto de Estudios Ambientales

Programa de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo

Bogotá, Colombia

2016

Incertidumbre en los reportes nacionales de emisión de gases de efecto invernadero: evaluación de sus efectos en la política pública

Luis Fernando Gomajoa Gutiérrez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Medio ambiente y Desarrollo

Director:

Ph.D. José Javier Toro Calderón

Línea de Investigación:

Estudios Ambientales Agrarios

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación del Instituto de Estudios Ambientales Sede Bogotá

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas

Instituto de Estudios Ambientales

Programa de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo

Bogotá, Colombia

2016

A mi madre y mi padre

Resumen

La intensificación del efecto invernadero que provoca el cambio climático, se constituye en el principal problema de índole ambiental a nivel mundial, que ha requerido de acciones políticas concertadas internacionalmente. Entre esas acciones, se definieron los inventarios nacionales de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales, pese al rigor metodológico para su elaboración, contienen un grado de incertidumbre no deseable desde una perspectiva política.

Debido a que la formulación de políticas públicas se sustenta, entre otros, de criterios y conocimientos técnicamente racionales, como los que se derivan de los inventarios de emisiones, la falta de certeza en las estimaciones calculadas, puede inducir inconsistencias en los lineamientos para la solución de los problemas suscitados por el cambio climático y afectar la confianza en las decisiones tomadas.

Para entender el problema, se hace, de un lado, un análisis conceptual del cambio climático y las políticas públicas, y de otro, un análisis de la incertidumbre en los inventarios de emisiones de GEI de Estados Unidos, Canadá, México, Uruguay, Chile y Bolivia. De esa forma se plantea una comparación con el inventario de emisiones de Colombia para evaluar la incidencia de la incertidumbre en las políticas sobre cambio climático.

Se evidencia que, además de afectar las estrategias políticas para enfrentar el cambio climático, la incertidumbre de los inventarios de emisiones incide en los procesos de verificación del cumplimiento de los requisitos del *Protocolo de Kioto*, en la gestión de recursos financieros para los programas de adaptación y mitigación al cambio climático, y en la eficiencia para evaluar las estrategias de reducción de las emisiones de GEI.

Pese a esas implicaciones, en el plano nacional se encontró que la incertidumbre de los inventarios de emisiones de GEI no evalúan los resultados de las políticas de mitigación ni proyectan escenarios de cambio climático para formular políticas de adaptación. En ese contexto, los inventarios de emisiones de GEI se reducen a evidenciar el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el país en la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, y a contextualizar la situación de Colombia en materia de emisiones sectoriales de GEI.

Palabras clave: cambio climático, política ambiental, incertidumbre, gases de efecto invernadero.

Abstract

The enhanced greenhouse effect caused by climate change, constitutes the main environmental problem of global nature, which required concerted political action internationally. Among those actions, the national emission inventories of greenhouse gases (GHGs), which, despite the methodological rigor for processing were defined, contain a degree of uncertainty undesirable from a political perspective.

Because public policy is based, among others, criteria and knowledge technically sound, such as those derived from emission inventories, the uncertainty in the calculated estimates, may induce inconsistencies in the guidelines for the solution of the problems raised by climate change and affect confidence in the decisions made.

To understand the problem, it is, on one side, a conceptual analysis of climate change and public policies, and other, an uncertainty analysis in inventories of GHG emissions in the United States, Canada, Mexico, Uruguay, Chile and Bolivia. Thus a comparison with emissions inventory arises Colombia to assess the impact of uncertainty in climate change policy.

It is evident that, besides affecting political strategies to address climate change, the uncertainty of the emission inventories influences the processes of verification of compliance with the requirements of the Kyoto Protocol, in the management of financial resources for adaptation programs and mitigation of climate change, and efficiency to evaluate strategies for reducing GHG emissions..

Despite these implications, at the national level it was found that the uncertainty of GHG emission inventories do not evaluate the results of mitigation policies, nor projected climate change scenarios for policy adaptation. In this context, inventories of GHG emissions are reduced to demonstrate compliance with the commitments made by the country to the Framework Convention of the United Nations on Climate Change, and to contextualize the situation of Colombia on sectoral GHG emissions..

Keywords: climate change, environmental policy, uncertainty, greenhouse gases

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras	XI
Lista de tablas	XIII
Lista de símbolos	XV
Lista de abreviaturas	XVII
Introducción	19
Marco teórico	25
1 Clima, cambio climático y efecto invernadero: referentes conceptuales	31
1.1 Tiempo y clima.....	31
1.2 Mecanismos generales del clima	34
1.3 Cambio climático	36
1.3.1 Cambios climáticos en el pasado geológico	40
1.3.2 Incidencia del cambio climático en las sociedades antiguas	42
1.4 Efecto invernadero.....	43
1.5 Escenarios futuros	46
2 Cambio climático: el nuevo determinante de la política pública.	49
2.1 Fundamentos de la política ambiental en Colombia	51
2.2 Cambio climático en la política ambiental	54
2.2.1 Declaración de Río.....	54
2.2.2 Agenda 21.....	55
2.2.3 Declaración de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)	55
2.3 Políticas e instrumentos sobre cambio climático en Colombia	56
2.3.1 Inventario nacional de GEI en Colombia	59
2.3.2 Estrategias de mitigación al cambio climático	61
2.3.3 Estrategias de adaptación al cambio climático	66
2.3.4 Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018	68
2.3.5 Documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES).....	71
3 Incertidumbre en los inventarios de emisiones: entre lo científico y lo político	73

3.1	Cambios de perspectiva: un juego de intereses	74
3.2	Lo científico en el ciclo político	75
3.3	Incertidumbre y política	76
3.4	Incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI: casos internacionales ..	79
3.4.1	México	82
3.4.2	Estados Unidos.....	83
3.4.3	Canadá.....	85
3.4.4	Chile	87
3.4.5	Uruguay	88
3.4.6	Bolivia.....	90
3.5	Aspectos convergentes sobre incertidumbre en los inventarios de emisiones	92
3.6	Incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI en Colombia	94
3.6.1	Acciones frente a la incertidumbre de los inventarios de GEI.....	98
3.6.2	Políticas sobre cambio climático e incertidumbre.....	99
4	Conclusiones y recomendaciones	103
4.1	Conclusiones.....	103
4.2	Recomendaciones.....	106
Bibliografía	109

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1. Partes fundamentales de la Tierra.....	32
Figura 1-2: Balance energético de la Tierra.....	45
Figura 1-3: Consecuencia de la intensificación del efecto invernadero.....	46
Figura 2-1: Ciclo de las Políticas Públicas.....	50
Figura 2-2: Evolución de las acciones de mitigación en Colombia.....	61
Figura 2-3. Planes Sectoriales de Mitigación.....	64
Figura 3-1. Comparativo de las emisiones netas sectoriales de GEI en Colombia, en Gg de CO ₂ eq	100

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Mecanismos generales del clima.....	34
Tabla 1-2. Potencial de calentamiento global en unidades de CO ₂ eq para los diferentes GEI.....	44
Tabla 2-1. Principales eventos institucionales y políticos sobre cambio climático en Colombia.....	58
Tabla 2-2. Sectorización de las fuentes de emisión de GEI según la versión de inventario.....	60
Tabla 2-3. Acciones de mitigación planteadas por Colombia.....	62
Tabla 2-4. Lineamientos del PND 2014-2018 frente al cambio climático.....	68
Tabla 3-1. Causas de la incertidumbre aleatorio o exógeno en los inventarios de GEI... 80	80
Tabla 3-2. Incertidumbre combinada en el inventario de emisiones de México entre 1990-2010, por fuente de emisión.....	83
Tabla 3-3. Rango de incertidumbres relativas a las emisiones estimadas en Estados Unidos en 2009, por categoría de gas.....	84
Tabla 3-4. Incertidumbre en el inventario de emisiones de Canadá (2009), por fuente de emisión.....	86
Tabla 3-5. Calificación cualitativa de las incertidumbres en las emisiones de GEI de Uruguay (2010), por fuente de emisión.....	89
Tabla 3-6. Incertidumbre combinada del total de emisiones sectoriales de Bolivia en el año 2000, por fuente de emisión.....	91
Tabla 3-7. Reporte general de incertidumbres combinadas como porcentaje de las emisiones totales.....	95

Tabla 3-8. Fuente de incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000-2004 de Colombia.....95

Tabla 3-9. Fuente de incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000-2004 de Colombia.....99

Lista de símbolos

Símbolo	Término
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono equivalente
DBO ₅	Demanda Biológica de Oxígeno
Gg	Gigagramos
H ₂ CO ₃	Ácido carbónico
HFC	Hidrofluorocarbonos
PFC	Perfluorocarbonos
N ₂ O	Óxido nitroso
SF ₆	Hexafluoruro de azufre

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
CMNUCC	Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
COP	Conferencia de las Partes
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas
DARNAR	Departamento Administrativo para el Medio Ambiente
DNP	Departamento Nacional Planeación
ECDBC	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono
ENA	Encuesta Nacional Agrícola
ENREDD+	Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
GEI	Gases de efecto invernadero
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GS	Gold Standard
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
INDC	Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional
INDERENA	Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
MITCCC	Mejoramiento Integrado del Sector de Transporte de Carga por Carretera en Colombia
NAMA	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación
ONU	Organización de Naciones Unidas
PAS	Planes de Acción Sectoriales de Mitigación
PINES	Proyectos de Interés Nacional y Estratégico
PNACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PND	Plan Nacional de Desarrollo
RGGI	Regional Greenhouse Gas Initiative
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SINAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
TOD	Desarrollo Orientado al Transporte
USCUSS	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
VCS	Verified Carbon Standard
WCI	Western Climate Initiative
ZCI	Zona de Confluencia Intertropical

Introducción

El cambio climático se percibe como un problema contemporáneo, debido a los numerosos y significativos impactos de sus efectos sobre la sociedad humana. En la actualidad se define como el problema ambiental más importante a nivel global, que ha ameritado su discusión en diferentes escenarios políticos internacionales

Al respecto, en 1994, en el contexto de la *Conferencia de Río de Janeiro* de 1992, se aprobó la *Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático* (CMNUCC), con el fin de promover reducción de la emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico. En la declaración, firmada por 158 países, se incluyó el compromiso de elaborar reportes o inventarios nacionales de emisión de GEI basados en una metodología común, desarrollada por el *Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (IPCC, por sus siglas en inglés), que buscó asegurar que todo los procedimientos y aproximaciones que se adoptaran para evaluar las emisiones de GEI, fueran consistentes y transparentes, y sus resultados pudieran ser comparados de manera sistemática (González et al., 1997).

Colombia, miembro o parte de la CMNUCC, adoptó el acuerdo mediante la Ley 164 de 1994 y se comprometió a elaborar, actualizar y publicar los inventarios de sus propias emisiones de GEI, en virtud de lo cual se han oficializado seis reportes correspondientes a los años 1990, 1994, 2000, 2004, 2010 y 2012. De ellos, los dos últimos fueron elaborados en el marco de la *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* y presentados en el *Primer Informe Bienal de Actualización* que entregó Colombia a la vigésima primera conferencia de las partes (COP 21) en París en el 2015.

Específicamente, los inventarios de emisiones de GEI son reportes periódicos que presentan los países miembros de la CMNUCC, en los que se muestran las emisiones sectoriales, con base en información recogida en el nivel público y privado de cada país. De esta forma, además de proporcionar información sobre las principales actividades que generan emisiones y sus variaciones en el tiempo, la declaración de la CMNUCC menciona que los inventarios de emisiones también deben sustentar las directrices a nivel nacional o sectorial orientadas a mitigar el cambio climático y a facilitar la adaptación adecuada (UNFCCC, 2014).

Para alcanzar ese fin, Vicuña (2013) establece que los inventarios de emisiones se deben alimentar con información confiable, que permitan sustentar, validar o replantear los criterios orientadores de las directrices sobre cambio climático a nivel nacional o sectorial. Ello requiere, por decir lo menos, de una estructura política e institucional articulada, que garantice el flujo de la información necesaria hacia los niveles institucionales encargados de elaborar los cálculos de las emisiones de GEI. Por ejemplo, la *Comisión para la Cooperación Ambiental* de Canadá, resalta que, en Estados Unidos, donde el compromiso de elaborar inventarios de emisiones es frecuente, ha conseguido coordinar la institucionalidad de tal forma que la disposición de la información se hace rápidamente y se pueden superar fácilmente las eventualidades sobrevenidas, permitiendo lograr un proceso eficiente y suficientemente certero.

En efecto, la certeza de los resultados reportados por los inventarios de emisiones se convierte en objeto de atención. Se menciona que, independiente del rigor con que se elaboren los inventarios de emisiones, subyace en ellos una ineludible falta de certeza o incertidumbre (González et al., 1997). Frente a ese hecho, Abrahamsson (2002) considera indispensable no negar la existencia de la incertidumbre y Gómez (2015) llama a adoptar acciones en dos sentidos, con base en una valoración conceptual de la incertidumbre: formalizar aquellas fuentes de incertidumbre que resulte irreducibles o refinar los modelos científicos para disminuirlas.

Frente a esas acciones se puede encontrar dos tendencias: la primera, la de formalizar las fuentes de la incertidumbre, que se puede encasillar en el marco de la epistemología política. Tiene como exponentes consultados a Funtowicz y Ravetz, quienes explican que frente a la falta de certeza de la ciencia para prever y anticipar acontecimientos catastróficos y para lograr una gestión científica frente al riesgo ecológico, se debería permitir el tomar de decisiones de forma participativa. Se puede resumir esa intensión como la incorporación de la incertidumbre en el debate político.

Por otro lado, la acción de refinar los modelos científicos para disminuir la incertidumbre, es la que se plantea en la mayor parte de estrategias políticas. De hecho, para Oszlack (1980), existe una natural inclinación de todo tomador de decisiones a minimizar la incertidumbre para mejorar la confianza de sus decisiones, por lo que, buena parte de los mecanismos organizacionales están destinados a eliminar las fuentes de conflicto e incertidumbre. En ese sentido, las naciones optan por reducir, la mayoría de las veces, la incertidumbre de sus reportes de emisiones, para limitar en lo posible, que las inconsistencias se trasladen a las estrategias, planes, programas y políticas públicas.

Por esas razones, desconocer la incertidumbre, en este caso, contenida en los inventarios de emisiones, puede provocar sesgos en las decisiones que se fundamenten en ellos y acentuar los problemas de aquellas comunidades más sensibles a los efectos del cambio climático (Leff, 2008). De allí que conocer más sobre la forma como interioriza la incertidumbre en el proceso político que formula, implementa y evalúa las políticas públicas asociadas al cambio climático, ayuda a identificar sus limitaciones, a complementar o

reevaluar las decisiones, y a priorizar las acciones sobre los factores que inducen la mayor incertidumbre.

Para entenderlo en el contexto colombiano, se debe mencionar que el marco político y normativo asociado al cambio climático cuenta como referentes la Ley 164 de 1994, que validó los compromisos adquiridos por el país en la CMNUCC, y la *Estrategia Nacional para la Implementación de Mecanismos de Desarrollo Limpio* del año 2000. Desde entonces han surgido un conjunto de lineamientos políticos sobre cambio climático, que ha llegado actualmente hasta la formulación política del *crecimiento verde* (Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018) y la primera versión de *Política Nacional de Cambio Climático* en el 2015 (IDEAM, 2015).

Si se tiene en cuenta el alcance nacional, por ejemplo, de los lineamientos políticos sobre cambio climático mencionados, los inventarios de emisiones de GEI se convierten entonces en los instrumentos que deben sustentar su formulación porque son los indicados para proporcionar los conocimientos que permitan la solución de los problemas a los que alude Oszlak (1980). Lo anterior se define de esa forma por el alcance nacional de los inventarios de emisiones; por la representatividad de los reportes por la participación de gremios e instituciones gubernamentales; por la calidad, frecuencia y volumen de la información estimada para entender el comportamiento climático y porque representan una metodología global en torno al cual se aúnan criterios mundiales para afrontar un problema transfronterizo como el cambio climático. A modo de ejemplo, se puede mencionar que las directrices destinadas a afrontar la vulnerabilidad de los países al cambio climático, como Colombia, se formulan con base en la proyección de escenarios climáticos futuros, que se modelan sobre la información de las actividades que generan emisiones y sus variaciones en el tiempo.

En ese sentido, entendiendo que la falta de certeza en las estimaciones de los reportes nacionales de GEI, es una condición inevitable que puede inducir sesgos a los tomadores de decisión, su evaluación es requerida para evidenciar la forma como se interioriza en el proceso político y para validar o replantear las decisiones tomadas.

El análisis es fundamental si se tienen en cuenta la advertencia de Rodríguez Becerra y Cárdenas, quienes mencionan que, por causa del cambio climático, se espera en el país un incremento en la vulnerabilidad social y ambiental, que exige, por necesidad, el fortalecimiento del marco político, especialmente en términos de adaptación, cuyas decisiones deben formularse, evaluarse y replantearse en función, entre otros, de la incertidumbre de las fuentes de información.

Los mismos autores también indican también que la eficacia de las políticas de adaptación al cambio climático del país está determinada, en gran parte, por la voluntad política y la capacidad institucional existente para desterrar las causas subyacentes de los fenómenos que están incrementando la incapacidad para enfrentar el clima cambiante (Rodríguez-Becerra & Cárdenas, 2013), lo cual, ajustado al llamado de Gómez (2015), puede incluir el

refinamiento de los modelos científicos para minimizar la incertidumbre y mejorar la confianza las decisiones tomadas.

Teniendo en cuenta la problemática planteada, este trabajo tiene como objetivo evaluar para el contexto colombiano, la incidencia de la incertidumbre de los inventarios de emisiones en el proceso de formulación de políticas públicas, frente al cual se propone consolidar una discusión con base en el análisis de tres aspectos: cambio climático, políticas públicas e incertidumbre.

Frente al aspecto de cambio climático, se propone la revisión conceptual de los principales aspectos sobre clima y cambio climático, ajustados especialmente al contexto nacional, que toma como referente el trabajo de Eslava (1993) y Tarbuck, Lutgens y Tasa, (2005), cuyas nociones son recurrentes a lo largo del documento tanto en los planteamientos científicos, como en los políticos. También se incluye la revisión conceptual del cambio climático y efecto invernadero, con base en los estudios del paleoclimatólogo José Luis Comellas (2011), quien, desde una perspectiva geológica e histórica, establece una sucesión cronológica donde se identifican conexiones históricas fundamentales que han dado origen al concepto de cambio climático. Se presenta como resultado la desmarcación del cambio climático como un fenómeno coyuntural, para dimensionarlo como un mecanismo de balance natural del sistema climático terrestre que ha operado desde la formación de la atmósfera. En este contexto se replantea la injerencia humana sobre el cambio climático no como el agente lo induce, sino como el que lo acelera y lo intensifica.

Con relación al aspecto político, se propone el análisis del cambio climático como un referente político internacional y nacional que obliga actualmente a los Estados, a replantear sus agendas políticas. Este análisis incluye la revisión de los lineamientos políticos internacionales y la revisión de las políticas e instrumentos sobre cambio climático en Colombia en el marco del sector público ambiental, la política ambiental y la gestión ambiental, dirigiendo la discusión hacia los inventarios nacionales de emisiones de GEI. Producto de lo anterior, se encontró que la estructura política del sector público ambiental tiende a encasillar los impactos del efecto invernadero como un tema sectorial que desconoce la naturaleza transversal del cambio climático y que relega a un segundo plano la formulación de estrategias sobre adaptación al cambio climático, dada afinidad de la administración pública por desarrollar estrategias para consolidar la presencia del país en el mercado de emisiones. También se destaca que ninguna de las principales políticas sobre cambio climático se sustentó en los inventarios nacionales de GEI, ni se expresa que dichos reportes sirvan de instrumento para evaluar sus resultados. Para este análisis se proponen como principales referentes a André-Noël Roth en cuanto a los fundamentos de la política pública; a Guhl, Leyva y Rodríguez-Becerra como analistas del sector público ambiental en Colombia, y a Rodríguez-Becerra como analista de la articulación entre los inventarios de emisiones y la política pública.

Respecto a la incertidumbre, se propone su revisión conceptual desde la perspectiva científica, desde la consolidación del modelo científico en el siglo XVII. Paralelamente se

plantea una discusión crítica al modelo científico, respecto a su incapacidad para encontrar soluciones a los nuevos desafíos (como los ambientales) y a su afinidad con los intereses económicos; de esa forma se introduce, un análisis entre la incertidumbre y la política, que tiene como referentes a Funtowicz y Ravetz (1993) y Leff (2008) con sus planteamientos desde la Epistemología política. Esos elementos sirven de introducción a la discusión sobre la incertidumbre en los inventarios de emisiones, tomando como referencia los casos de diferentes países americanos y europeos analizados por Vicuña (2013) y la *Comisión para la Cooperación Ambiental* (2012), para posteriormente hacerlo en el caso colombiano. También son fundamentales los análisis de Monni, Winiwarter y Rypda sobre la incertidumbre en los inventarios de GEI con los que se concluye que el sector que induce menos incertidumbre en los inventarios de emisiones es el energético, mientras que los no energéticos inducen mayor incertidumbre. Aquí se confirma que la incertidumbre contenida en los inventarios de emisiones, tienen una connotación negativa que puede incidir en los lineamientos sobre los mercados de emisiones, la evidencia del cumplimiento en los compromisos del *Protocolo de Kioto*, la planeación de los siguientes inventarios y la gestión financiera para aplicar las estrategias de mitigación y adaptación.

Con base en esa estructura metodológica, se propone dividir el documento en cuatro capítulos:

En el Capítulo 1, *Clima, cambio climático y efecto invernadero: referentes conceptuales*, se revisan las definiciones sobre tiempo y clima que sirven de soporte para introducir los conceptos sobre cambio climático, calentamiento global y efecto invernadero.

En el Capítulo 2, *Cambio climático: el nuevo determinante de la política pública*, se hace un recuento de los fundamentos científicos y políticos a nivel internacional que han definido las políticas ambientales nacionales, particularmente relacionadas con cambio climático.

En el Capítulo 3, *Incertidumbre en los inventarios de emisiones: entre lo científico y lo político*, se plantea, a partir de la crítica a la relación entre la ciencia y la política, y mediante la revisión de los inventarios de emisiones a nivel internacional y nacional, la forma como se expresa la incertidumbre y como incide en la formulación de políticas públicas.

El Capítulo 4 *Conclusiones y recomendaciones*, cierra la discusión recogiendo las ideas más relevantes del documento y planteando las acciones más pertinentes frente a la incertidumbre de los inventarios de emisiones en los procesos de formulación de política pública.

Marco teórico

El cambio climático no es un fenómeno coyuntural, por el contrario, ha operado permanentemente en el planeta (Comellas, 2011). Se puede concebir el cambio climático como un mecanismo de compensación del sistema climático terrestre, de escala geológica, que ha sido generalmente imperceptible para los humanos.

Sin embargo en los últimos tiempos, debido al incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, atribuida según Leff (2008), a causas antropogénicas, se ha consolidado un cambio climático abrupto de la forma como lo definieron Alley et al. (2003), que ha motivado la preocupación mundial: los humanos, que fueron en el pasado sujetos pacientes del clima, se convirtieron en sujetos agentes del cambio climático (Comellas, 2011; Meira, 2002). En este contexto, se presenta el cambio climático como un fenómeno ajeno a lo natural, que ha sido reducido a una escala humana, estrechamente relacionado con las economías industriales, quienes, debido a la dependencia a los combustibles fósiles, provocan residuos que son depositados en la atmósfera y provocan la alteración de las concentraciones naturales de los GEI atmosféricos, particularmente del dióxido de carbono (CO₂) (Dubois, Millán, & Roca, 2001; Leff, 2008).

La injerencia humana en el cambio climático, de la forma como la presenta Leff es, sin llegar a negarla, discutida por Comellas (2011), quien establece que existen, similar a la acción humana, otros factores que pueden ser importantes frente al calentamiento global. Se funda, entre otros motivos, en que no ha existido linealidad entre las emisiones de GEI provocadas por los humanos y la evolución de las temperaturas, como por ejemplo sucedió en la década del cincuenta en el siglo XX, cuando predominó un relativo enfriamiento mientras que la emisión de GEI estuvo en alza. En esta discusión se debe mencionar por necesidad, a los negacionistas climáticos o escépticos del calentamiento global que, con argumentos ajustados a su conveniencia, relativizan las causas humanas que generan el cambio climático y la atribuyen más bien a factores naturales de imposible control.

A esa discusión se debe integrar el concepto de efecto invernadero, un fenómeno que se configura por la composición gaseosa de la atmósfera e induce el cambio climático, cuya evidencia se sustenta en estudios no recientes, ya que desde finales del siglo XIX, después de algo más de un siglo de la revolución industrial, se encontraron las primeras evidencias de la relación entre el CO₂ atmosférico y el calentamiento terrestre, a partir de diferentes estudios llevados a cabo en Europa por Fourier, Servais, Pouillet, Tyndall, Arrhenius y

Chamberlain, quienes empezaron a acuñar frases como efecto invernadero, cambio climático o calentamiento global (Crawford, 1997; Rodríguez-Becerra et al., 2015). Los resultados de dichos estudios motivaron una serie de eventos de tipo científico y político sobre el cambio climático y el desarrollo, entre los que se puede destacar la *Tercera sesión de la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial* en Londres 1960, el *Simposio sobre el Cambio de Clima* de la UNESCO y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1961, *El Club de Roma* y sus *Limits to Growth* de 1972 y la *Conferencia Internacional de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano* en Estocolmo 1972.

En la actualidad, el cambio climático se presenta como el mayor, más serio y más costoso problema ambiental hasta ahora identificado por la comunidad científica (Pérez, Rojas, & Ordoñez, 2010; PGN, 2011) y se posiciona como la principal preocupación mundial por encima de temas como el terrorismo y la crisis financiera (Meira, 2002; Pew Research Center, 2015). En efecto, debido a que ninguna región del planeta ha escapado al cambio climático, tanto por la responsabilidad de sus causas, como por la potencialidad de sus afectaciones (Meira, 2002), este es calificado no solo como una crisis ambiental sino como una crisis de la civilización contemporánea (Leff, 2008), del que se derivan nuevas problemáticas, como los fenómenos sociales de los refugiados medioambientales o inmigrantes climáticos (ACNUR, 2002; de Luis, 2005; Borrás, 2006).

En ese sentido, el cambio climático es un problema de orden global que trasciende las fronteras de los países, pero que se padece de manera diferente en cada uno de ellos. En Colombia, por ejemplo, el cambio climático acentúa la situación de vulnerabilidad del país, donde se teme la degradación de ecosistemas megadiversos tan frágiles como los que se encuentran en el Choco – Darién, o el impacto sobre las poblaciones pobres que son las más expuestas a los eventos climáticos extremos (Rodríguez-Becerra & Espinoza, 2002; IDEAM, 2010). Por esa razón se ha convocado a nivel internacional a diferentes estamentos científicos, políticos y sociales, para discutir las acciones a tomar, ya sea desde los debates para la construcción de conocimiento, hasta la formulación de las políticas públicas pertinentes (Ortiz & Vázquez, 2010), y que confirman la idea de van den Bergh (2011), de que el alcance de los acuerdos debe ser de orden internacional más que orden nacional o ciudadano, dado que las iniciativas de estos niveles, no cuentan con el alcance suficiente para estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a un estado seguro.

Al respecto, se debe mencionar que, en el escenario de la *Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático* (CMNUCC), se hizo efectivo el *Principio de responsabilidad compartida pero diferenciada*, que ha sido esencial en el devenir de las políticas internacionales sobre cambio climático, porque dejó claro que, si bien, ello es un asunto que atañe a toda la sociedad mundial, les corresponde principalmente a los países desarrollados asumir la responsabilidad para mitigar el problema, dadas las fuertes presiones que sus sociedades ejercen al ambiente y la disposición de tecnologías y recursos financieros.

Del citado principio, se derivó el compromiso para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones de GEI antropógenas. En general, los inventarios de emisiones son reportes elaborados por los propios países, quienes ponderan su participación en el consolidado de emisiones globales y les sirve a los gobiernos para determinar las responsabilidades exactas, necesarias para tomar decisiones en la materia (Mora, 2014). De esa forma, por ejemplo, se ha determinado que Estados Unidos y China produjeron en el 2009 el 25% de las emisiones mundiales de GEI, que junto con las emisiones de Rusia, Brasil, Japón, India y Alemania se aproximaron al 40% del total mundial (IDEAM, 2010), mientras que la participación Colombia ha sido significativamente menor con 0,37% en el 2004 y 0,46% en el 2010 (IDEAM, 2010; Rodríguez-Becerra et al., 2015).

La baja participación de Colombia en las emisiones globales de GEI le ha permitido al país asumir con flexibilidad los compromisos acordados, ejecutados cada vez que sus condiciones lo permitan, por lo que, en relación con los inventarios de emisiones, el país ha reportado hasta la fecha seis inventarios, correspondientes a los años 1990, 1994, 2000, 2004, 2010 y 2012; los dos últimos presentados en el marco del *Informe Bienal de Actualización* que presentó Colombia en la versión 21 de la *Conferencia de las Partes* (COP, por sus siglas en inglés) de París.

El *Principio de responsabilidad compartida pero diferenciada*, es uno de los temas del acuerdo que más causa controversia, porque si bien los países desarrollados, como Estados Unidos reconocen el problema, consideran que las metas de mitigación establecidas en la CMNUCC, atentan contra su estructura productiva. Sin embargo, para ambientalistas como Enrique Leff y Manuel Rodríguez Becerra, la falta de compromiso de esos países industrializados frente al cambio climático, no hace sino trasladar el problema a los países donde su obligación no es mitigarlo, sino adaptarse, siendo este el contexto donde surgen conceptos como el de *mercado de emisiones* o de *carbono*¹.

Además de permitir la comparación entre las estimaciones nacionales de GEI, los inventarios también permiten sustentar las directrices sobre cambio climático a nivel nacional o sectorial, particularmente las orientadas a la mitigación; ayudar en el diseño de documentos de planificación nacional para asumir los retos del cambio climático y a justificar la gestión de recursos financieros que permitan soportar la implementación de los

¹ Dado que cada país deberá reducir sus emisiones de GEI en un nivel que se pactará en un futuro, el mercado plantea que, si genera una reducción mayor, se pueda vender ese “exceso” a países, personas, empresas, organizaciones o gobiernos, para que ellos puedan asumir sus compromisos de mitigación, “compensando” sus emisiones mediante créditos adquiridos a países en desarrollo.

Actualmente se destacan dos mercados de carbono: el primero es el mercado regulado en el marco del *Protocolo de Kioto*; y el segundo es el mercado voluntario, que no se encuentra regulado e incluye una amplia variedad de relaciones comerciales y estándares voluntarios para los proyectos (MADS, 2014),

planes (IDEAM, 2014). Particularmente la gestión financiera se ha convertido en un punto sensible ya que se refiere a los procesos de negociación para el financiamiento de los programas de adaptación y mitigación al calentamiento global, cuyos grandes montos de origen nacional e internacional, se convierten en objeto del interés público y privado que requieren su delineamiento mediante instrumentos legislativos (Rodríguez-Becerra & Espinoza, 2002; Vicuña, 2013).

Por esa razón, se recomienda que las directrices sobre cambio climático a nivel nacional o sectorial, se alimenten con información confiable, que permitan validar o replantear los criterios orientadores (Vicuña, 2013), lo cual confronta la validez de los inventarios de emisiones, porque no obstante el rigor con que sean elaborados, se menciona que contienen un grado de incertidumbre ineludible (González et al., 1997), ocasionado por los errores en los instrumentos de medición, el sesgo en el juicio de los expertos consultados, o la variabilidad natural inherente a los procesos que generan la emisión (CCA, 2012; IPCC, 2006). Al respecto, se considera indispensable no negar la existencia de la incertidumbre (Abrahamsson, 2002) y más bien considerarla, frente al ciclo político, en dos sentidos: de un lado formalizar aquellas fuentes de incertidumbre que resulte irreducibles, o de otro, refinar los modelos científicos para disminuirlas (Gómez, 2015). Es una labor que implica entender las imperfecciones del conocimiento para incorporarla en la discusión política.

De las acciones que plantea Gómez, la formalización las fuentes de la incertidumbre, se encasilla en el marco de la epistemología política, en donde se cuestionan los encuentros imperfectos entre ciencia y política, como el que surge de la incapacidad del modelo científico cartesiano para prever y anticipar acontecimientos catastróficos (Funtowicz & Ravetz, 1993), o los ocasionados por el aura de aparente imparcialidad de los científicos que generan conocimiento dirigido a convencer a los políticos y la gente sobre lo que se debe hacer, pero no participan en la toma de decisiones (Kallis, 2011) o también porque el modelo científico es inhibido frente a su afinidad con los intereses de la racionalidad económica imperante (Leff, 2008)

En ese enfoque se reconoce que la ciencia no solo no proporciona certeza en los procesos políticos y recomendaciones públicas, sino que debe reevaluar su posición frente a los valores en conflicto para no ignorarlos en los procesos de toma de decisiones. De esta forma, la incertidumbre adquiere un significado diferente y propositivo, distinto al de dificultar el proceso político, porque amplía el espectro de participación social en los procesos de toma de decisiones y obliga la apertura no solo a mayores fuentes de información, sino a nuevos conocimientos (Funtowicz & Ravetz, 1993) que define Leff (2008) como “diálogo de saberes”.

Por otro lado, se plantea también la reducción de la incertidumbre en los modelos científicos, que es la opción que mayoritariamente se discute en los escenarios políticos, que es una tendencia de todo tomador de decisiones para mejorar la confianza de sus decisiones, por lo que, buena parte de los mecanismos organizacionales están destinados

a eliminar fuentes de conflicto e incertidumbre (Oszlak, 1980). En ese sentido, las naciones optan por reducir, la mayoría de las veces, la incertidumbre de sus reportes de emisiones, para limitar en lo posible, que las inconsistencias se trasladen a las estrategias, planes, programas y políticas públicas.

Se observa entonces como la incertidumbre contenida en los inventarios de emisiones, debe ser pensada y analizada. Ignorar este hecho, por priorizar la presentación de los inventarios, puede dar lugar a la manipulación de los cálculos con implicaciones en los procesos de formulación política (Monni, Syri, & Savolainen, 2004), como por ejemplo, sucede en diferentes países de Suramérica y el Caribe, donde la banca mundial, junto con otros países ajenos a la región, participan con recursos económicos y asistencia técnica en la preparación de los inventarios de emisiones e intervienen también en elaboración de las estrategias nacionales que a la postre ellos mismos ejecutan (Rodríguez-Becerra & Espinoza, 2002).

Otro factor de incertidumbre de los inventarios de GEI, recae sobre la falta de representatividad en la información, como se analizó en el *Análisis institucional Sobre la Adaptación al Cambio Climático en Bolivia* donde se concluyó que ciertos aspectos de las políticas sobre la vulnerabilidad quedaron desactualizados por usar datos anteriores a la fecha de la formulación política (Flores, 2011). Ello hace alusión a una situación de obsolescencia de la información que se filtra en el proceso de elaboración de inventarios de emisiones, e induce incertidumbre.

En el debate sobre la incidencia en ciclo político de la incertidumbre contenida en los reportes de GEI, cuenta con una herramienta metodológica fundamental, como los análisis de la incertidumbre de los inventarios de emisiones que, para Milne et al. (2015), brinda a sus usuarios, elementos críticos para:

- Evaluar los mecanismos para lograr la reducción de la incertidumbre y promover la fiabilidad de los inventarios, con el fin de obtener una mayor aproximación sobre las variaciones emisiones de GEI
- Permitir la efectividad de las estrategias planteadas tendientes a la mitigación del cambio climático
- Garantizar un tratamiento equitativo de todas partes comprometidas en el CMNUCC

De lo anteriormente expuesto, se encuentra que la discusión que tiene como objeto evaluar, en el contexto colombiano, la incidencia de la incertidumbre de los inventarios de emisiones en el proceso de formulación de políticas públicas, se sustenta en el desarrollo teórico del cambio climático desde la perspectiva paleoclimatológica; en la intensificación de efecto invernadero derivado del modelo económico productivo; en el carácter transfronterizo del cambio climático que requiere acciones políticas de la misma dimensión sustentada sobre criterios técnicamente racionales; en la imperfección del conocimiento que induce ineludiblemente un factor de incertidumbre; y de la forma como la incertidumbre científica se traslada y se evidencia en el proceso político.

1 Clima, cambio climático y efecto invernadero: referentes conceptuales

“Hemos de temer a los ciclones, a las tormentas tropicales, a los huracanes de fuerza avasalladora, a las inundaciones que pueden provocar una depresión de grandes magnitudes o un frente de lluvias de alto gradiente térmico. Hemos de temer al tiempo, no al clima” (Historia de los cambios climáticos. Comellas, 2011).

La claridad sobre los referentes conceptuales de tiempo y clima son importantes no solo porque son recurrentes a lo largo del documento, sino porque cada uno contiene elementos fundamentales al momento de plantear una discusión científica o política. Se trata especialmente de desmarcar el cambio climático como un fenómeno coyuntural para dimensionarlo principalmente como un mecanismo de balance natural del sistema climático terrestre, que ha operado desde la formación de la atmósfera. En ese contexto se redimensionan las acciones humanas, no como el factor que induce el cambio climático, sino como el agente que lo acelera y lo acentúa.

1.1 Tiempo y clima

Conceptos como “clima adverso” o “mal clima”, se usan comúnmente para describir el tiempo o la presencia de fenómenos meteorológicos transitorios que afectan el desarrollo normal o deseado de las actividades humanas, pero sin corresponder realmente a una caracterización del clima. Se hace referencia a “tiempo” y “clima” como dos términos diferentes.

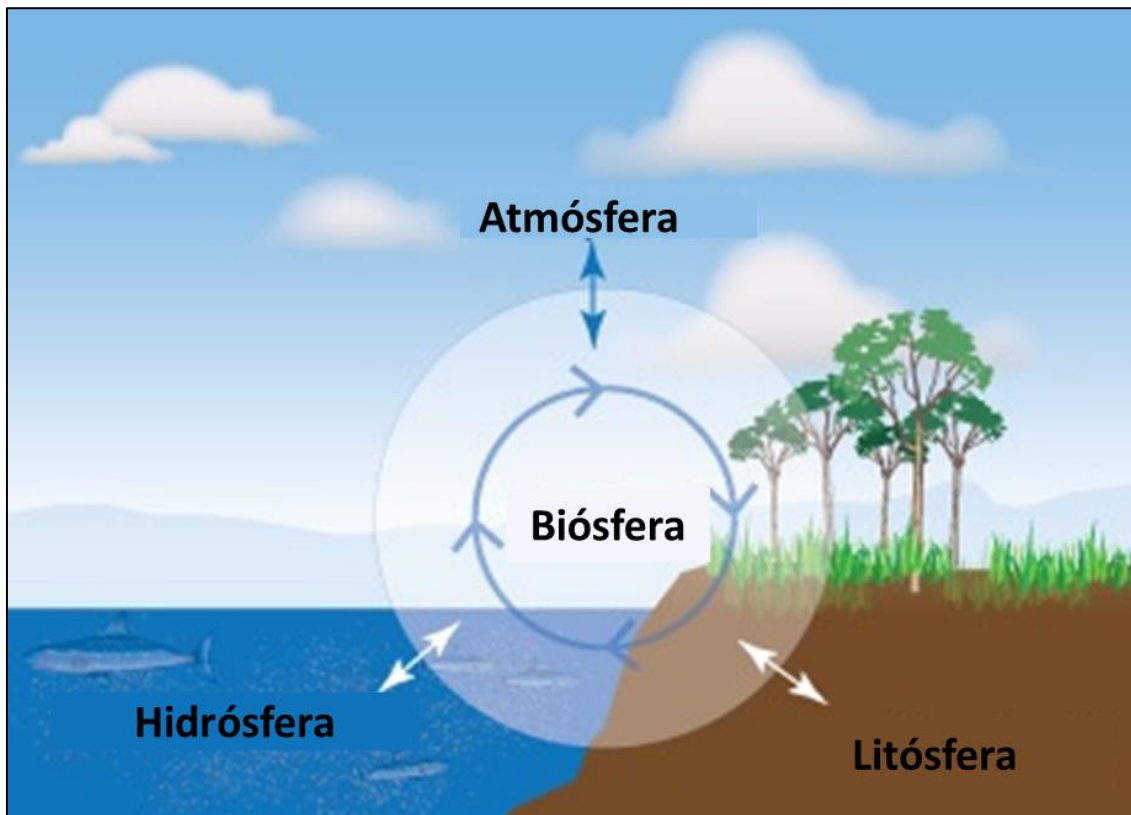
Para entenderlo es necesario describir las partes fundamentales de la Tierra (Figura 1-1), las cuales están definidas por características particulares e incalculables interacciones específicas. Una síntesis de esas características se presenta a continuación:

- La **hidrósfera** es la masa de agua que está en movimiento continuo entre la atmósfera y la superficie terrestre. El océano representa alrededor del 97% del agua de la Tierra y cubre la mayor parte de la superficie terrestre, mientras que la porción restante se

conoce como “agua dulce” y se representa en ríos, lagos, glaciares y otros, que sustentan gran parte de la vida terrestre.

- La **litósfera** o tierra sólida, es la capa de 6.400 kilómetros que se encuentra por debajo de la atmósfera y los océanos. Gran parte de los estudios de la litósfera se concentra en los accidentes geográficos superficiales más accesibles, con los que se obtienen pistas para explicar los procesos que han dado origen al planeta.
- La **biósfera** o capa de la vida, incluye en forma general el espacio que ocupa toda forma de vida para lograr sus procesos básicos y que abarca desde el suelo oceánico hasta varios kilómetros adentro de la atmósfera. Las interacciones entre la biósfera y las demás partes fundamentales de la Tierra han promovido cambios en el ambiente, por lo cual, sin la vida, la constitución y la naturaleza del planeta serían diferentes.
- La **atmósfera** es la capa más externa del planeta que rodea a las mencionadas anteriormente, cuya constitución es gaseosa y tenue. A su vez es una capa delgada dado que el 90% de su volumen se concentra en una franja de 16 kilómetros que va desde la superficie del suelo, y contiene el aire que se respira, define el calor de la superficie terrestre y limita la entrada de radiaciones ultravioletas (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

Figura 1-1. Partes fundamentales de la Tierra.



Fuente: Adaptado de Grimmer (2014).

La Figura 1-1 muestra que las capas terrestres interactúan entre sí y con el espacio de forma dinámica, por medio de intercambios gaseosos y energéticos que se balancean permanentemente para dar lugar a los efectos que se denominan tiempo y clima (Eslava, 1993; Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

En ese escenario el **Tiempo** se presenta como una manifestación de la dinámica de la atmósfera que tiene una dimensión perceptible para los humanos (Comellas, 2011). Consiste en la distribución energética del vapor de agua y otros gases, que da lugar a determinadas variaciones espaciotemporales de los elementos del clima como la temperatura, presión, humedad, nubosidad, evaporación y precipitación, que provocan las sensaciones de calor, frío, humedad o sequía. Estas variaciones se conocen como “estado del tiempo” (Eslava, 1993; IDEAM, 2015).

El concepto de **Clima** requiere de un abordaje diferente. Está definido por la interacción a largo plazo entre atmósfera, hidrósfera, litósfera, biósfera y antropósfera (IDEAM, 2015), en el cual se reconoce un factor de variabilidad o fluctuación tal como lo había intuido Aristóteles en el siglo IV a.C. (Comellas, 2011). Eslava (1993) complementa la conceptualización del clima en los siguientes términos:

- El clima es una expresión del comportamiento de la atmósfera.
- El clima es un conjunto de elementos y fenómenos meteorológicos, y no uno solo de ellos.
- El clima no es solo el estado medio de la atmósfera, sino que se caracteriza por los diferentes estados y evoluciones de esos estados del tiempo.
- El clima hace referencia a una determinada y restringida zona o porción del espacio.

De lo anterior, el concepto de clima, que lo aborda como un conjunto de elementos y fenómenos meteorológicos interrelacionados, induce el concepto de Sistema Climático, a propósito de lo cual, Montealegre (2009), describe que las fluctuaciones de los Sistemas Climáticos contienen un inevitable factor de temporalidad que permite su clasificación en:

- **Estacional:** Sucede cuando la fluctuación del clima está determinada por los ciclos anuales que genera, en las latitudes medias, las estaciones de invierno, primavera, verano y otoño, mientras que en las latitudes tropicales se manifiesta en forma de alternancia entre temporadas lluviosas y secas.
- **Intraestacional:** Se refiere a las perturbaciones que se presentan dentro de las estaciones, aunque generalmente pasan desapercibidas. Entre estas perturbaciones se destaca una señal de tipo ondulatorio que ha sido detectada en el Pacífico Tropical Oriental y que afecta la precipitación de la América Tropical.
- **Interanual:** Corresponden a las variaciones de clima de año en año y que se perciben cuando por ejemplo se nota que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar no es comparable con la de los años anteriores. En esta categoría se enmarcan los ciclos Oscilación del Sur de El Niño y La Niña, así como la Oscilación

Cuasibienal que corresponde a un cambio en la dirección del viento de la estratosfera ecuatorial cuyo período puede variar entre los 20 y 35 meses.

- **Interdecadal:** En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a nivel de décadas y comparativamente con la interanual, la amplitud de estas oscilaciones es menor. Ésta es una de las razones por las cuales este tipo de variabilidad pasa desapercibida para el común de la gente.

En ese sentido la diferencia entre tiempo y clima se fundamenta en un asunto de escala temporal, ya que el tiempo o “estado del tiempo” está definido por el conjunto de propiedades o condiciones en un momento, hora o día, mientras que el clima está definido por el conjunto de propiedades de los diferentes estados del tiempo que han ocurrido en un periodo largo (Eslava, 1993). Esa temporalidad permite dimensionar al clima como tendencia de largo plazo y fácilmente predecible, mientras que el tiempo, debido a sus fluctuaciones cortas es más caótico y difícilmente predecible, aunque con certeza se sabrá que se mantendrá dentro del rango de los parámetros climáticos establecidos.

1.2 Mecanismos generales del clima

La atmósfera terrestre se puede concebir como un sistema abierto que está sometido permanente al ingreso de radiación solar, el cual se constituye en la fuente primaria de la energía contenida en el planeta que se absorbe e interioriza o se reflejada y se devuelta al espacio. Ello crea un balance energético, que lejos de pensarse como estático, es realmente dinámico, aunque solo pueda observarse en periodos de tiempo prolongados cuando la cantidad de energía absorbida se convierte en la misma que se disipa por radiación de onda larga (Universidad de Murcia, 2000).

Este balance energético, fundamentado en el intercambio energético, se constituye en sustento de todos los procesos físicos que permiten la vida en el planeta, así como todas las variables climáticas

Los intercambios energéticos entre la atmósfera, la superficie del planeta y el espacio son mediados por los **mecanismos generales del clima**, cuya acción puede modificar las condiciones atmosféricas de una región y definir o redefinir su clima. Los aspectos más relevantes de los mecanismos generales del clima definidos por Eslava (1993), se pueden revisar en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Mecanismos generales del clima

MECANISMOS GENERALES DEL CLIMA	DETALLE
Cambios y variaciones del flujo entrante de energía	Se refiere al ingreso inconstante de la radiación solar al sistema terrestre, haciendo que el flujo energético varíe en función de la latitud del planeta donde incida la radiación y su capacidad de absorción

Tabla 1-1 (continuación). Mecanismos generales del clima

MECANISMOS GENERALES DEL CLIMA	DETALLE
Cambios y variaciones en el almacenamiento de energía	<p>Se encuentran definidos por tres propiedades físicas del planeta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Albedo: es la relación entre la radiación reflejada por la superficie de un cuerpo y la que absorbe. - Calor específico: es la cantidad de energía necesaria para elevar en 1°C la temperatura de su unidad de masa. - Transparencia: es el atributo que le permite a ciertos cuerpos dejar pasar la energía incidente sin afectar la temperatura de esa superficie.
Procesos de transferencia de energía	<p>Están en función de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radiación electromagnética: todos los cuerpos pueden emitir energía en forma radiación porque siempre contendrá átomos en movimiento. - Conducción molecular: se funda en el mismo principio que el anterior, pero a nivel molecular. - Convección – Advección: es el proceso de transferencia energética en el que un cuerpo fluido “transporta” calor y la transfiere por contacto directo a otro. - Calor latente: es la cantidad de energía que requiere una sustancia para pasar de estado sólido a líquido, o líquido a gaseoso, así como de la energía liberada.
Cambios y variaciones en el flujo saliente de energía	<p>Si bien el conjunto tierra – atmósfera debe balancear la energía entrante con la saliente, la realidad es que ese flujo saliente de energía se ve alterado por factores como los gases que componen la atmósfera que, limitan la salida de energía, e incrementan la temperatura terrestre.</p>
Movimiento del aire	<p>Es la respuesta del aire frente a las diferencias de temperatura y atmosféricas, que define los sistemas meteorológicos por su tendencia continua y cíclica. Los movimientos del aire se clasifican desde vientos localizados hasta los hemisféricos. Allí se ve que, independiente de su magnitud, el movimiento del aire, es el mecanismo que transportan materia y energía, y los redistribuye cíclicamente en la superficie del planeta.</p>

Tabla 1-1 (continuación). Mecanismos generales del clima

MECANISMOS GENERALES DEL CLIMA	DETALLE
Influencia de otros factores climáticos	<p>Se refiere a los factores que inciden sobre los flujos de energía del sistema terrestre y contribuyen a que las condiciones atmosféricas de un lugar sean cambiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: está asociado a la recepción de la radiación solar, la duración del día, el sitio donde se observa el sol, los contrastes entre estaciones, la duración de la insolación eficaz e intensidad máxima anual de la luz solar. - Tierra comparada con el agua: dado el calor específico del agua, se espera menor variabilidad climática en un lugar oceánico que en uno terrestre, aun cuando estén a la misma latitud y muy cerca uno del otro. - Distancia al litoral: este factor define la variación de la temperatura y humedad de un lugar, en función de su distancia al mar, así, entre más cerca, se percibirá con mayor intensidad el aire frío y húmedo en día o en el verano, y viceversa. - Topografía: de acuerdo con la pendiente y dirección de la vertiente, así como de la orientación de las cordilleras, se define el tipo de exposición a la radiación solar de un lugar. - Altitud: Entre mayor altura, es mayor el brillo solar y menor la masa de aire y la presión atmosférica, por lo que la variación de la temperatura entre el día y la noche es más amplia. Eso significa la cantidad de atmósfera que debe atravesar la radiación solar para llegar a la superficie terrestre

Fuente: adaptado de Eslava (1993).

1.3 Cambio climático

Suele considerarse el cambio climático como un problema circunstancial, sin embargo, con base en evidencia paleoclimatológica, este se ha podido caracterizar como un fenómeno continuo y persistente de la atmósfera.

Desde una perspectiva histórica, se cuenta como referencia lo acaecido a finales del siglo XIX, cuando la sociedad científica y académica de *Stockholm Höghskola* de Suecia, estudió las condiciones que pudieron provocar la edad de hielo y los climas más suaves del periodo Terciario. La participación del químico sueco Svante Arrhenius (1859-1927) fue esencial en este equipo, porque relacionó las variaciones del CO₂ atmosférico con los cambios climáticos de largo plazo (Crawford, 1997). Los resultados de dichos estudios revelaron los niveles de CO₂ atmosférico existentes en ese momento, pero sin vincularlos con ninguna acción humana. Allí se volcó el interés por entender lo que podría suceder en el futuro.

A principios de siglo XX, Nils Ekholm (1848-1923), señaló que el ritmo de quema de carbón podría duplicar la concentración de CO₂ atmosférico y provocar una disminución de la temperatura media de la Tierra al punto de inducir una nueva Edad de Hielo (Fleming, 2002). Aunque este concepto tenía asociada una acción humana, las conclusiones de Ekholm proyectaron algo más parecido a una glaciación que a un calentamiento global.

En 1915, el estadounidense Ellsworth Huntington (1876-1947), habló de “pulsaciones climáticas” para describir los cambios suscitados por el desplazamiento de las zonas climáticas de la Tierra (Huntington, 1915). Se debe destacar que fue uno de los primeros estudios que analizaron los efectos de los cambios del clima sobre la economía y la población mundial, con base en los registros del pasado, cuando circunstancias similares provocaron disturbios políticos y migraciones.

Para la década del cuarenta, intentó tomar fuerza la teoría de G.C. Simpson (1878-1965) gracias a su difusión en publicaciones como el *Anuario USDA* de 1941 y en el *Compendio de Meteorología* en 1951, respecto a que el CO₂ no tenía la capacidad de generar variaciones atmosféricas ni cambio climático como sí podía hacerlo el vapor de agua, los cambios en la luminosidad solar, la transparencia atmosférica, la geografía terrestre y los elementos orbitales de la Tierra (Fleming, 2002).

Sin embargo, la teoría de G.C. Simpson se vio rápidamente refutada y anulada con los resultados de los estudios que atribuían el calentamiento global a las concentraciones del CO₂ atmosférico, a cargo de G.S. Callendar (1897-1964) y Gilbert Plass (1920-2004). A pesar de ese logro, se señaló también la dificultad para proyectar escenarios climáticos futuros por cuenta de la falta de certeza frente a las interrelaciones entre la composición atmosférica, la radiación solar, la nubosidad, la evaporación, la circulación oceánica y las temperaturas globales (Plass, 2010).

A mediados de siglo XX, en el marco del *Simposio de Roma* de 1961 sobre cambios climáticos, se definió que las anomalías de los patrones climáticos eran producto de “fluctuaciones climáticas” (UNESCO; OMM, 1961) cuyo concepto no tuvo la connotación como la tiene en la actualidad el de “cambio climático”.

A finales de la década del sesenta surge *El Club de Roma* que retoman las ideas maltusianas sobre crecimiento poblacional y problemas ambientales. Su principal referente bibliográfico, *Los Límites del Crecimiento* de 1972, abordó la problemática climática como una consecuencia de la contaminación atmosférica, aunque le otorgó más importancia a la escasez de los recursos naturales y particularmente al agotamiento de los combustibles fósiles, concebido por entonces como motor de prosperidad y la estabilidad del mundo moderno (Eastina, Grundmann, & Prakash, 2011).

La *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano* de Estocolmo en 1972 fue la primera conferencia que la *Organización de Naciones Unidas* (ONU), efectuó sobre

temas ambientales. Allí se amplió el concepto de desarrollo conforme a lo establecido en *Los Límites del Crecimiento* y abordó el problema del cambio climático desde la perspectiva de la contaminación, frente a lo cual se le recomendó a los Estados iniciar acciones de vigilancia del comportamiento de la atmósfera que pudieran provocar cambios meteorológicos e incluso cambios climáticos.

En 1980, el astrofísico Carl Sagan (1934-1996), a partir de sus investigaciones sobre el efecto invernadero en el planeta Venus, proyectó dos escenarios de cambio climático en la Tierra, provocado fundamentalmente por los cambios ambientales de gran escala, que ha inducido la llamada “civilización industrial” y su consumo preferencial de combustibles fósiles. De un lado proyectó que la temperatura del planeta podría bajar peligrosamente al punto de glaciación, de la misma forma como lo concluyó Ekholm, pero esta vez por cuenta de la reducción de la superficie oscura de absorción de luz solar y el aumento del albedo². De otro lado estableció la posibilidad de que se intensificara el efecto de invernadero natural y que diera lugar a un calentamiento global de gran escala (Sagan, 2004). El valor de estas conclusiones radica en que Sagan centró el problema no solo en el efecto invernadero, sino en su intensificación, con lo cual brindó otro nuevo elemento de análisis del problema.

Los escenarios de cambio climático que planteó Sagan, no se darían por defecto sino de forma secuencial, es decir, que uno se derivaría del otro, ya que a partir de la intensificación progresiva del efecto invernadero, se llegaría a estado de saturación atmosférica que provocaría el enfriamiento del planeta. Se puede tomar esta conclusión de Sagan como un llamado para que se debata el problema climático no solo desde la perspectiva del aumento irreversible de la temperatura global, como actualmente se hace, sino también, de un posible enfriamiento del planeta.

En 1992 se llevó a cabo en Río de Janeiro la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo* que tuvo como línea de discusión el concepto de “Desarrollo Sostenible”. En ese escenario se establecieron directrices de política ambiental que aún se mantienen vigentes y se aprobaron tres iniciativas ambientales de alcance mundial: la *Agenda 21*, el *Convenio sobre la Diversidad Biológica* y la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (CMNUCC). Esta última iniciativa se constituyó en el primer esfuerzo global para abordar el cambio climático como un problema advertido científicamente, que requería la formulación de acciones destinadas a la reducción de emisiones de GEI a nivel mundial (Monni, Syri, & Savolainen, 2003).

La declaración de la CMNUCC se constituyó en un paradigma que concentró el tema del cambio climático como una “preocupación común de toda la humanidad”, en cuyo contexto surgieron las siguientes definiciones fundamentales:

² Tal como como podría esperarse por la tala indiscriminada de bosques

- **Cambio climático:** 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.
- **Gases de efecto invernadero:** Se refiere a los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja.
- **Emisiones:** Acción de liberación de gases de efecto invernadero o sus precursores en la atmósfera en un área y un período de tiempo especificados.
- **Efectos adversos del cambio climático:** se refiere a los cambios en el medio ambiente físico o en la biota provocados por el cambio climático, que tienen efectos nocivos significativos en la composición, la capacidad de recuperación o la productividad de los ecosistemas naturales o sujetos a ordenación, o en el funcionamiento de los sistemas socioeconómicos, o en la salud y el bienestar humanos (CMNUCC, 2014).

Es importante mencionar que la declaración de CMNUCC no contó con el respaldo unánime de las partes, especialmente de Estados Unidos, principal emisor planetario de GEI, que se negó a ratificar los acuerdos de reducción de emisiones y les restó efectividad a los compromisos logrados. Se reconoce este hecho como una conquista de los *negacionistas climáticos* o *escépticos del calentamiento global*, llamados de esa forma a quienes relativizan las causas humanas que generan el cambio climático y la atribuyen más bien a factores naturales de imposible control, omiten a conveniencia la evidencia científica del problema (por cuenta de la incertidumbres) y deslegitiman las acciones que pretenden limitar el desarrollo social y económico (Meira, 2002; Booker, 2015; Gray, 2015). Al respecto se debe enfatizar que los negacionistas no ignoran el cambio climático, sino que cuestionan la injerencia humana en el fenómeno, pretendiendo de esa forma, establecer un debate cooptado por intereses políticos y económicos.

En efecto la injerencia humana en el cambio climático es un elemento que aún sigue en discusión, pero no desde la perspectiva de los negacionistas. Se hace referencia al debate de, qué tanto del cambio climático es provocado acciones humanas, qué tanto por causas naturales. Para el *Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático* (IPCC), el cambio climático es un cambio en el estado del clima, que persiste durante un período prolongado de décadas o más y es originado tanto por la variabilidad natural como por la actividad humana. Por otro lado, está la CMNUCC quién concibe el cambio climático como el cambio promovido por causas humanas o naturales.

La diferencia se centra en que el IPCC generaliza el cambio climático como un problema de origen humano y/o natural, mientras que la CMNUCC diferencia entre cambio climático (provocado por los humanos) y variabilidad climática (provocado por causas naturales) (Mora, 2014, citando a IPCC, 2007).

Lo anterior, evidencia que la injerencia humana en el cambio climático, es un asunto que no se ha acabado de dimensionar (Comellas, 2011). Por ejemplo, para Leff (2008), el

cambio climático es una realidad que carece de una explicación acerca de la relación que guarda el proceso económico con el calentamiento global (y por ende tampoco explica exactamente la real dimensión de la injerencia humana en el problema), mientras que para *El Club de Roma* el uso continuado de combustibles fósiles, sumado a la incapacidad de los ecosistemas de la Tierra para absorber las emisiones se constituyen en causas de cambio climático, es decir, magnifica a los humanos, únicos usuarios de los combustibles fósiles, como principales responsables del problema climático. En ese marco surge el concepto de **cambio climático de origen antropogénico** (Eastina, Grundmann, & Prakash, 2011) totalmente conveniente para diferenciarlo del de origen natural o variabilidad climática como se vio que era definido por la CMNUCC.

Además de cuestionar la participación humana en el cambio climático, Comellas también llama a que se piense en el cambio climático no como un fenómeno coyuntural sino permanente y cíclico que se cuenta por periodos geológicos, con un rigor capaz de reducir la vida a su mínima expresión. Se habla del **cambio climático a escala geológica** que contrasta con el **cambio climático abrupto**, consistente en un cambio en el sistema climático a escala mundial durante un período muy corto de tiempo desde el punto de vista geológico, pero sin asociación obligatoria con las emisiones de GEI. Para Alley et al. (2003), el cambio climático abrupto es un tema que no ha recibido suficiente atención y sobre el que no se legisla, aunque las consecuencias en la economía, la ecología y sociedad sean las mismas que el cambio climático fundamentado en las emisiones de GEI.

Lo que se viene planteando entonces, es que el cambio climático es un fenómeno incontenible y desproporcionado frente a la expectativa de vida humana, que no pudo ser inducido por cuanto el planeta siempre ha estado en permanente cambio climático. Sin embargo, se debe aceptar que los humanos, por el hecho de interactuar con el sistema climático, tienen la capacidad de acelerar e intensificar los efectos del cambio climático ya sea por la emisión de GEI o por la deforestación.

Precisamente la deforestación, vista no solo como la actividad de extractiva del recurso maderero, sino como la práctica íntimamente ligada a los procesos de expansión de la frontera agrícola, y que fomentan por ese medio la instalación de actividades ganaderas y de agricultura intensiva, redundan, ya sea por el cambio en el uso del suelo o por la intensificación de la agricultura convencional, en el deterioro de las fuentes de absorción y en el aumento de emisiones de GEI, así como en el aumento del albedo de la superficie terrestre, que provoca el forzamiento radiativo y el aumento en la temperatura de la superficie (Stocker et al., 2013).

1.3.1 Cambios climáticos en el pasado geológico

Las evidencias estudiadas por la paleoclimatología, muestra que a través de la historia geológica del planeta han existido muchos cambios climáticos y que no han cesado de ocurrir (Comellas, 2011).

Desde una escala geológica se encuentra que el clima global ha cambiado radicalmente desde que la atmósfera terrestre se configuró, 500 millones de años después de que se formara la Tierra, cuando se surtió el proceso de condensación del protoplaneta que consolidó el manto y la superficie planetaria (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005). En ese escenario los volcanes tuvieron especial relevancia, porque se constituyeron en los conductos que despedían vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂) y compuestos azufrados que crearon una atmósfera primitiva que permitía el paso de la radiación solar, pero restringía el escape de los rayos infrarrojos (Comellas, 2011).

Ese vestigio de efecto invernadero, no obstaculizó el proceso de condensación planetaria, ya que el vapor de agua, expulsado por los volcanes, se concentró en forma de nubes y produjeron las primeras lluvias que, aceleraron el enfriamiento del planeta y permitieron la acumulación de agua líquida sobre la superficie terrestre (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005). En ese escenario se dieron las primeras manifestaciones de vida hace 3.600 millones de años, a partir de lo cual se reconfiguró la atmósfera, porque aumentó la concentración de oxígeno en el planeta, se balancearon las concentraciones de CO₂ atmosférico y se reguló la temperatura global.

Hace 2.300 millones años se registró un cambio del clima en el planeta que provocó la congelación de los mares y la formación de los casquetes polares, al punto que cubrieron las latitudes medianas. Se constituyó en la primera glaciación conocida también como **Tierra Blanca** (Kirschvink, 2005; Comellas, 2011), que fue seguida por fases alternadas de calor y frío, una de las cuales dio origen a la glaciación más importante registrada geológicamente en el periodo comprendido entre los 700 a 550 millones de años, cuando los casquetes polares lograron avanzar hasta la línea ecuatorial y causó la desaparición de numerosas formas de vida. Fue la última glaciación devastadora a partir del cual se dieron fluctuaciones climáticas de mayor rapidez (Comellas, 2011).

Si bien no son claras las causas de esa glaciación, se estima que el impulso vigoroso de la vida surgida después del deshielo de la anterior glaciación, tuvo un impacto contundente en dicho fenómeno. Ello se explica porque, la expansión de las plantas terrestres no vasculares sobre la superficie terrestre fue de tal magnitud, que su saturación provocó un desabastecimiento progresivo del CO₂ atmosférico, y trajo como consecuencia la limitación de la retención de calor terrestre, al punto que expuso al planeta a una nueva glaciación (Lenton et al., 2012).

Eso demuestra que solo acciones compensatorias de la misma o mayor magnitud, en términos de intensidad o constancia, se tienen que desencadenar para disminuir o revesar un cambio climático. Por ejemplo, se conoce que una glaciación no retrocedería por la acción directa de los rayos solares, ya que su acción calorífica se contrarrestaría con el efecto albedo del hielo (Kirschvink, 2005), pero sí por una gran acción volcánica, un intenso efecto invernadero ocasionado por ejemplo el metano (CH₄) emitido por la materia orgánica en descomposición o por el efecto que tienen las aguas cálidas de los mares ecuatoriales no congelados que podrían carcomer desde el fondo, a los grandes hielos glaciares. Eso

significa que, si algún mecanismo climático obra en un sentido, existirá otro que lo hará en sentido contrario, de forma aparente a una ley de compensaciones, que equilibra el sistema climático y hace que el planeta transite permanente entre frío y calor (Comellas, 2011).

En resumen, los cambios de clima registrados en escala geológica, dejan entrever tres situaciones:

- Las glaciaciones redujeron la vida a sus mínimas expresiones, pero sin llegar a extinguirla, mientras que los periodos cálidos favorecieron la extensión de la vida y las mejores etapas evolutivas.
- La vida vegetal ha sido trascendental en la configuración del clima terrestre, por su capacidad metabólica de captar y almacenar CO₂, y porque después de su muerte puede formar depósitos de CH₄ como consecuencia de los procesos de descomposición.
- Los niveles de agua en el planeta han estado en función del cambio climático, ya sea por su almacenamiento en forma de casquetes de hielo durante las glaciaciones o por su disponibilidad en estado líquido en presencia de climas más cálidos.

1.3.2 Incidencia del cambio climático en las sociedades antiguas

Desde la aparición del *Homo sapiens*, en el periodo Cuaternario, se inició una carrera evolutiva que lo hizo, paulatinamente, partícipe del sistema climático, aunque se debe reconocer que no le ha tocado padecer ninguna condición de vida tan limitada como la que existió durante los periodos glaciares de antaño (Sagan, 2004), sino más bien transiciones climáticas de relativa rapidez y tolerables para su supervivencia (Comellas, 2011). Se hace referencia a que en el periodo Cuaternario se cuentan hasta nueve glaciaciones o “pulsaciones holocenas”, cada una de aproximadamente 100.000 años de duración y periodos interglaciares que rondan algo más de los 10.000 años. Eso significa desde un ejercicio contable, que la tendencia del Cuaternario ha sido marcada más por las temperaturas frías que cálidas.

Hace aproximadamente 16.000 años se terminó el capítulo glacial más reciente y dio paso a un aumento de la temperatura global, que trajo consigo el aumento del nivel del mar, la aparición de lagos y bosques y el desplazamiento de la fauna de clima frío a latitudes más altas. Esos acontecimientos influyeron en la desagregación de las sociedades primitivas ya que unos, los cazadores, se fueron detrás de los animales y los restantes retomaron los hábitos de recolección (Comellas, 2011) que pudo sentar las bases de la agricultura y dar paso a un proceso paulatino de organización social.

Hacia el año 4.000 a.C. se registró un aumento inusitado de la temperatura global que se conoce de diferentes formas: Óptimo Cálido del Holoceno (Comellas, 2011), Máximo Térmico del Holoceno Medio (Rivera et al., 2011) o Periodo Cálido del Holoceno (Alley, 2007). Este evento es destacable porque fue cuando se presentaron las temperaturas más altas de los últimos diez mil años que provocaron profundos cambios culturales como la

habitabilidad del desierto del Sahara. Ese hecho se originó porque el intenso calor creó un sistema de bajas presiones tan fuerte que los monzones³ lograron penetrar esos territorios y descargar sus lluvias en las regiones montañosas del centro del desierto, que dio lugar al surgimiento de un sistema hídrico que permitió el albergue de vida silvestre (Comellas, 2011). Por esa razón el autor sentencia que ningún evento que signifique calentamiento atmosférico será nocivo, si viene acompañado por un régimen suficiente de lluvias.

Sin embargo, los mecanismos de compensación del sistema climático que determinaron esa abundancia de lluvias en el Sahara, definieron su escasez en otro lugar. La llegada de los monzones al desierto del Sahara, significó su ausencia en el sudoeste asiático donde tradicionalmente se descargaban, lo que provocó la desertización de sus territorios y obligó la emigración de sus habitantes a zonas mejor abastecidas de Asia como la Mesopotamia, las inmediaciones de los ríos Éufrates y Tigris, el río Indo y los ríos Hoang Ho y Yang Tse.

De cualquier forma la condición de habitabilidad del desierto del Sahara duró aproximadamente 1.500 años, después del cual se acentuó la condición de aridez y obligó la emigración de los pueblos saharianos a zonas más húmedas (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005), que dio lugar a los asentamientos en la costa del océano Atlántico, las estribaciones del río Níger, la costa del Mediterráneo y especialmente el río Nilo, donde surgió uno de los corredores de desarrollo más importante de la cultura neolítica.

El calentamiento global se convirtió entonces en un factor que desafió las condiciones de supervivencia de las sociedades antiguas: unas emigraron y se reasentaron cerca de fuentes de agua en donde crearon grandes civilizaciones de la antigüedad, mientras que otras sucumbieron a las condiciones de sequía como la civilización Maya clásica, desaparecida entre años 1.300 a 1.100 a.C. (Hodell, Curtis, & Brenner, 1995; Alley et al., 2003).

1.4 Efecto invernadero

Los primeros estudios sobre el efecto invernadero se dieron en el transcurso del siglo XIX y se asociaron al estudio de la composición atmosférica. En esa época los franceses Joseph Fourier (1768-1830) y Claude-Servais Mathias Pouillet (1790-1868) usaron la analogía del invernadero para explicar el efecto térmico por la concentración gaseosa en la atmosfera, John Tyndall (1820-1893) estudio el papel del CO₂ y el vapor de agua en el calentamiento atmosférico y Arrhenius llevó a cabo investigaciones específicas del CO₂ atmosférico (Crawford, 1997; Rodríguez-Becerra et al., 2015).

³ Es un viento marino y terrestre de gran alcance que sigue el ritmo del verano e invierno. En verano, el suelo se calienta más que el océano y hace que el aire oceánico se desplace tierra adentro, llevando consigo gran humedad, mientras en que invierno el fenómeno es el inverso (Eslava, 1993).

Las investigaciones se centraron en entender la atmósfera como un sistema compuesto de gases y aerosoles (partículas sólidas y líquidas) que tenían efectos diferenciados en el aumento de la temperatura. Para Tyndall, muchas de esas sustancias que componían la atmósfera no provocaban el calentamiento atmosférico sino el efecto contrario, debido al albedo, y solo una muy pequeña porción gaseosa tenía efectos en el aumento de la temperatura.

Los resultados de Tyndall siguen siendo vigentes ya que se conoce que los gases termoactivos (CO_2 , metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6) y vapor de agua) representan un 1% de la composición atmosférica, mientras que el 99% se reparte entre el oxígeno y el nitrógeno molecular. (IDEAM, 2010).

Debido a que cada sustancia tiene diferentes propiedades termoactivas y distintos tiempos de residencia atmosférica, se ha optado por equiparar su potencial de calentamiento global en unidades de CO_2 equivalente (CO_2 eq) (Tabla 1-2) para establecer comparaciones entre ellas.

Tabla 1-2. Potencial de calentamiento global en unidades de CO_2 eq para los diferentes GEI.

NOMBRE	FÓRMULA QUÍMICA	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL
dióxido de carbono	CO_2	1
metano	CH_4	21
óxido nitroso	N_2O	310
tetrafluoruro de carbono	CF_4	6.500
hexafluoruro de carbono	C_2F_8	9.200
hexafluoruro de azufre	SF_6	23.900
Trifluorometano	HFC-23	11.700
Difluorometano	HFC-32	650
pentafluoroetano	HFC-125	2.800
Trifluoroetano	HFC-143	3.800
Difluoroetano	HFC-152	140
Tetrafluoroetano	HFC-134	1.300

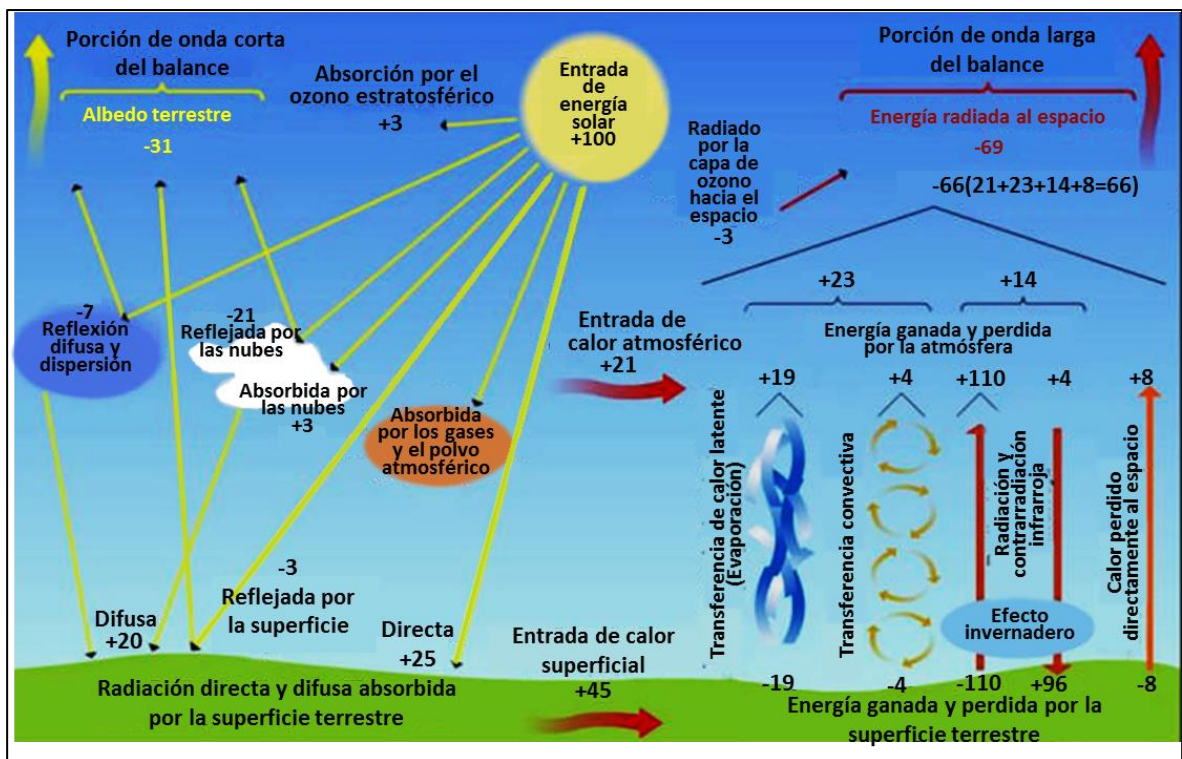
Fuente: adaptado de IDEAM (2010) citando a IPCC (1996).

Como se observa, el potencial de calentamiento global de gases como el SF_6 , sustancia de uso industrial destinado a la elaboración de aislantes eléctricos, son muy altos y sobrepasan en más del doble al siguiente gas (HFC-23) de esa lista, demostrando de esa forma su termoactividad.

La termoactividad de las sustancias que da origen al aumento de la temperatura global se encuentra en función del balance energético del planeta. Por ejemplo, en un escenario hipotético en el que la temperatura efectiva del planeta fuera el resultado de un balance simple entre la radiación solar absorbida por la Tierra menos la reflejada por ella misma, la temperatura media global sería de -18°C , sin embargo, eso no sucede así.

Se sabe que la temperatura media del planeta es de 15°C , debido a que la atmósfera, actúa como una barrera semitransparente que permite en gran medida el paso de la radiación solar (radiación de onda corta), pero absorbe y concentra la radiación infrarroja reflejada por la Tierra (radiación de onda larga) por la acción de las sustancias termoactivas (Figura 1-2), lo cual se conoce como efecto atmosfera o **efecto invernadero** (Garduño, 2004). En la medida que las sustancias termoactivas tienden a concentrarse en las partes bajas de la atmósfera, es decir cerca de la superficie terrestre, la temperatura allí será más cálida y menor con la altura.

Figura 1-2: Balance energético de la Tierra.



Fuente: Amarello (2015).

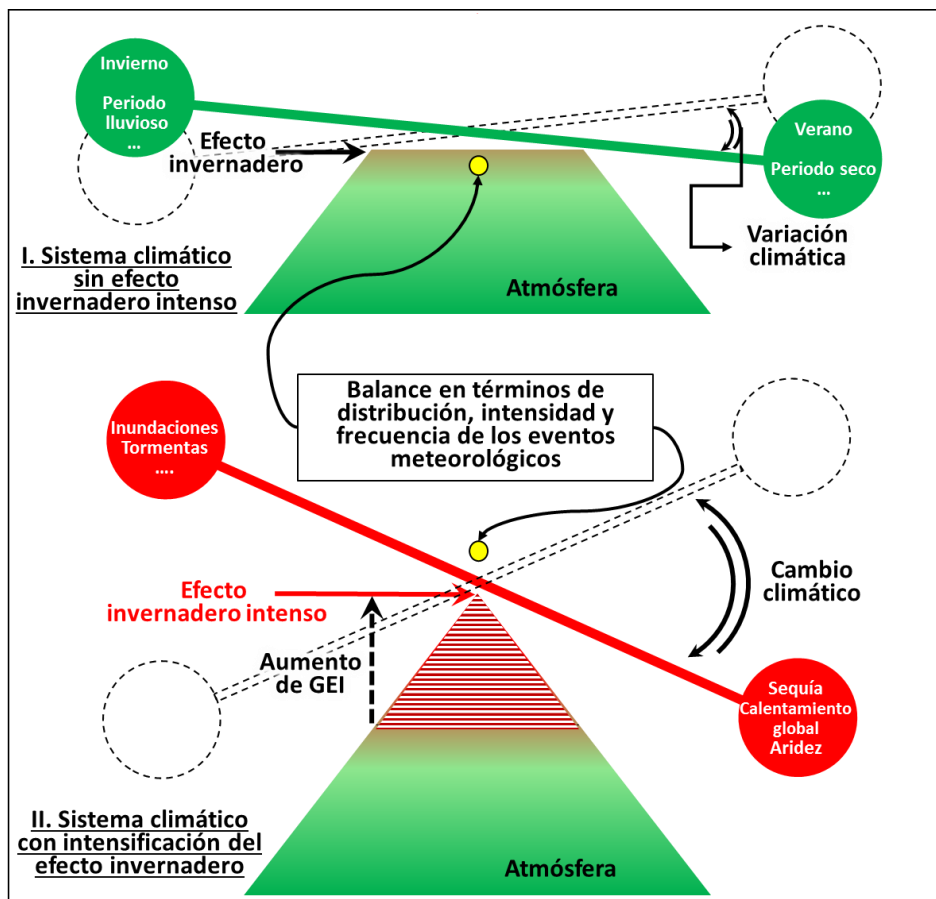
De la Figura 1-2, se destaca que la acción térmica del sol sobre el calentamiento global no es directa, por lo que el efecto invernadero no depende de la fuente de calor, sino de la forma como se retiene ese calor (Comellas, 2011), la cual es una afirmación que

deslegitima las teorías que atribuyen el calentamiento global como una acción directa de los fenómenos solares.

1.5 Escenarios futuros

La retención del calor en la atmósfera originado por su composición gaseosa, ha sido un fenómeno natural y benigno, que ha permitido que los océanos se mantengan líquidos y que la vida sea posible (Sagan, 2004; Comellas, 2011). No obstante, el enriquecimiento con GEI provoca la alteración de la composición gaseosa de la atmósfera y da origen a la intensificación del efecto invernadero, que se traduce en el desbalance de los mecanismos de compensación del clima es decir la redistribución, intensificación y reiteración de los eventos meteorológicos (Figura 1-3).

Figura 1-3: Consecuencia de la intensificación del efecto invernadero.



Fuente: Elaboración propia

Considerando la complejidad del sistema climático, es incierto el pronóstico de los cambios regionales que se pueden registrar por cuenta del aumento de uno o dos grados en la temperatura global, sin embargo, en términos generales, no se descarta el aumento del

nivel del mar, las modificaciones en las trayectorias de las tormentas ciclónicas a gran escala, la afectación en la distribución e intensidad de la precipitación, la configuración severa de las estaciones de invierno y verano, y el aumento en la frecuencia e intensidad de las olas de calor y sequías (Tarbuck, Lutgens, & Tasa, 2005).

En Colombia se espera que por cuenta de la intensificación del efecto invernadero aumente la temperatura media, cambie el comportamiento de las precipitaciones y se generen fenómenos extremos diferentes para cada región del territorio nacional bajo las siguientes características:

- La temperatura media anual en Colombia podrá aumentar gradualmente para el año 2.100 en 2,14°C, presentándose los mayores aumentos en los departamentos de Arauca, Vichada, Vaupés y Norte de Santander.
- Podrá aumentar el nivel del mar que conllevaría cambios en la línea de costa y afectaciones sobre las poblaciones y ciudades asentadas en estos espacios. Además, derretimiento acelerado de los nevados y glaciares, retroceso de los páramos, reducción en la productividad agropecuaria y mayor incidencia de fenómenos climáticos extremos.
- Se incrementarán los procesos de desertificación, disminución de la productividad de los suelos agrícolas y la pérdida de fuentes y cursos de agua.
- Se presentarán mayores olas de calor especialmente en áreas urbanas.
- Se acentuará el impacto de los fenómenos de variabilidad climática en los territorios y sectores: disminución severa de las precipitaciones durante El Niño y exceso de lluvias durante La Niña.
- Disminuirá la precipitación media entre 10 y 30% en departamentos como Amazonas, Vaupés, Caquetá, San Andrés y Providencia, Bolívar, Magdalena, Sucre y Cesar.
- Aumentará la precipitación media entre 10 a 30% en departamentos como Nariño, Cauca, Huila, Tolima, Eje Cafetero, occidente de Antioquia, norte de Cundinamarca, Bogotá y centro de Boyacá (IDEAM et al., 2015b).

En ese panorama la intensificación del efecto de invernadero se constituye en motivo de preocupación, que centra su atención sobre la forma como el modelo económico prioriza las fuentes de energía fósiles, cuya combustión desprende calor y provoca la emisión de residuos gaseosos que enriquecen la composición atmosférica. De esa forma explica Leff (2008) el calentamiento global y sentencia que el proceso económico produce calor.

La intensificación del efecto invernadero por cuenta del modelo económico es otra forma de deterioro ambiental que evidencia una crisis en la civilización, la cual, debido a su nivel de complejidad, ha perdido la capacidad de adaptación a los cambios que tenían los pueblos primitivos y se ha hecho vulnerable al cambio climático (Comellas, 2011).

Lo que se plantea es que la intensificación del efecto invernadero es el hecho sobre el que se debe centrar la formulación de estrategias, frente al cual se requiere la concertación política de las partes afectadas y el trabajo coordinado entre ciencia y política.

2 Cambio climático: el nuevo determinante de la política pública.

“En este contexto, de incremento de la vulnerabilidad social y ambiental, la eficacia de las políticas de adaptación al cambio climático del país estará determinada en gran parte por la voluntad política y la capacidad institucional existente para desterrar las causas subyacentes de los fenómenos que están incrementando la incapacidad social y ambiental para enfrentar el clima cambiante” (Desarrollo económico y adaptación al cambio climático. Rodríguez-Becerra; Cárdenas. 2013).

La política pública tiende a encasillar el ambiente como un área de acción específica, de la misma forma como sucede con la política agraria, fiscal o económica (Pérez, Rojas, & Ordoñez, 2010), lo cual es cuestionado por aquellos que reclaman que el ambiente sea concebido como una variable política transversal, que condiciona y se deja condicionar por todos los sectores de la actividad nacional (Wilches-Chaux, 1998). En este contexto se circunscribe el cambio climático, no como un fenómeno natural sino como un problema ambiental, cuyo auge en el mundo ha obligado a escribir una nueva agenda política entre los Estados, a la misma altura que los problemas de inequidad, pobreza, violencia, terrorismo, corrupción e inseguridad.

En el plano nacional, se critica que las políticas sobre cambio climático, producto de su sectorización, sean formulaciones cortoplacistas e irrelevantes no cuentan con el alcance de incidir en el desarrollo económico y social del país ni se integran a los procesos de planificación e inversión de los sectores productivos y territoriales (Rodríguez-Becerra & Cárdenas, 2013) citando a (DNP, 2011a: 1), que debe motivar una revisión de la efectividad de las acciones tomadas.

En general, la política pública es un concepto ambiguo como lo calificó Hogwood (1984) citado por Roth (2002), para hacer referencia a la cantidad de definiciones desarrolladas por diferentes autores entre las que se cuentan “curso de acción adelantado bajo la autoridad de los Gobiernos”, o “un conjunto de sucesivas iniciativas, decisiones y acciones

del régimen político frente a situaciones socialmente problemáticas” o “toda forma de acción organizada, encaminada al logro de objetivos de interés común, más que exclusivamente como acciones estatales” (Velázquez, 2009). En términos generales, la política pública se asocia a los conceptos de planes, programas, acciones o estrategias.

Las políticas públicas se encuentran atravesada por tres elementos:

- **Los objetivos:** Metas colectivas que el Estado considera como deseables o necesarios. Deben ser el resultado de una concertación entre las partes involucradas, sobre todo cuando se hace referencia a lo ambiental, por sus procesos dinámicos y complejos (Vélez, 2014) citando a (Ander-Egg, 1981).
- **Los medios y acciones:** Mecanismos procesados total o parcialmente por una institución u organización gubernamental con capacidad y autoridad para diseñar, negociar, concertar, aprobar, ejecutar, seguir y evaluar una agenda pública de políticas.
- **Los resultados** (Roth, 2002).

Desde una perspectiva metodológica, el proceso de generación de las políticas públicas puede ser analizado con base en el esquema de *Policy Cycle*, (Figura 2-1) que lo desagrega en cinco fases:

Figura 2-1: Ciclo de las Políticas Públicas.



Fuente: Elaboración propia a partir de Roth (2002).

En el saber popular, la formulación es la fase del ciclo político en que la administración recoge la expresión genuina de la sociedad y la sustenta con criterios y conocimientos técnicamente racionales para dar solución al problema (Oszlak, 1980). Es la razón por la cual la formulación política es la fase que recibe la mayor atención ciudadana.

En ese mismo sentido las políticas ambientales abordan las acciones en cuanto a las relaciones entre las instituciones estatales, los recursos y las condiciones naturales (Roth, 2002). En la práctica dicho abordaje tiene dos interpretaciones: una, en la que las políticas ambientales se formulan para proteger al ambiente de una sociedad particular (Rodríguez-Becerra & Espinoza, 2002), y otra, en la que las políticas ambientales deben estar dirigidas a solucionar los problemas sociales causados por el ambiente (Pérez, Rojas, & Ordoñez, 2010).

Ambas interpretaciones están estrechamente relacionadas y deberían complementarse, sin embargo, en un esquema donde la sociedad se sustrae del ambiente con lo califica Leff, la segunda lectura sobre el propósito de políticas ambientales recibe mayor demanda. Adicionalmente, el propósito de proteger al ambiente como principio de las políticas ambientales ha sido criticado por los teóricos del decrecimiento, que son escépticos sobre su efectividad por considerarlas ineficientes y poco aceptadas entre la sociedad debido que, para estos pensadores, los problemas ambientales globales y transfronterizos como el suscitado por la intensificación del efecto invernadero, no pueden solucionarse mediante acciones que individualmente adelanten los gobiernos o los ciudadanos sino por medio de una reacción global acordada materializada en acuerdos ambientales entre países o nivel internacional (van den Bergh, 2011).

Por esa razón toma importancia el consenso que logren China y Estados Unidos en términos de la mitigación y repartición del negocio energético futuro (Rodríguez-Becerra & Cárdenas, 2013, citando a Giddens, 2009), sin el cual son inoperantes las acciones que se formulen en el resto del mundo, aunque eso tampoco exonera a las naciones de que propendan por unas economías de bajo carbono y un tránsito de los combustibles fósiles hacia fuentes energéticas alternativas (Shue, 2014).

En este punto se devela una estrecha relación entre los temas de energía y cambio climático que da lugar a una reflexión consecuente con el concepto de transversalidad de las políticas ambientales: los países con alto consumo energético por cuenta de su desarrollo industrial, son responsables de formular políticas energéticas que incluyan lineamientos detallados sobre cambio climático dirigidos a la mitigación.

2.1 Fundamentos de la política ambiental en Colombia

La política ambiental colombiana se ha venido construyendo paulatinamente desde la época pos independentista. Para Roth (2002), la política ambiental colombiana se divide en tres etapas:

- **Política clásica (siglo XIX – 1936).** El Estado actuó sobre la naturaleza a partir de la idea de la superioridad humana, y les dio autoridad a las personas para adueñarse y domesticar la naturaleza, considerada como “hostil” a los objetivos de la civilización moderna. Se denominó la época del “dominio de la naturaleza por el hombre”.
- **Política productivista (1936 - 1990).** La relación sociedad – naturaleza fue básicamente la misma que en el periodo anterior, aunque con mayor presencia del Estado quien pretendió ser el actor principal del desarrollo social y económico del país. El conocimiento científico sirvió para aumentar el bienestar de la población, pero con afectación de la naturaleza, como sucedió con la presión ejercida al suelo para aumentar la productividad agrícola. La legislación de protección ambiental, a pesar de su incremento progresivo fue poco aplicada. Esta segunda etapa equivalente a la etapa “conservacionista” que propone Guhl y Leyva (2015), durante el cual se destacan como hitos de la gestión ambiental colombiana los siguientes acontecimientos:
 - Creación del *Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Medio Ambiente* (INDERENA) en 1968.
 - *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente* (Decreto 2811 de 1974).
 - Creación de áreas protegidas, parques y resguardos.
 - Promoción de la participación en la gestión ambiental.
 - Expedición de normas de calidad ambiental.
 - Creación del *Departamento Administrativo para el Medio Ambiente* (DARNAR).
 - Creación de las Corporaciones Regionales.
- **Política de desarrollo sostenible (1991 hasta la fecha).** En este periodo se hizo un cambio de valores tanto en la concepción de la relación sociedad – naturaleza, así como en el papel del Estado respecto al desarrollo de la sociedad. Los principios que guían la política, particularmente la ambiental, se definieron en la *Conferencia de Río* de 1992, donde se promovió el desarrollo de un Estado más orientador que intervencionista, con base en los principios del que “contamina paga”, el de precaución, el de derechos humanos, el de derecho al desarrollo y el principio de la sostenibilidad económica.

Precisamente la *Conferencia de Río* marcó un auge de las políticas ambientales, porque además de la *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, se acordaron la *Declaración sobre Bosques*, la *Agenda 21*, la *Convención sobre Diversidad Biológica* y *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (CMNUCC) (MMA, 1994). Esos hechos, sumado a la promulgación de la *Asamblea Nacional Constituyente* de 1991, produjeron en el país una profunda reforma institucional ambiental, que recogió las partes polarizadas del anterior sistema político ambiental: los “conservacionistas” que lideraban el INDERENA y los “productivistas” que se encontraban alrededor del Departamento Nacional Planeación (DNP), una entidad competente pero inexperta en temas ambientales (Roth, 2002).

En este marco apareció el tema de la gestión ambiental que representó una novedad en el plano nacional porque armonizó los instrumentos jurídicos (como la *Constitución Política* o el *Código de los Recursos Naturales*), los normativos (como los estándares de calidad ambiental), de planificación (como el *Plan Nacional Desarrollo* o políticas nacionales ambientales), los tecnológicos (como las técnicas para prevenir, mitigar y compensar impactos), y los económicos (como tributos ambientales o subsidios) (Vélez, 2014). Una armonización que contó con la dificultad de lograr el compromiso de diferentes estamentos del país.

Como referente normativo, se promulgó la Ley 99 de 1993, que se convirtió en un referente la gestión ambiental, porque reglamentó la creación del Ministerio del Medio Ambiente, reordenó el sector público encargado de la gestión y conservación ambiental y organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Otras contribuciones importantes fueron: el proceso de evaluación de impacto ambiental, el establecimiento de un sistema de sanciones por la violación de la normatividad, la inclusión de instrumentos para el mejoramiento del desempeño ambiental y la creación de nuevas fuentes de financiación para la gestión ambiental (Pérez, Rojas, & Ordoñez, 2010; IDEAM, 2010).

A esta altura, el análisis de la política ambiental colombiana tuvo conclusiones encontradas. Algunos consideraron que se estaban dando los pasos correctos, porque la política ambiental había interactuado armónicamente con muchos lineamientos de políticas regionales, agendas, guías ambientales y documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) (Vélez, 2014). Otros consideraron que la política ambiental se venía desvaneciendo por su encasillamiento como un área de acción política específica y sectorial (Wilches-Chaux, 1998; Pérez, Rojas, & Ordoñez, 2010). En ese sentido Guhl & Leyva (2015) dedujeron que la ausencia de una integración adecuada entre las políticas sectoriales y las políticas ambientales hizo que las decisiones sobre los aspectos sectoriales y ambientales se traslaparan, se contradijeran y produjeran conflictos entre diferentes instituciones.

En la actualidad se ha concluido que la política ambiental en Colombia está determinada principalmente por dos variables: una ubicada en el plano internacional, con base en la evolución y los compromisos adquiridos en materia ambiental, y la otra ubicada en el plano nacional, asociada a la situación interna en materia de gobernabilidad y orden público en el que el mandato constitucional, más que la conciencia nacional, definen la dimensión ambiental en las instituciones y el Gobierno. (Vélez, 2014; Guhl & Leyva, 2015).

Eso se debe a que la política ambiental en Colombia ha tenido un papel secundario en el debate político, ya que sin importar los avances constitucionales o legislativos en la materia, lo ambiental parece irrelevante frente a otros temas de la vida nacional como la violencia, a la que se le suma la dificultad propia de los temas ambientales para consensuar los elementos que se deben integrar en una política ambiental (biogeográficos, ecológicos, económicos y sociopolíticos) y al interés del Gobierno por priorizar la economía extractivista (Guhl & Leyva, 2015).

Por eso, se debe decir que aún subyace para el Estado el principio pos – independentista del “dominio de la naturaleza por el hombre”, ya que directrices políticas como las de *crecimiento verde* establecidas en el *Plan Nacional de Desarrollo* (PND) 2014-2018, promueve novedosas formas de consumo de la naturaleza que son oficiosamente aceptadas por la institucionalidad ambiental, mediante políticas ambientales cortoplacistas y carecentes de una visión multisectorial.

2.2 Cambio climático en la política ambiental

Si bien las políticas sobre cambio climático tuvieron un auge particular en la década del noventa, se pueden registrar algunos antecedentes desde la década del setenta, cuando se celebró la *Conferencia de Estocolmo* en 1972, donde surgieron los fundamentos legislativos que dieron origen al derecho ambiental actual (Roth, 2002) y aludieron indirectamente al efecto invernadero. En efecto, el numeral 57 de la *Declaración de Estocolmo* recomendó al sector energético el desarrollo de mecanismos de vigilancia en cuanto a las emanaciones de sustancias como el anhídrido carbónico, anhídrido sulfuroso, oxidantes, óxidos de nitrógeno y partículas volátiles con el fin de conocer las relaciones entre sus niveles, las condiciones meteorológicas, la salud humana, la vida silvestre y los lugares de esparcimiento (ONU, 2002). Sin embargo, no fue sino después la *Conferencia de Río* en 1992, debido al protagonismo que marcó el cambio climático en el escenario internacional, cuando se evidenció el surgimiento de políticas específicas ambientales en el país. Un recuento de los eventos políticos que se derivaron de la *Conferencia de Río*, se encuentran a continuación.

2.2.1 Declaración de Río

La declaración recogió las conclusiones de la *Conferencia de Río*, en el que se llamó a los Estados a formular responsablemente políticas públicas y ambientales, no solo para su propio beneficio, sino para evitar perjudicar a las zonas que estén fuera de su jurisdicción⁴. También definió la necesidad de generar información y conocimiento ambiental útil en la toma de decisiones para el beneficio público, especialmente de aquellas comunidades en situación de riesgo (MMA, 2002). Es una manifestación de la importancia de la información como fundamento para la formulación de políticas ambientales.

⁴ De conformidad con el Principio 2 de la *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*, en el que los Estados tienen el derecho de aprovechar sus propios recursos y de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción no causen daños al medio ambiente de otras zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional (UN, 1992).

2.2.2 Agenda 21

Este acuerdo, es considerado como uno de los instrumentos políticos más importantes que surgieron de la *Conferencia de Río*, ya que sus lineamientos han orientado muchas de las acciones y políticas que se han emprendido en materia ambiental (MADS, 2012), mediante un conjunto de recomendaciones sobre el desarrollo de la ciencia, la educación, la concientización de lo público, el fortalecimiento institucional, la cooperación internacional, el desarrollo de los instrumentos legales internacionales y los procesos de información para la toma de decisiones (MMA, 1994).

En lo que concierne a cambio climático, las recomendaciones están asociadas a la generación de conocimiento y el acopio de información como insumo para la formulación de políticas públicas. De un lado, en el *Capítulo 9*, se aborda el tema de las incertidumbres como un elemento a considerar en el perfeccionamiento de la base científica para la adopción de decisiones, promoción del desarrollo sostenible, prevención del agotamiento del ozono estratosférico y contaminación atmosférica transfronteriza (UN, 1992). De otro lado, el *Capítulo 40*, contiene recomendaciones para la adopción de medidas enfocadas a la reducción de las diferencias de los datos y el mejoramiento del acceso a la información.

2.2.3 Declaración de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)

La CMNUCC fue otro de los resultados de la *Conferencia de Río*, aunque su gestación se haya dado en 1979 durante la *Conferencia Mundial sobre el Clima* de Ginebra (Suiza) y se haya complementado con la creación del IPCC en 1988. El logro inicial de la CMNUCC fue la elaboración de documento **marco**⁵ que alentaba a los gobiernos o *Partes de la Convención* a ejercer una participación activa frente al cambio climático (UNFCCC, 2014).

La CMNUCC es básicamente el espacio político de orden internacional más importante para enfrentar el cambio climático, que tiene como objetivo el desarrollo de directrices para lograr la estabilización de las concentraciones de GEI emitidas por las actividades humanas a un nivel donde no causen peligro y en un plazo que permita la adaptación natural de los ecosistemas (MMA, 2002; Monni, Syri, & Savolainen, 2003). No obstante, la importancia del tema, en un inicio no se logró un acuerdo vinculante, por lo que el cumplimiento de los compromisos estuvo sometido a la voluntad de las naciones.

El acuerdo otorgó importancia a la generación de información de orden nacional relacionada sobre cambio climático como fundamento para sustentar la formulación de políticas públicas. Particularmente se recomendó elaborar, actualizar, publicar y facilitar a la CMNUCC los *Inventarios Nacionales de las Emisiones Antropógenas por las Fuentes* y

⁵ Es decir, un documento no definitivo, que está en permanente desarrollo y ajuste para que los esfuerzos frente al cambio climático puedan orientarse mejor y ser más eficaces (UNFCCC, 2014).

de la Absorción por los Sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal de 1987 (MMA, 2002).

Después de la CMNUCC se acordaron una serie de reuniones periódicas de las naciones o *Conferencia de las Partes* (COP por sus siglas en inglés) con el fin de ajustar el documento marco. La tercera versión de la COP se celebró en 1997 en Kioto (Japón) donde se firmó el *Protocolo de Kioto*, que se convirtió en un referente para la formulación de políticas sobre cambio climático porque logró crear compromisos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir las emisiones de seis GEI: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆ (MMA, 2002; UNFCCC, 2014).

En Colombia, el *Protocolo de Kioto* se aprobó mediante la Ley 629 del 2000 y la *Corte Constitucional* declaró no solo que era respetuosa de las disposiciones constitucionales colombianas, sino que planteaba fuertes oportunidades de cooperación con otros Estados del mundo (MMA, 2002). Según Pérez, Rojas y Ordoñez (2010), con la aprobación del *Protocolo de Kioto*, el país no aspiró a aportar en la mitigación del efecto invernadero mundial, sino más bien a demostrar a la comunidad internacional su compromiso político para el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático.

Precisamente, enmarcado en el *Principio de responsabilidad compartida pero diferenciada*, que surgió en el seno del CMNUCC, la agenda política sobre cambio climático se dividió en dos líneas: la de mitigación y la de adaptación. Mientras que países como China y Estados Unidos, quienes por cuenta de su alto consumo energético se les conminó a desarrollar una agenda política relacionada con la disminución de sus emisiones de GEI o mitigación, en Colombia, dada su poca relevancia en materia de emisiones a nivel internacional⁶ pero alta vulnerabilidad al cambio climático, se le recomienda priorizar una agenda política sobre adaptación (Pérez, Rojas, & Ordoñez, 2010; Pacheco, 2015).

La realidad es que agenda política sobre cambio climático en Colombia se ha enfocado especialmente en la mitigación, gracias a las nuevas oportunidades de mercado que se han abierto desde ese enfoque, como sucede con los **mercados de emisiones**.

2.3 Políticas e instrumentos sobre cambio climático en Colombia

A partir de auge de los temas ambientales en la década del noventa, la formulación de políticas públicas sobre cambio climático recibió un respaldo político e institucional importante que, según la PGN (2011), han ofrecido mecanismos para afrontarlo desde un enfoque jurídico y técnico.

⁶ Colombia no tiene compromisos de reducción de emisiones y participa marginalmente en las emisiones globales de GEI con un 0,46% (Costa, 2007; Rodríguez-Becerra, et al., 2015).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), desglosa la historia de Colombia frente al cambio climático, con base en un análisis lineal de los eventos políticos e institucionales sobre el cambio climático en Colombia, que toma como punto de referencia la Constitución Política, con lo cual no se pretende desconocer la importancia del *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente* (Decreto 2811 de 1974), que ha sustentado el actual marco ambiental normativo, pero que, en materia de cambio climático, solo hace alusión a ella cuando se advierte que los actos de un país pueden producir efectos nocivos en los países vecinos o provocar alteraciones climáticas perjudiciales.

En el 1994, con la aprobación de la CMNUCC, se dio apertura al cumplimiento, por parte de Colombia, de los compromisos adquiridos, conforme con el *principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas* y en consideración al carácter específico de sus prioridades nacionales de desarrollo.

En 2001 el país presentó su *Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático ante la CMNUCC*, coordinada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), que analizó y expuso el Inventario Nacional de GEI para los años 1990 y 1994.

En el 2002, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y el DNP, elaboraron los *Lineamientos de Política de Cambio Climático*, que esbozaron las principales estrategias para la mitigación del cambio climático en el marco de la CMNUCC, del *Protocolo de Kioto* y de la *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*.

En este mismo año se creó la *Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático*, como la autoridad nacional designada para ser el ente promotor y evaluador de todos los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), favoreciendo la consolidación de proyectos competitivos y eficientemente económicos que pudieran ser transados en el mercado mundial de reducción de emisiones de CO₂.

En el 2003 se expide el CONPES 3242, *Estrategia Nacional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación de Cambio Climático*, el cual complementó el trabajo ya adelantado y generó los lineamientos esenciales para la introducción de los proyectos MDL dentro de las medidas de mitigación en el contexto nacional.

En el 2004, mediante el Decreto 291 Artículo 15, numeral 11 se designó al IDEAM como la entidad encargada de coordinar la elaboración de las Comunicaciones Nacionales ante la CMNUCC. En el mismo año el MAVDT expide las Resoluciones 0453 y 0454, posteriormente derogados por el artículo 12 de la resolución 551 de 2009, que tuvieron por objetivo la adopción de principios, requisitos y criterios y el establecimiento del procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de GEI que optan al MDL.

En el año 2005, en virtud de la Resolución 340 de 2005 del MAVDT, se disuelve la *Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático* y dio paso al *Grupo de Mitigación de Cambio Climático* (GMCC).

En el 2010, las Resoluciones 2733 y 2734 del MAVDT, se aprobaron para agilizar el proceso interno de evaluación y reglamentar el procedimiento de aprobación nacional de Programas y Actividades bajo el MDL.

En junio de 2010 se presentó la *Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la CMNUCC*. Este documento expuso el inventario nacional de fuentes y sumideros de GEI para los años 2000 y 2004, y realizó un análisis de las características fisicobióticas y socioeconómicas para determinar la vulnerabilidad de Colombia ante los efectos adversos del cambio climático con base en los principales cambios hidrometeorológicos relacionados con el fenómeno. Finalmente presentó las acciones que se han adelantado en materia de adaptación y se esbozan los objetivos y líneas estratégicas para disminuir el impacto y determinar las prioridades de acción.

Tanto la Primera como la Segunda Comunicación Nacional, pusieron en evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo y hace necesaria la elaboración de una estrategia coordinada para la adaptación a los impactos que tendrán estos fenómenos sobre la población, el medio ambiente y la economía del país (MADS, 2016).

Otros detalles de la línea histórica de las políticas e instrumentos sobre el cambio climático en Colombia se pueden revisar en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Principales eventos institucionales y políticos sobre cambio climático en Colombia.

AÑO	ACONTECIMIENTO
1991	<i>Constitución Política de Colombia.</i>
1993	<i>Ley 99 de 1993. Ley General Ambiental de Colombia. Creación Ministerio de Ambiente y el SINA. Creación institutos de investigación (IDEAM, IAvH, Invemar, IIAP, Sinchi). Creación Corporaciones Autónomas Regionales.</i>
1994	<i>Ley 164 de 1994. Aprobación de la CMNUCC.</i>
2000	<i>Ley 629 de 2000. Aprobación Protocolo de Kioto. Estrategia Nacional para la Implementación de Mecanismos de Desarrollo Limpio.</i>
2001	<i>Primera Comunicación Nacional. Primer Inventario Nacional de GEI (1990 y 1994).</i>
2002	<i>Lineamientos Política de Cambio Climático. Creación Oficina Nacional de Cambio Climático (MADS).</i>
2003	<i>CONPES 3242: Estrategia Institucional para venta de servicios ambientales de mitigación.</i>

Tabla 2-1 (continuación). Principales eventos institucionales y políticos sobre cambio climático en Colombia.

AÑO	ACONTECIMIENTO
2004	<i>Decreto 291 de 2004.</i> Designación IDEAM coordinador elaboración Comunicaciones Nacionales. <i>Resolución 0453 de 2004.</i> Aprobación proyectos reducción emisiones GEI que optan al MDL.
2005	Creación del <i>Grupo de Mitigación de Cambio Climático (MADS)</i> .
2009	<i>Inventario Nacional de GEI (2000 y 2004)</i> .
2010	<i>Segunda Comunicación Nacional.</i> Creación <i>Fondo Adaptación</i> .
2011	PND 2010-2014: Cap. VI. Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo. Eje sobre cambio climático. CONPES 3700. Estrategia articulación de políticas y acciones en cambio climático. Inicia proceso para la propuesta de preparación de la REDD+.
2012	Creación de la <i>Dirección de Cambio Climático</i> . Inicia primera fase de la ECDBC. <i>ABC del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)</i>
2013	Hoja de Ruta planes de adaptación del PNACC. <i>Plan Nacional Gestión del Riesgo de Desastres 2013-2025</i> .
2015	PND 2014-2018: Cap. VI. Crecimiento Verde: Formulación política de crecimiento verde de largo plazo con objetivos y metas de crecimiento económico sostenible. Primera versión de la Propuesta de la <i>Política Nacional de Cambio Climático</i> .
2016	Decreto 298 de 2016. Se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático

Fuente: adaptado IDEAM (2015) citando a IDEAM (2010) y Gutiérrez et al. (2014).

Con base en la Tabla 2-1, se identifican, desde una perspectiva política, cinco tipos de instrumentos asociados al cambio climático, sobre los que se centra un análisis de sus contenidos, para establecer su objetivos y alcances.

2.3.1 Inventario nacional de GEI en Colombia

El IDEAM, mediante Decreto 291 de 2004, tiene la función de coordinar la elaboración de los inventarios de emisiones. Los inventarios son reportes periódicos que presentan los países miembros de la CMNUCC, en los que se muestran básicamente las emisiones nacionales de GEI desagregadas sectorialmente. Los Inventarios Nacionales de GEI tienen como objetivo:

- Diagnosticar la vulnerabilidad del país frente al cambio climático, porque permiten proyectar escenarios futuros del clima, con los que se establecen planes de manejo del riesgo en un marco de gestión ambiental.
- Recibir asistencia respecto al desarrollo de proyectos de adaptación o mitigación al cambio climático, especialmente sobre los sectores más vulnerables.

- Valorar el impacto de las políticas y medidas de mitigación en términos de los costos y obstáculos.
- Evidenciar el cumplimiento de los compromisos frente a la CMNUCC.
- Gestionar recursos financieros.
- Normalizar la recolección de información con el fin de reducir sus costos asociados (IDEAM, 2010).

Hasta la fecha, el país ha reportado los inventarios de los años 1990, 1994, 2000, 2004, 2010 y 2012, estos últimos presentados en el marco del *Informe Bienal de Actualización*, que presentó Colombia en la COP 21 de París y en el que se empleó para su elaboración, una versión metodológica más actualizada que tiene repercusiones en la reducción de la incertidumbre. De la misma forma establece una reorganización de los módulos o sectores económicos de emisión de GEI (Tabla 2-2).

Tabla 2-2. Sectorización de las fuentes de emisión de GEI según la versión de inventario.

INVENTARIOS 1990, 1994, 2000 Y 2004	INVENTARIOS 2010 Y 2012
-Energía -Procesos Industriales -Agricultura -Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUISS) ⁷ -Residuos o Desechos	-Energía -Procesos Industriales y Uso de Productos -Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, por siglas en inglés) -Residuos o Desechos

Fuente: Desarrollo propio.

En esencia, se observa que la sectorización de los inventarios del 2010 y 2012, agregaron los sectores Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura, y Agricultura, en una sola categoría conocida por sus siglas en inglés, como AFOLU.

En Colombia, en el *Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000-2004*, se establece que los resultados alcanzados por estos documentos se logran por la participación de instituciones y técnicos nacionales articulados en mesas técnicas de trabajo interinstitucional, para definir la información existente y la necesaria, para la contabilización de las emisiones del país; así como fortalecer la calidad y flujo la información. Además de la sinergia interinstitucional, para la elaboración de los inventarios se requiere de un proceso de planificación financiera y logística que representa un desafío para el IDEAM. En países como Estados Unidos, donde se elaboran inventarios de emisiones de forma más frecuente que en Colombia, se ha conseguido coordinar la

⁷ También conocida como Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) o LULUF por sus siglas en inglés.

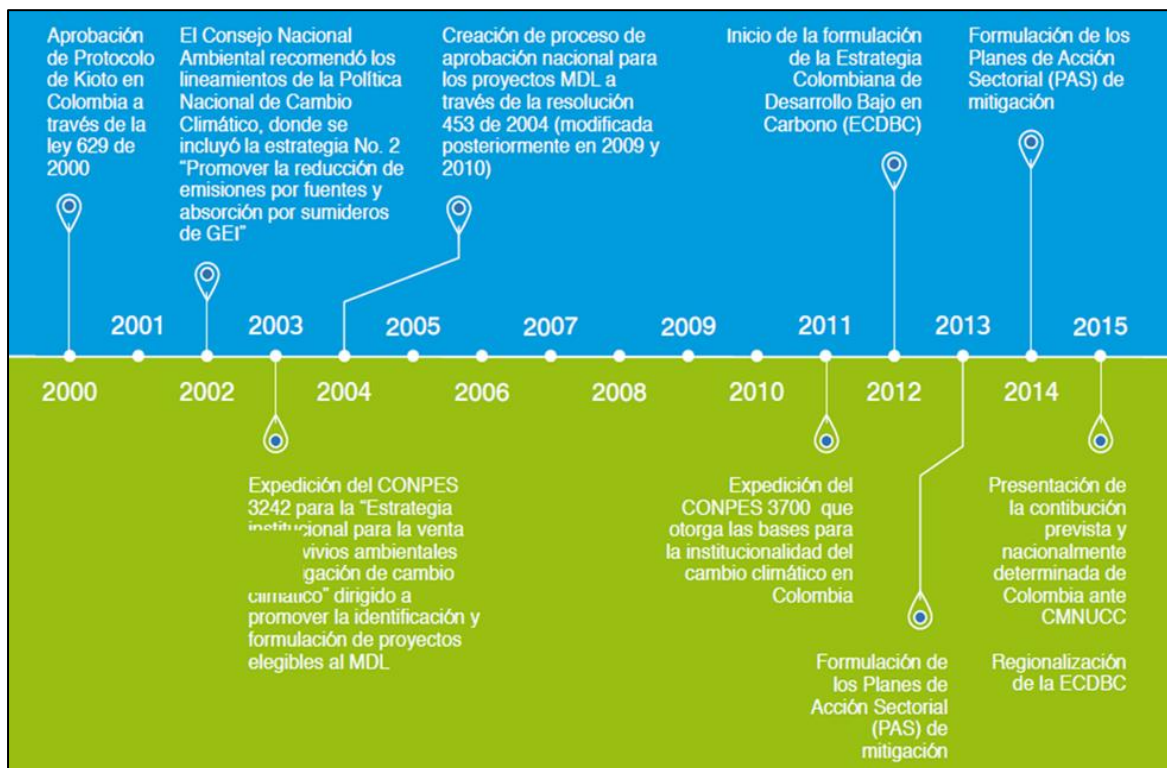
institucionalidad de tal forma que la disposición de la información se hace rápidamente y se pueden superar fácilmente las eventualidades, con lo que se logra alcanzar no solo un proceso eficiente, sino certero.

2.3.2 Estrategias de mitigación al cambio climático

Las estrategias de mitigación, hacen referencia a las acciones humanas que logran reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático, como las encaminadas a disminuir las fuentes y emisiones de GEI, y a potenciar los sumideros (IDEAM, 2010). En ese contexto, el inventario de emisiones provee de información estratégica a los tomadores de decisión, sobre las principales actividades que generan emisiones GEI en el país, así como sus actividades asociadas, y proporcionan un panorama sobre la importancia de conservar e incrementar los sumideros de carbono (IDEAM, PNUD, & MAVDT, 2009).

Aunque Colombia no es un emisor importante de GEI en el mundo, en el país se han formulado desde hace años, diferentes acciones de mitigación (Figura 2-2), que en la actualidad se encuentran asociadas al concepto de *crecimiento verde*.

Figura 2-2: Evolución de las acciones de mitigación en Colombia.



Fuente: (IDEAM, 2015).

En el *Primer Informe Bienal de Actualización* de Colombia ante la CMNUCC, el Gobierno Nacional reportó un conjunto de acciones sobre mitigación frente al cambio climático (Tabla

2-3), del que se deriva el compromiso que reducción del 20% de sus emisiones de GEI para el año 2030 o de 30%, sí se llega a contar con cooperación internacional, tomando como punto de referencia el inventario de emisiones de GEI del año 2010 (Rodríguez-Becerra, et al., 2015).

Tabla 2-3. Acciones de mitigación planteadas por Colombia.

ACCIÓN	DETALLE
Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)	Desarrollo de los <i>Planes de Acción Sectoriales de Mitigación (PAS)</i> y estudios de cobeneficios de las medidas de mitigación en ocho sectores productivos del país.
Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMA, por sus siglas en inglés)	<ul style="list-style-type: none"> -Agropecuario <ul style="list-style-type: none"> Reconversión productiva y tecnológica en el sector panelero. Café de Colombia. Ganadería bovina sostenible. -Energía, minas e hidrocarburos <ul style="list-style-type: none"> Energización con fuentes de energía renovable en las Zonas No Interconectadas. Eficiencia energética en alumbrado público. Refrigeración doméstica en Colombia. -Transporte <ul style="list-style-type: none"> Recuperación de metano en fugas, venteo y quemas de la cadena del petróleo y gas. Transporte no motorizado. <i>Mejoramiento Integrado del Sector de Transporte de Carga por Carretera en Colombia (MITCCC).</i> Desarrollo Orientado al Transporte (TOD). - Industria <ul style="list-style-type: none"> Eficiencia energética en pequeñas y medianas empresas. - Residuos <ul style="list-style-type: none"> Aprovechamiento y gestión integral de residuos sólidos urbanos.
Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+)	Reducción de los impactos del cambio climático que se producen por la deforestación y degradación de los bosques, además contribuir con la resolución de conflictos de uso del suelo, proteger la biodiversidad y traer beneficios derivados del pago por servicios ambientales.
Participación en el MDL bajo el Protocolo de Kioto	Colombia cuenta con un portafolio de 198 proyectos que participan en el MDL del <i>Protocolo de Kioto</i> , los cuales se encuentran en diferentes etapas

Tabla 2-3 (Continuación): Acciones de mitigación a través de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional.

ACCIÓN	DETALLE
Participación en mercados voluntarios de carbono	Mayor participación en el mercado voluntario del carbono como en el MDL, a través del registro de proyectos ante estándares internacionales tales como el <i>Verified Carbon Standard (VCS)</i> y el <i>Gold Standard (GS)</i> .
Compromisos voluntarios de acciones de mitigación en el marco de los acuerdos de Cancún (COP 16)	<ul style="list-style-type: none"> -Garantizar la participación de la generación de energía eléctrica renovable, en un porcentaje no inferior al 77% al año 2020. -Estimular el crecimiento de biocombustibles sin amenazar los bosques naturales ni la seguridad alimentaria, pero fortaleciendo su participación en el mercado nacional hasta lograr en el 2020, mezclas obligatorias de por lo menos 20% del total del volumen de combustible. -Reducir la deforestación en la Amazonía colombiana a cero para el 2020.

Fuente: adaptado de IDEAM (2015).

De las anteriores acciones de mitigación, se centra la atención en dos políticas de alcance nacional: la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), y Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+).

2.3.2.1 Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC)

La Estrategia ECDBC, es un programa de planeación del desarrollo a corto, mediano y largo plazo que, con la financiación por medio de aportes de la cooperación internacional y del presupuesto nacional, busca desligar las variaciones entre las emisiones de GEI nacionales y el crecimiento económico nacional, para lo cual proyecta el diseño e implementación de planes, proyectos y políticas tendientes a la mitigación, sin desatender el crecimiento social y económico del país ni descuidar los estándares mundiales de eficiencia, competitividad y desempeño ambiental.

La Estrategia ECDBC, contempla para su implementación, el impulso a los Planes Sectoriales de Mitigación (PAS) y las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAS).

- Frente a los PAS, se han producido ocho documentos sectoriales que, son el conjunto de acciones para reducir las emisiones de GEI frente a una línea base de emisiones proyectadas. Los PAS Identifican prioridades de mitigación y sus medios de implementación y las priorizan, teniendo en cuenta los cobeneficios como productividad, reducción de costos, transferencia de tecnología, reducción de riesgo

de afectación por barreras no arancelarias, generación de empleo, mejoras en calidad de aire y salud, entre otros. Los PAS son formulados a nivel ministerial.

Figura 2-3. Planes Sectoriales de Mitigación.



Fuente. (MADS, 2015)

- Por otro lado, las NAMAS, se identifican como mecanismos que se orientan a implementar acciones concretas de reducción de emisiones de GEI, de sus niveles tendenciales o Business As Usual (BAU) y que, a su vez contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de los países en las cuales se implementan, que son principalmente países en desarrollo como Colombia. Estos programas involucran a actores públicos y privados en la mitigación y establecen mecanismos de monitoreo, reporte y verificación (MRV) concretos. El concepto de NAMA es flexible y no existe a nivel internacional una definición sobre el alcance, o estructura para este tipo de acciones, sin embargo, a nivel nacional se viene consolidando un portafolio de NAMA en los sectores de: Agricultura, Energía, Transporte/Desarrollo Urbano, Transporte, Industria, Residuos, Vivienda y Forestal.

En ese marco, los inventarios de GEI contextualizan las emisiones sectoriales de GEI, definir la línea base de las emisiones proyectadas en el corto, mediano y largo plazo, y evaluar la efectividad de la estrategia. Sin embargo, esos resultados se deben complementar con otros indicadores de desempeño relacionadas con los avances en

implementación como, por ejemplo: número de proyectos, número de participantes, recursos utilizados y población atendida (MADS, 2013).

2.3.2.2 Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+)

La Estrategia REDD+, es un mecanismo internacional en construcción bajo la CMNUCC, que tiene como objetivo ayudar a reducir las emisiones de CO₂ producidas por la deforestación y degradación de los bosques del planeta, para así atenuar el cambio climático. Con la Estrategia REDD+ se espera contribuir a conservar y mejorar los servicios que prestan los bosques y selvas, al desarrollo de las comunidades que los habitan o dependen de éstos. En ese contexto se formulan acciones en tres niveles:

- **En el nivel nacional**, las acciones se enfocan en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y reporte sobre el estado de la cobertura forestal, así como de acciones dirigidas a la creación de las estructuras institucionales requeridas para el desarrollo de la estrategia.
- **En el nivel regional**, se busca identificar las medidas que se deben adoptar para lograr un desarrollo económico y social con el menor impacto posible sobre los bosques, haciendo énfasis que ello debe ser producto del diálogo entre sectores productivos, comunidades y autoridades
- **En el nivel local**, se busca promover las iniciativas y proyectos de implementación temprana, a partir de entender las dinámicas de las causas de la deforestación y degradación, con el fin de reducirlas aprovechando los mecanismos de financiación (MADS, 2012).

La Estrategia REDD+, que se constituye en una acción de mitigación, se plantea también como una oportunidad de desarrollo económico y social, el cual es financiado con aportes del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF), el Programa de las Naciones Unidas REDD+, cooperación internacional, el IDEAM, algunas ONG (Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez, Fondo Patrimonio Natural, WWF, ONF Andina,) y presupuesto nacional (MADS, 2014).

Debido a que la Estrategia REDD+ está en construcción, aún se están definiendo varios aspectos técnicos y metodológicos, frente al cual se requiere prestar atención en:

- Solicitar a los proponentes el acceso a la información escrita sobre la iniciativa que se pretenda adelantar.
- Solicitar la aclaración de la información que corresponda o requerir material divulgativo o de capacitación.
- Revisar las posibles implicaciones del proyecto sobre la afectación de los derechos fundamentales, propiedad de tierras o limitación al uso de recursos naturales a los propietarios de las tierras boscosas.
- Solicitar información detallada de la entidad o persona que pretende adelantar la iniciativa.

- Solicitar el acompañamiento de Corporaciones Autónomas Regionales y/o Defensoría del Pueblo.
- Abstenerse de firmar cualquier contrato o documento, sin el previo análisis jurídico y técnico.

La construcción de la estrategia REDD+ se compone de seis componentes, uno de los cuales es el *diseño de un sistema de monitoreo*, dirigido a configurar un sistema integrado de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de los cambios en los contenidos de carbono y las consecuentes emisiones o capturas de carbono por deforestación y/o degradación del bosque, así como las actividades de conservación y mejoramiento de los contenidos de carbono de los bosques y el manejo sostenible de los mismos (MADS, 2014). Para ese fin, la Estrategia REDD+ establece que el sistema se debe fundamentar en la información sobre las misiones y remociones de GEI que reporta mediante los inventarios de emisiones.

En el marco de las estrategias de mitigación, los inventarios de GEI sirven para contextualizar las emisiones sectoriales de GEI, definir la línea base de las emisiones proyectadas en el corto, mediano y largo plazo, y evaluar la efectividad de la estrategia. No obstante, las acciones contempladas por la estrategia no están alineadas con los resultados del inventario de GEI y menos aún consideran un escenario de incertidumbre derivada de los reportes.

2.3.3 Estrategias de adaptación al cambio climático

Colombia, como país vulnerable a los efectos del cambio climático, se ha comprometido frente a la comunidad internacional, a desarrollar diez acciones de adaptación que permitan construir una economía resiliente a los impactos del cambio climático en el 2030 (Rodríguez-Becerra et al., 2015), los cuales se constituyen en el marco político más actualizado sobre el tema. Las estrategias de adaptación al cambio climático son:

- El 100% del territorio estará cubierto con planes de cambio climático.
- Establecer un *Sistema Nacional de Indicadores* de adaptación.
- Las cuencas prioritarias del país constarán con instrumentos de manejo del recurso hídrico.
- Los seis sectores prioritarios de la economía, incluirán consideraciones de cambio climático en sus instrumentos de planificación.
- Se fortalecerá la *Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático*.
- Se delimitará y protegerá los 36 complejos de páramos que tiene Colombia.
- Se aumentará en más de 2.5 millones de hectáreas en cobertura de nuevas áreas protegidas por el *Sistema Nacional de Áreas Protegidas* (SINAP).
- Se incluirán consideraciones de cambio climático en *Proyectos de Interés Nacional y Estratégico* (PINES).
- Diez gremios del sector agrícola, se adaptarán al cambio y la variabilidad climática.

- Quince departamentos del país estarán participando en las mesas técnicas agroclimáticas, articuladas con la esa nacional y un millón de productores recibirán información agroclimática para facilitar la toma de decisiones.

Económicamente las estrategias de adaptación al cambio climático son relevantes porque buscan reducir el impacto del fenómeno climático sobre el aparato productivo, para lo cual, se requiere de acciones concertadas que no impliquen la reducción de la productividad, sino más bien la consolidación del país en el *mercado de emisiones*. En ese sentido los inventarios de GEI se posicionan como instrumento fundamental para sustentar la implementación de dichas políticas, aunque su articulación no está definida.

2.3.3.1 Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)

En el marco de las estrategias de adaptación al cambio climático, se circunscribe el Plan PNACC, que se formuló con base en la vulnerabilidad del país a los efectos del cambio climático y en la ausencia de estrategias de adaptación. El PNACC tiene como objetivo, reducir la vulnerabilidad del país e incrementar su capacidad de respuesta frente a las amenazas e impactos del cambio climático.

Para su formulación, el DNP, líder del proyecto, logró la participación del MADS, el IDEAM y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo (UNGRD), con la participación activa de los sectores productivos, los territorios y la población, apoyan la construcción del PNACC, en un proceso que se retroalimentará de manera constante al ritmo que se genere información sobre la amenaza que representa el cambio climático y las lecciones aprendidas del país y su adaptación.

Con el Plan PNACC se viene consolidando un marco conceptual para la adaptación al cambio climático, en el que definen los lineamientos que deben cumplir los *Planes Sectoriales y Territoriales de Adaptación* (DNP, 2012). En ese contexto se trazaron cuatro secciones de trabajo:

- **Primera sección:** Contexto en el que se desarrollará el PNACC.
- **Segunda sección:** Marco conceptual donde se explican los principales conceptos relacionados con la adaptación.
- **Tercera sección:** Exposición de las principales razones para promover la adaptación en Colombia.
- **Cuarta sección:** Definición de los lineamientos necesarios para realizar una adaptación planificada.

La información que brinda los inventarios de emisiones, permite proyectar los escenarios futuros de cambio climático con base en la tendencia que marquen las emisiones en el país, que hace parte del proceso de formulación de lineamientos para una adaptación planificada. En esa lógica, los inventarios de emisiones brindan información para medir el

riesgo climático, concientizan sobre el problema del cambio climático y permite la planificación del uso del territorio para la implementación de acciones de adaptación.

2.3.4 Plan Nacional de Desarrollo 2014 – 2018

El PND 2014-2018 se caracteriza por las reiteradas menciones sobre cambio climático a lo largo de documento, asociadas especialmente a aspectos como la pobreza y el desarrollo económico sectorial. No obstante, se plantean lineamientos específicos en el capítulo sobre *crecimiento verde*, a partir del reconocimiento de tres elementos ambientales fundamentales: que el crecimiento económico es una senda ambientalmente insostenible, que existen degradación de los ecosistemas, contaminación y conflictos ambientales, y que han aumentado las condiciones de riesgo a los desastres (DNP, 2015).

En ese sentido, en cuanto a cambio climático, se plantean acciones en materia de mitigación, estrategias para avanzar en la adaptación y acciones transversales habilitantes para consolidar la *Política Nacional de Cambio Climático* (Tabla 2-4).

Tabla 2-4. Lineamientos del PND 2014-2018 frente al cambio climático.

ESTRATEGIA	DETALLE
<p>Impulsar la transformación de sectores hacia sendas más eficientes y de bajo carbono</p>	<p>Se encuentra asociado a la <i>Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono</i> (ECDBC) y busca la transformación de los sectores hacia la eficiencia y el bajo consumo de carbono en los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energías renovables y eficiencia energética. - Transporte multimodal de carga y transporte urbano sostenible. - Construcción sostenible. - Gestión integral de la energía en los sectores de minas e hidrocarburos. - Gestión de pasivos ambientales. - Cadenas de valor industriales eficientes. - Turismo sostenible - Innovación y ecoinnovación.
<p>Mejorar la gestión sectorial para la disminución de impactos ambientales y en la salud asociados al desarrollo económico</p>	<p>Busca disminuir los impactos ambientales y sanitarios asociados al desarrollo de actividades productivos de pequeña escala especialmente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vivienda rural sostenible. - Reducción del mercurio en la minería de oro artesanal y de pequeña escala. - Disminución de conflictos socio ambientales asociados a la exploración y explotación de hidrocarburos y minerales. - Tratamiento de aguas residuales y reciclaje de residuos sólidos. - Salud ambiental.

Tabla 2-4 (continuación). Lineamientos del PND 2014-2018 frente al cambio climático.

ESTRATEGIA	DETALLE
<p>Conservar y asegurar el uso sostenible del capital natural marino y continental de la Nación</p>	<p>Busca asegurar la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a través del reconocimiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos como base para el desarrollo del país:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conservación de la diversidad biológica. - Gestión adecuada del <i>Sistema Nacional de Áreas Protegidas</i> (Sinap). - Reducción de la deforestación asociado a la <i>Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación</i> (REDD+). - Restauración de ecosistemas terrestres y marinos. - Política Integrada para el Desarrollo Sostenible de las zonas marinas, costeras e insulares. - Uso de instrumentos económicos y la valoración de la biodiversidad para promover la conservación y la producción sostenible.
<p>Ordenamiento integral del territorio para el desarrollo sostenible</p>	<p>Busca el ordenamiento integral del territorio, a fin de reducir los conflictos asociados al uso inadecuado y la degradación ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Unificación de lineamientos para el ordenamiento integral del Territorio. - Formulación e implementación de instrumentos de ordenamiento integral del territorio.
<p>Mejorar la calidad ambiental a partir del fortalecimiento del desempeño ambiental de los sectores productivos, buscando mejorar su competitividad</p>	<p>Busca mejorar la calidad ambiental, desde el fortalecimiento del desempeño ambiental de sectores productivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Producción y consumo sostenible, y posconsumo. - Negocios verdes. - Fomento a la biotecnología y bioprospección. - Gestión integral de sustancias químicas. - Reducción del consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono. - Manejo integrado de la contaminación, con énfasis en reconversión a tecnologías más limpias. - Gestión integral del recurso hídrico. - Planificación y la gestión ambiental urbana para el mejoramiento del bienestar social. - Gestión de la contaminación del aire. - Gestión integral del suelo.

Tabla 2-4 (continuación). Lineamientos del PND 2014-2018 frente al cambio climático.

ESTRATEGIA	DETALLE
<p>Consolidar un marco de política de cambio climático buscando su integración con la planificación ambiental, territorial y sectorial</p>	<p>Busca consolidar instrumentos normativos y de política de cambio climático para su integración en la planificación del desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Política Nacional de Cambio Climático</i>. Articula el <i>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático</i> (PNACC), la ECDBC y la Estrategia Nacional REDD+. - Fortalecimiento de las capacidades regionales para consolidar territorios adaptados y bajos en carbono. - Gestión de la información y el conocimiento en cambio climático. - Asuntos internacionales. - Financiación para el cambio climático. - Licenciamiento ambiental. - Generación de información y conocimiento en materia ambiental. - Educación, cultura y participación - Fortalecimiento de las <i>Corporaciones Autónomas Regionales</i> (CAR) y las autoridades ambientales urbanas. - Seguimiento a las recomendaciones e instrumentos de la OCDE.
<p>Fortalecer los procesos de la gestión del riesgo</p>	<p>Se busca el fortalecimiento de los procesos de conocimiento y reducción del riesgo y el manejo de los desastres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento del riesgo de desastre. - Reducción del riesgo de desastre. - Manejo de desastres.
<p>Fortalecer la planificación del desarrollo con criterios de adaptación al cambio climático</p>	<p>Busca avanzar en la implementación del PNACC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestión del conocimiento respecto al proceso de cambio climático y sus impactos. - Planificación del desarrollo para la adaptación al cambio climático
<p>Reducir el riesgo existente, la generación de nuevos riesgos y el impacto de los desastres en los sectores</p>	<p>Busca fortalecer la gestión sectorial en el diseño e implementación de acciones que permitan reducir el impacto económico y social de los desastres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vivienda, ciudad y territorio. - Transporte. - Agricultura. - Justicia y seguridad. - Hacienda y crédito público. - Minas y energía.

Fuente: adaptado de DNP (2015)

La Tabla 2-4 permite observar que el componente de cambio climático en el PND 2014-2018 se sustenta en tres políticas enmarcadas en las estrategias de adaptación y mitigación anteriormente analizadas: la Estrategia ECDBC, la Estrategia REDD+ y el Plan

PNACC, la cuales en su conjunto se pretenden articular en la *Política Nacional de Cambio Climático*.

2.3.5 Documentos del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES)

Desde 1990 hasta la fecha, se han formulado dos documentos CONPES asociados al cambio climático, uno dirigido a la venta de servicios ambientales, en el marco del mercado de emisiones, y otro, el más reciente, dirigido a la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático.

2.3.5.1 CONPES 3242 de 2003

En el 2003 se aprobó la *Estrategia Institucional para la Venta de Servicios Ambientales de Mitigación del Cambio Climático*, con el fin de promover la incursión competitiva del país en el mercado internacional de reducciones verificadas de GEI. Para ello establece un marco institucional para la definición de la política de venta de este servicio ambiental, la consolidación de una oferta de reducciones de emisiones verificadas y mercadeo internacional. La Estrategia se resume en cuatro aspectos:

- Definición de la política de venta de servicios ambientales de mitigación de cambio climático en el marco de una *Política Nacional de Cambio Climático*.
- Consolidación de una oferta de reducciones de emisiones verificadas.
- Mercadeo internacional de la oferta de reducciones verificadas de emisiones.
- Coordinación, seguimiento y evaluación de la estrategia, a cargo de la *Oficina Colombiana para la Mitigación del Cambio Climático* (DNP, 2003).

Si bien el diagnóstico del documento CONPES se sustentó en los inventarios de emisiones de 1990 y 1996, no es claro que dicho instrumento sea considerado para verificar las reducciones de emisiones sectorizadas de GEI en el país, aunque ninguno otro tiene el alcance nacional para lograrlo.

2.3.5.2 CONPES 3700 de 2011

La *Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia* fue aprobada en el 2011, con el fin de emprender acciones frente al cambio climático desde el nivel ministerial en adelante. En ella se plantearon directrices que ampliaron el espectro de acción, más allá de la esfera ambiental, dadas las afectaciones al sector productivo, a las dificultades para poder atender las necesidades de la población y a la incapacidad de garantizar el desarrollo sostenible del país. La Estrategia proyectó:

- Crear el *Sistema Nacional de Cambio Climático*, destinado a promover la internalización de la problemática en los niveles sectoriales y territoriales, por medio de

la promoción de sus propios mecanismos de adaptación y mitigación enmarcadas en unas directrices nacionales comunes.

- Conformar un comité de gestión financiera para otorgar viabilidad técnica y gestionar fuentes de financiación de los proyectos de adaptación y mitigación presentados por los sectores, territorios o agentes desarrolladores de proyectos (DNP, 2011).

Si bien el CONPES 3700 reconoce que la adaptación y la mitigación al cambio climático requieren de la disposición de información pertinente entre los niveles sectoriales y territoriales, no se existe ninguna asociación con los inventarios de emisiones como insumo para cumplir con ese requisito.

Para recapitular, se debe mencionar que la sectorización del ambiente es un hecho evidente en el que los impactos ocasionados por intensificación del efecto invernadero han ido quedando relegados a un plano secundario, detrás de los problemas sobrevenidos por la economía o el orden público, como efecto del desconocimiento de la naturaleza transversal de los temas ambientales y particularmente del cambio climático.

Eso hace que no se asuma el cambio climático como un asunto transversal de interés para el aparato productivo nacional, y que no se planteen acciones sobre cambio climático dentro de las políticas sectoriales. El caso es especialmente evidente en el sector energético, que por cuenta de los altos aportes de GEI a la atmósfera a nivel mundial, está en la obligación de liderar las acciones de largo plazo en cuanto mitigación.

Todas las naciones deben propender por la reducción en las emisiones sectoriales de GEI, pero a partir del *Principio de responsabilidad compartida pero diferenciada*, países como Colombia, con baja participación en las emisiones mundiales de GEI y alta vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, deben enfocar sus esfuerzos en formular e implementar estrategias sobre adaptación. No obstante, la realidad es que el país se ha reforzado en desarrollar estrategias orientadas a la mitigación del cambio climático, con el que busca consolidar su presencia en el mercado de emisiones.

De cualquier forma, las estrategias de mitigación o adaptación al cambio climático deben valerse de información confiable para el cumplimiento de sus objetivos como podría brindarla los inventarios de emisiones. Sin embargo, aunque ninguna de las políticas nacionales sobre cambio climático se destacó que los inventarios se constituyeran en instrumentos necesarios para el logro sus propósitos, es claro que ningún otro instrumento podría ser usado para verificar los resultados de las estrategias, principalmente por el alcance nacional de los reportes.

En ese sentido, se encuentra que los inventarios de emisiones se orientan más a evidenciar el cumplimiento de los acuerdos de la CMNUCC y el *Protocolo de Kioto*, que en servir de sustento para la formulación de políticas sobre cambio climático.

3 Incertidumbre en los inventarios de emisiones: entre lo científico y lo político

“Cuando la ciencia se aplica a temas políticos no puede proporcionar certeza en las recomendaciones públicas y los valores en conflicto en cualquier proceso de decisión no pueden ser ignorados” (Epistemología política. Ciencia con la gente. Funtowicz, Ravetz, 1993).

La ciencia y la política son dos esferas fundamentales de la civilización actual, que no las exonera de ser objeto de análisis permanente y de recibir la crítica de la sociedad. Sin embargo, es conveniente distinguir entre política y políticos, y entre ciencia y científicos.

El modelo científico predominante descansa en los postulados de la corriente *Racionalista* propuestos por René Descartes en el siglo XVII, quien estableció una dualidad entre pensamiento y cuerpo, también representada como sujeto y objeto. El *Racionalismo*, afín a la *Ilustración*, también de origen europeo, influyó profundamente en los aspectos económicos, políticos y sociales de la época, en el cual se propuso al *método deductivo* como la principal herramienta para llegar al verdadero conocimiento por encima de otras instancias como la fe, la autoridad, lo irracional o la experiencia empírica.

No obstante, sus antecedentes, el modelo científico ha sido desprovisto gradualmente del aura de credibilidad por cuenta de su incapacidad para encontrar solución a los nuevos desafíos, especialmente de índole ambiental. También se le critica su afinidad con los intereses de la racionalidad económica dominante (Leff, 2008), que los científicos adoptan ropajes de aparente imparcialidad, pero sin participar en la toma de decisiones (Kallis, 2011) y que la ciencia es falible para prever y anticipar acontecimientos catastróficos (Funtowicz & Ravetz, 1993).

La falibilidad del modelo científico para anticiparse a los acontecimientos catastróficos se hace evidente en los temas de cambio climático. En el pasado, los análisis científicos sobre cambio climático, fluctuaciones climáticas o pulsaciones climáticas no apuntaron exclusivamente a proyectar un escenario de intensificación del efecto invernadero por la emisión antropogénica de GEI, y aun hoy día, en nombre de la ciencia, se desarrollan trabajos que buscan refutar vehemente las evidencias sobre la existencia de un cambio

climático de origen antropogénico. Como resultado de esos encuentros, se han formulado diferentes agendas políticas.

3.1 Cambios de perspectiva: un juego de intereses

En las últimas décadas, la agenda política mundial se ha visto alterada por el auge de los temas ambientales como el cambio climático y se han redefinido las prioridades. Si bien la discusión sobre el calentamiento global se alimentó desde finales del siglo XIX, por la década del ochenta hubo un cambio en la perspectiva mundial por el devenir del clima, debido a un evento enmarcado en el contexto de la guerra fría: el **invierno nuclear**. Fue un fenómeno mediático que despertó la preocupación entre la población mundial por la presentación de informes titulados como “El invierno nuclear, la amenaza final” (Peterson, 1984) o “Conferencia sobre invierno nuclear” (AP-UPI, 1985) en los que se anunciaba que, según investigaciones científicas, un invierno nuclear originado por el uso de arsenales nucleares provocaría un efecto masivo de muerte por la onda expansiva y la radiación, que se seguiría por una catástrofe climática donde las temperaturas descendería por debajo cero, causada por la oscuridad de la atmósfera.

El evento recibió una gran credibilidad en la época, por la alta posibilidad de que se diera un enfrentamiento bélico entre Estados Unidos y la Unión Soviética y porque las investigaciones científicas que concluyeron ese hecho, fueron realizadas por un equipo de científicos encabezados por el Astrofísico Carl Sagan (1934-1996). Ellos establecieron equivalencias entre la amenaza invernal originada por una guerra nuclear y por la erupción del volcán Krakatoa acaecida a mediados del siglo XX. Sagan, como figura mediática, se convirtió en el abanderado de liderar la oposición a las políticas armamentistas del presidente estadounidense Reagan y este, a modo de respuesta, desmeritó el alcance de los estudios científicos de Sagan ya que para el Gobierno “un conflicto nuclear no sería tan devastador y Estados Unidos lo superaría sin grandes dificultades” (Francescutti, 2014). El invierno nuclear nunca sucedió porque tras la desaparición de la Unión Soviética, se desvaneció la amenaza nuclear y la modelización científica sobre el clima se centró más bien en proyectar un futuro considerablemente cálido, como consecuencia de las emisiones industriales.

El caso del invierno nuclear, ejemplifica la forma como la sociedad redefine sus prioridades con base en los argumentos científicos y como ello genera una respuesta política. En la actualidad, el cambio climático se ha posicionado como la principal amenaza a nivel mundial por encima de otras preocupaciones como la inestabilidad económica, el terrorismo de ISIS, el programa nuclear iraní, los ciberataques o las tensiones con Rusia (Pew Research Center, 2015).

Al respecto, los negacionistas del cambio climático, un grupo económica y políticamente influyente de grandes corporaciones estadounidenses, buscan evitar las restricciones en el uso de petróleo, gas y carbón, y han desestimado las evidencias del 97% de la comunidad científica, que asegura que el actual cambio climático es de origen

antropogénico (Rodríguez-Becerra et al., 2015). La desatención de las evidencias científicas no significa un desconocimiento de la ciencia, al contrario, los negacionistas refutan las pruebas de cambio climático de origen antropogénico con base en argumentos científicos que son para Rodríguez-Becerra et al. (2015), metodológicamente cuestionables.

Sin embargo, la estrategia de los negacionistas no ha sido infructuosa porque se encuentran presentes en el centro del poder legislativo de Estados Unidos, el principal país emisor de GEI, desde donde ejercen su influencia para modificar las decisiones de la política pública a su favor (Rodríguez-Becerra et al., 2015). Como resultado de esa influencia puede citarse la respuesta recibida por los legisladores de la cámara alta que, frente al debate sobre la construcción del oleoducto Keystone en Estados Unidos, se les preguntó si consideraban que “¿las actividades del hombre contribuyen al cambio climático?” la cual fue afirmativa en solo 50 de los 100 senadores (Puente, 2015).

Aún más, se debe citar la forma como durante la COP 21 de París, se desatendió políticamente las conclusiones de los estudios que muestran que un aumento de la temperatura más allá de los 1,5 °C al final del siglo sería “altamente peligroso”, y no se logró formular acciones concertadas en la materia. Ese hecho representa para Rodríguez-Becerra (2015) “una grave expresión del déficit de liderazgo político global”.

3.2 Lo científico en el ciclo político

Lo anterior da cuenta de los diferentes encuentros entre las esferas científicas y políticas, en el que los científicos, desde una posición de aparente imparcialidad, se convierten en actores flexibles frente al ejercicio del poder. Debido al principio de **refutabilidad** del método científico cartesiano, en la que toda proposición científica es susceptible de ser contradicha, el **pragmatismo político** surge como el mecanismo que selecciona el enfoque científico más adecuado o conveniente según las circunstancias. Morin (1984), hace un análisis más detallado y establece diferentes motivos por el cual, en palabras de Oszlak (1980), la razón política subordina la razón técnica:

- Los científicos son incapaces de pensarse asumiendo un papel determinante en la sociedad.
- Los avances en el conocimiento acarrearán un aumento en la incertidumbre.
- Los logros científicos traducidos en beneficios para una sociedad significan también logros mortíferos contra la misma.
- El progreso creciente de los poderes de la ciencia ha superado las capacidades de los científicos en la sociedad.

De esa forma se distinguen dos problemas diferentes: el del científico y el del modelo científico.

El problema del científico es analizado por Kallis (2011), quien lo define como sujeto respetado socialmente, pero sustraído de un sistema político, en el que no se ve como protagonista, porque considera que el interactuar con los políticos y con la comunidad general sobre asuntos que requieren la acción pública, no hace parte de sus responsabilidades. Esta situación es reconocida desde el *Instrumentalismo* del siglo XVIII, donde la tarea del científico terminaba al socializar las acciones que serían útiles para alcanzar algún objetivo y les delegaba a los políticos la tarea decidir las acciones a ejecutar y de asumir la responsabilidad por el buen o malo uso del conocimiento (Giuliano, 2008).

No se trata tampoco de que se declare la neutralidad de los políticos frente a los argumentos científicos como lo aclara Oszlak (1980), sino que los políticos, tomadores de decisión o planificadores, no depositen toda su confianza al pragmatismo político que tiende a priorizar los mecanismos del mercado y la tecnología, con base en la manipulación y el descrédito de los argumentos científicos cuando contradicen sus propios intereses (Leff, 2008; Morin, 1984). De esa forma se replantea el papel del científico quien es el llamado a asumir una ética de la responsabilidad y una ética del conocimiento para desarrollar de una mejor manera la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones en forma participativa (Leff, 2008) citando a (Funtowicz & Ravetz, 1993).

En la medida que la crisis ambiental es una crisis del conocimiento (Leff, 2008), desde una perspectiva ética del conocimiento surge el juicio preventivo de los riesgos o *Principio precautorio*, como un elemento que debe ser reivindicado por el científico, para evitar que sea marginalizado dentro de los procesos de toma de decisiones. De esa forma se puede aplicar una gestión científica, necesaria en temas ambientales, en el que se amplía el campo de la ciencia clásica a la post-normal (Funtowicz & Ravetz, 1993). La ciencia post-normal es afín con la incertidumbre, la impredecibilidad, el control incompleto y la pluralidad de perspectivas legítimas; útil para informar políticas públicas y conveniente para tomar decisiones en forma participativa (Leff, 2008).

3.3 Incertidumbre y política

La información, en el contexto político, es el conocimiento técnicamente racional al que aludía Oszlak (1980) para lograr la solución a las necesidades comunes. Sin embargo, independiente del rigor metodológico para adquirir la información, se reconoce que los modelamientos de los fenómenos de la naturaleza que sirven para ese propósito, no son representaciones idénticas de la realidad, haciendo que la información sea imperfecta.

Para Gómez (2015) citando a Parsons (2001), la imperfección de la información, se deriva de la imperfección de los sistemas de información debido a su capacidad finita de almacenamiento, de la precisión limitada para la medición y de la existencia de proposiciones que inherentemente inciertas. Frente a ese hecho, el mismo autor, citando a Motro y Stmets (1997), describe que se pueden adoptar dos alternativas: por un lado, restringir el modelo a una porción del mundo real que lo represente con fidelidad, y de otro, desarrollar sistemas de información que permitan reconocer la imperfección de la

modelación, afín a los postulados de la epistemología política que exponen Funtowicz y Ravetz.

Gómez (2015), cita como fuentes de la imperfección de la información, los siguientes aspectos:

- Gestión de la información cualitativa, debido a que los procesos cognitivos humanos no están basados en valores numéricos precisos, sino en valores difusos.
- Información errónea, dado cuando la información generada es diferente de la información verdadera.
- Información imprecisa que se presenta cuando la información corresponde a un conjunto de valores dentro de los que está el valor verdadero, pero no se tiene certeza acerca de cuál es ese valor. Puede ser ambigua, insuficiente o sesgada.
- Información incierta, se refiere a las situaciones en las que no se tiene confianza absoluta acerca del conocimiento de una situación presente o futura, debido a que este es limitado.
- Información descontextualizada que se refiere a la forma como el contexto o información implícita en una determinada situación, se convierte en un factor que aporta certeza a la información.

De esta forma, la imperfección de la información induce la incertidumbre, el cual es un concepto superior que se asocia a también a sorpresa, impredecibilidad y duda (Rodríguez, Lucatello, & Garza, 2008), aunque en su esencia semántica la incertidumbre hace referencia a la ausencia de certeza. Diferentes definiciones sobre incertidumbre se pueden encontrar, dependiendo del contexto: es definida como falta de conocimiento del valor verdadero de una variable (IPCC, 2006); expresión del desconocimiento debido a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o incluso cognoscible (IDEAM, 2010; IOM, 2013) e interferencia entre la actividad científica y su objetivo de predecir las acciones humanas (Lohani et al., 1997). Werner Karl Heisenberg (1901-1976), autor del *Principio de la incertidumbre*, mencionaba que la falta de certeza es incorregible debido a que “no podemos conocer el presente con todos sus detalles” (Gribbin, 2005).

La incertidumbre tiende a tener una connotación negativa en el modelo científico cartesiano, así como en el ámbito político, porque se constituye en un factor de “explosión de complejidad”, que dificulta los procesos de planeación gubernamental y provoca anomalías, eventualidades y paradojas (Rodríguez, Lucatello, & Garza, 2008). Por esa razón, si bien no se ignora la existencia de la incertidumbre, pero tampoco se considera totalmente dentro del proceso político para resolver situaciones y más bien, los tomadores de decisión, optan por evaluar que tanta incertidumbre es posible tolerar y si se hace necesario reducirla para mejorar la confianza de sus decisiones (Abrahamsson, 2002). En ese caso se advierte que, la inclinación por minimizar la incertidumbre, lleva a los tomadores de decisión a asumir posiciones conservadoras y cautelosas (Oszlak, 1980) y a formular políticas de corto plazo una forma de contrarrestarla.

Una perspectiva más propositiva sobre la incertidumbre, es aquella que la concibe como una forma de “ignorancia buena”, que aportan al esclarecimiento de los problemas fundamentales (Morin, 1984) o como un “recurso de sensatez” (Leff, 2008), que da lugar al surgimiento de una nueva racionalidad o racionalidades alternativas, desarrollada sobre una ética de la otredad y el diálogo de saberes, del que se pueden derivar políticas más efectivas.

Como expresión, la incertidumbre se puede representar mediante valores cuantitativos o cualitativos. Cuando se representa en términos **cuantitativos** hace referencia a los errores aleatorios inherentes a la variabilidad de un sistema (IPCC, 2006) y su evaluación se representa mediante niveles de confianza para expresar hasta qué punto se considera que una conclusión es correcta (IDEAM, 2010). Por el contrario, la incertidumbre representada en términos **cualitativos** hace referencia a los errores sistemáticos que pueden surgir a consecuencia de imperfecciones en la conceptualización, los modelos, las técnicas de medición u otros sistemas de registro o realización de inferencias a partir de los datos (IPCC, 2006), cuya evaluación se recomienda hacer también en términos cualitativos para facilitar su comprensión entre los tomadores de decisiones y el público (Lohani, y otros, 1997).

Además de la valoración, otro elemento necesario en el análisis de la incertidumbre es tipificación. Una, la **incertidumbre aleatoria o exógena**, se refiere a la incertidumbre que no puede ser reducida en función de la información recolectada, debido a la existencia de variables inherentes del sistema bajo estudio y que no pueden ser controladas por los tomadores de decisiones (IOM, 2013). Para Gómez (2015), la causa de esta incertidumbre se debe al comportamiento azaroso del universo que, en la práctica, nunca podrá ser eliminada por completo. El otro tipo, la **incertidumbre epistémica**, se refiere a las limitaciones brindadas por el conocimiento científico existente o la ignorancia de observador, la cual, en teoría, puede ser reducida o incluso eliminada con base en las mejoras metodológicas que se incorporen en el proceso investigativo o con investigación adicional (IOM, 2013). Una forma simplificada de entender los tipos de incertidumbre, puede ser la de evaluar al sujeto que genera conocimiento: en la forma aleatoria o exógena se atribuye a un defecto en la información, mientras que, la epistémica, se atribuye a los vacíos conceptuales del observador.

Respecto a la incertidumbre aleatoria o exógena, cabe desagregarla en las mismas tres categorías analizadas por Lohani, et al., (1997) para explicar la incertidumbre inducida por la información recolectada:

- **Incertidumbre por variación natural:** Es la fuente de incertidumbre más extendida y se atribuye a los cambios que se surten en la naturaleza y que se escapan de las variaciones tradicionales ya identificadas por la ciencia. La investigación científica no puede disminuir la variabilidad natural, pero puede mejorar la capacidad para detectarla.

- **Incertidumbre por las mediciones en el campo:** Hace referencia a las dificultades en la recolección de la información, común en países en desarrollo debido a sus disturbios políticos, deficientes servicios de energía o escasez de mano de obra calificada. Para su control se apela al diseño de protocolos de recolección de información que incluyan muestreos en áreas más grandes, más puntos de muestra, mayor frecuencia de recolección o durante períodos de tiempo más prolongados, aunque ello resulte demasiado costoso o demande gran cantidad de tiempo.
- **Incertidumbre por la calidad de los datos:** Es una de las categorías más destacable. Su aceptación dependerá del objeto para el cual se vaya a utilizar la información generada y especialmente del criterio de los tomadores de decisión, razón por la cual se recomienda su participación en los procesos de gestión de calidad de la información en donde se dimensionen las consecuencias de tomar una decisión incorrecta a partir de la información recolectada. Adicionalmente para que participen en la determinación de los parámetros a medir, hagan parte de la decisión del tipo de diseño de recopilación de datos y evalúen la efectividad de hacer uso de estudios anteriores. La calidad de los datos está estrechamente relacionada con la incertidumbre derivada de las mediciones de campo, de forma que se puede ver afectada por los aspectos de la gestión institucional como interrupciones del presupuesto y cambios en la política.

3.4 Incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI: casos internacionales

Los inventarios nacionales de emisiones de GEI se constituyen en los reportes más importantes con los que cuenta un país para cuantificar la cantidad de GEI que sectorialmente se emiten durante un periodo de tiempo determinado. Ello requiere el despliegue de importantes esfuerzos técnicos y administrativos a nivel nacional que, no obstante, lo voluntariosos que estos sean, nunca serán suficientes para evitar su falta de certeza (González et al., 1997).

Esta falta de certeza en los inventarios de emisiones no es deseable cuando se aspira a participar en el mercado de emisiones, porque ello induce inconsistencias entre las emisiones de GEI estimadas de CO₂ eq y los montos negociados (Rypdal & Winiwarter, 2001). También afecta los procesos de verificación del cumplimiento de los requisitos del *Protocolo de Kioto* (Monni, Syri, & Savolainen, 2003), dificulta la revisión de los inventarios de GEI (Monni, Syri, & Savolainen, 2004), afecta la gestión de recursos financieros (Rypdal & Winiwarter, 2001) y crea dudas sobre la eficiencia de las estrategias de reducción de las emisiones de GEI o mitigación (Vicuña, 2013).

En condiciones de rigurosidad, el IPCC destaca ocho las causas de la incertidumbre en los inventarios de GEI, las cuales pueden ser tanto del tipo aleatorio como epistémico, según lo revisado en el numeral anterior.

Tabla 3-1. Causas de la incertidumbre aleatorio o exógeno en los inventarios de GEI.

CAUSA	DETALLE	TIPO DE INCERTIDUMBRE
Falta de exhaustividad	Está asociado a una conceptualización incompleta del objeto presente, por la ausencia de un método de medición que se traduce en sesgo, pero también puede contribuir a un error aleatorio, según la situación.	Epistémica por limitaciones en el conocimiento científico
Modelo (sesgo y errores aleatorios),	Se refiere a los problemas de incertidumbre relacionados con la representación matemática del objeto medido y que puede contener incertidumbre por diversos motivos: <ul style="list-style-type: none"> • Modelos simplificados de los sistemas reales, pero no exactos. • Incertidumbre asociada a la interpolación. • Incertidumbre asociada a la extrapolación. • Formulaciones alternativas del modelo. • La alimentación de los modelos hechos con datos y parámetros aproximados sobre la base de la información limitada. 	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos
Falta de datos	Es la ausencia de información necesaria para caracterizar una emisión particular, en cuyo caso se apela al uso de datos sustitutos desde las categorías análogas, la interpolación o la extrapolación.	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos
Falta de representatividad de los datos	Se refiere a la falta de correspondencia entre los datos disponibles y la actividad real. La falta de representatividad suele traducirse en sesgo.	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos
Error de muestreo aleatorio estadístico	Se asocia con los datos que se recolectan a partir de muestras aleatorias de tamaño finito y suele depender de la varianza de la población, de la cual se extrae la muestra y el tamaño de la muestra en sí (cantidad de puntos de datos).	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos
Error de medición	Se refiere a los errores producidos en las etapas de medir, registrar y transmitir la información, debido a la baja resolución de los instrumentos de medición, los valores inexactos de las constantes, parámetros obtenidos a partir de fuentes externas, aproximaciones e hipótesis incluidas en el método de medición y los errores por la medición repetida de las emisiones de GEI entre otros.	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos

Tabla 3-1 (continuación). Causas de la incertidumbre aleatorio o exógeno en los inventarios de GEI.

CAUSA	DETALLE	TIPO DE INCERTIDUMBRE
Generación de informes o clasificación errónea	Corresponde a la definición incompleta, poco clara o errónea de una emisión o absorción, que causa incertidumbre y suele traducirse en sesgo.	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos
Datos faltantes	A diferencia de los factores asociados a la falta de datos, en este caso se hace referencia a la ausencia de valor en el proceso de medición y que puede deberse por ejemplo a la incapacidad de hacer alguna medición por debajo del límite de detección.	Aleatoria o exógena por las mediciones en campo y la calidad de los datos

Fuente. Adaptado de IPCC (2006).

En general se observa que la mayoría de causas de incertidumbre existentes en los inventarios de emisiones, se debe al tipo aleatorio o exógeno, sin embargo, no se puede obviar el hecho explicado por Gómez (2015) respecto a que el conocimiento absoluto no existe, por lo que siempre existirá un factor de incertidumbre epistémica. En la práctica, bajo condiciones de rigurosidad al momento de elaborar un inventario de emisiones, el tipo de incertidumbre tenderá a ser aleatorio o exógeno, ya sea por falla en las mediciones o la calidad de los datos. Eso es inducido a su vez por el contexto nacional como las interrupciones del presupuesto y los cambios en la política.

Desde una perspectiva metodológica, en los análisis de incertidumbre contenidos en la mayoría de inventarios de emisiones, por lo general, resumen como causante los *datos de actividad* y de los *factores de emisión*, los cuales también inciden en las tendencias y comportamientos.

Algunas fuentes de incertidumbres pueden generar estimaciones bien definidas y fáciles de caracterizar del rango del error potencial, sin embargo, otras fuentes de incertidumbre pueden ser mucho más difíciles de caracterizar. Por esta razón, se ha utilizado una metodología que permite contabilizar las incertidumbres estadísticamente bien definidas y la información menos específica que caracteriza otras formas de incertidumbres y permite combinar esta información en una caracterización de la incertidumbre del inventario en su totalidad y de sus componentes (MDSP, 2003).

Esa modelación matemática de la incertidumbre, es llevada a cabo por las entidades nacionales encargadas de elaborar los inventarios de emisiones y su exhaustividad dependerá de la capacidad de los países para llevar el procedimiento y del interés de los países por conocerla (y disminuirla). En efecto, existen dos tipos de análisis: el nivel 1,

donde se acude a supuestos simplificados para estimar la incertidumbre de las categorías de fuentes; y el nivel 2 o *análisis de Monte Carlo*, que permite evaluar incertidumbres complejas en función de densidad de probabilidad, correlación y ecuaciones de estimación de emisiones, entre otras (IPCC, 2000).

Hasta este momento se ha tratado el tema de la incertidumbre de los inventarios de emisiones en forma general, aunque que se ha hecho alusión de como la estructura institucional, científica y política de los países en desarrollo, repercuten favorablemente al momento de reducir la incertidumbre aleatoria o exógena. Por esa razón se hace una revisión, se hace una revisión de la incertidumbre contenida en los inventarios nacionales de GEI diferentes países, para develar generalidades y diferencias frente al caso colombiano.

Con base en los análisis hechos en dos documentos⁸⁹ que estudian de manera conjunta los inventarios de emisiones de México, Estados Unidos, Canadá, Chile, Uruguay y Bolivia, se hace una revisión más detallada de los inventarios de esos países y se presenta la forma como dichos inventarios abordan el tema de la incertidumbre y cuáles son los lineamientos políticos que se derivan de esos reportes.

3.4.1 México

México es Parte no incluida en el anexo I de la CMNUCC, que le permite que, en la medida de sus posibilidades, comunique a la COP el inventario nacional de sus emisiones de GEI.

En el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*, México usó el enfoque por defecto nivel 1 y 2 para estimar la incertidumbre de todas las categorías de fuentes (no por fuente individual), y a diferencia de Estados Unidos y Canadá, no encomendó el inventario a los expertos para su revisión formal antes de presentarlo a la CMNUCC, como lo recomienda el IPCC para reducir la incertidumbre.

A nivel estatal (orden subnacional), también se elaboran inventarios de GEI que no estiman la incertidumbre, en los que las entidades federativas usan datos sobre la magnitud de sus emisiones como fundamento para la adopción de medidas de mitigación y la formulación de recomendaciones de planes estatales de acción climática.

En el caso del inventario mexicano, las incertidumbres están asociadas tanto a los factores de emisión elegidos para cada fuente como a los datos de actividad empleados en las estimaciones. Para este inventario se utiliza la metodología del nivel 1 (Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificados), con el que se

⁸ Evaluación de la comparabilidad de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero y carbono negro en América del Norte (CCA, 2012).

⁹ Estudio sobre los inventarios de gases de efecto invernadero en América Latina (Vicuña, 2013).

calcularon los valores de incertidumbre asociados a las estimaciones anuales de emisiones (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Incertidumbre combinada en el inventario de emisiones de México entre 1990-2010, por fuente de emisión.

MODULO ¹⁰	INCERTIDUMBRE COMBINADA ¹¹
Energía	2,1%
Procesos Industriales	2,1%
Agricultura	1,8%
USCUSS	2,5%
Residuos o Desechos	3,6%
Total estimado	5,6%

Fuente. SEMARNAT (2013).

En México, el sector que emitió la mayor cantidad de GEI fue el energético, con 420.697 gigagramos (Gg), sin embargo, en términos de incertidumbre, el sector que arrojó el valor más alto fue *Residuos* con 3,6%, mientras que el menor fue el sector *Agricultura* con 1,8%.

En el nivel Federal, las proyecciones del Inventario de emisiones, son el punto de partida para que los Estados comiencen a tener conocimiento integral de las emisiones actuales y de las posibles emisiones futuras de GEI de cada uno de ellos, que permiten formular planes de acción climática. En este marco surgen los *Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático*, que se constituyen en instrumentos gubernamental de orden subnacional que ayuda a coordinar las acciones federales para establecer metas cuantitativas de mitigación y adaptación, que a nivel Nacional no sucede (CCA, 2012).

3.4.2 Estados Unidos

Estados Unidos es Parte incluida en el anexo I de la CMNUCC, por la que debe “elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar... inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal”. Eso le representa a ese país contar con una estructura institucional de transmisión de la información ya consolidada, que le permite dar respuesta anual al compromiso.

Además de los inventarios nacionales de GEI que se presentan ante la CMNUCC, 31 Estados han formulado también sus propios inventarios subnacionales y también se han

¹⁰ También llamado Sector o Categoría.

¹¹ La incertidumbre de las emisiones estimada para cada fuente es una combinación de las incertidumbres de los factores de emisión y de los datos de actividad correspondiente.

creado diversas iniciativas regionales como la *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI) y la *Western Climate Initiative* (WCI).

Particularmente, en el Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de 1990 – 2009¹², la incertidumbre se estima con base en los métodos nivel 1 y 2 recomendados por IPCC. No se hizo la integración directa de modelos de incertidumbre para todas las categorías de fuentes de emisiones a fin de desarrollar estimaciones de incertidumbre en general, por lo que se usa un enfoque alterno (Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Rango de incertidumbres relativas a las emisiones estimadas en Estados Unidos en 2009, por categoría de gas.

CATEGORÍA DE GAS	RANGO DE INCERTIDUMBRE
CO ₂	-1% - 6%
CH ₄	-9% - 17%
N ₂ O	-11% - 44%
PFC, HFC, SF ₆	-6% - 7%
Total	-1% - 6%

Fuente. EPA (2016)

Las emisiones de ese país en el 2009 fueron de 6.630 Tg de CO₂ eq¹³, por lo que, según los resultados globales, la incertidumbre en inventario estadounidense del 2009 estará dentro del intervalo de aproximadamente 6.584 a 7.034 Tg de CO₂ eq. El intervalo de incertidumbre de las emisiones totales de CO₂, asociado al sector energético, que constituyen alrededor del 83 por ciento del total de las emisiones de GEI de Estados Unidos en 2009, es el más bajo, en comparación con el N₂O, asociado especialmente a Residuos y Agricultura.

En una posición media se encuentra la incertidumbre de los PFC, HFC y SF₆ que son los gases con mayor poder de calentamiento, aunque las emisiones más bajas de EEUU con 143,3 Tg de CO₂ eq. Dicho resultado puede ser la respuesta a la falta de datos o de una comprensión incompleta de cómo se generan las emisiones.

En el caso estadounidense, los inventarios subnacionales, alimentan el inventario Nacional y se constituyen en puntos de partida para la formulación de planes de acción climática. Algunos de ellos son elaborados por requerimiento de ley como en el caso de California (Ley 32 de la Asamblea (AB32)) con el que se busca reducir las emisiones de GEI. En efecto, para dar seguimiento a las emisiones de GEI y avanzar hacia la consecución de las

¹² *Inventory of US Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990 – 2009*

¹³ Teragramos de dióxido de carbono equivalente

metas fijadas para 2020 y 2050, California desarrolló un inventario de GEI a cargo del Consejo de Recursos del Aire.

Otros inventarios subnacionales son preparados como primer paso del proceso de planeación de acciones climáticas y utilizados para desarrollar objetivos y metas de reducción de GEI. Por ejemplo, el inventario de GEI de Colorado sirvió de base para su proceso de establecimiento de metas de disminución de dichos gases. De cualquier manera, se debe advertir que la mayoría de inventarios subnacionales no estiman la incertidumbre.

En general, los inventarios están sometidos a estimar las emisiones de GEI, dependiendo de la disponibilidad de datos. Por ejemplo, en el sector energía, se dispone de datos de consumo de combustible, pero se dificulta obtener los datos sobre el tipo específico de tecnología de combustión por lo que se acude con frecuencia al uso de factores de emisión por defecto.

Para Estados Unidos, el inventario de emisiones debe ser un documento neutral en cuanto a políticas se refiere, por lo que el documento no menciona estrategias para reducir las emisiones futuras de GEI, sino que se centra exclusivamente en la estimación exacta de las emisiones de 1990 a la fecha y en la documentación de las tendencias históricas en las emisiones (CCA, 2012).

3.4.3 Canadá

Canadá es un país incluido en el anexo I de la CMNUCC, por lo cual debe “elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar... inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal”.

La evaluación de la incertidumbre del inventario canadiense (Tabla 3-4), considera en algunos casos, la aplicación del nivel 2 en el orden sectorial, en combinación con el nivel 1. Al respecto, para estimar la incertidumbre en el 2009, no se incluyó las emisiones por cambio en el uso del suelo, debido a la incidencia que puede tener en materia de incertidumbre y que puede enmascarar otros resultados.

Similar a los que sucede en EEUU, el CO₂ es el gas que tiene mayor participación en las emisiones canadienses con un 79%, seguido del CH₄ con 13% y N₂O con 7%. Ese resultado se presenta principalmente en el sector energético, debido a que las fuentes de combustión (incluida la quema de madera residencial) y el transporte aportan el 74% de las emisiones del país, aunque se destaca que la incertidumbre que induce ese sector es la menor con 2,4%. En contraste, se observa que los sectores que inducen mayor incertidumbre son Agricultura y Residuos, con 39% y 34,4% respectivamente, aunque en ellos se concentran las emisiones de CH₄ y N₂O.

Tabla 3-4. Incertidumbre en el inventario de emisiones de Canadá (2009), por fuente de emisión.

MODULO	INCERTIDUMBRE
Energía	± 2,4%
Procesos Industriales	± 7,6%
Agricultura	± 39%
Residuos o Desechos	± 34,4%
Total estimado	± 3.9%

Fuente. (Canadá, 2016)

Dicha información traza lineamientos de acción para los tomadores de decisión, tomando como base los reportes de emisiones de GEI por provincia o territorio, con los cuales se construye el inventario Nacional. Se sabe que 5 de las 10 provincias y tres territorios de Canadá, han preparado por lo menos un inventario de GEI, independiente del inventario Nacional, con el propósito de informar y promover la participación comunitaria hacia la formulación de programas de reducción de las emisiones por medio de diversas estrategias lideradas por las mismas personas (CCA, 2012).

En efecto, los inventarios subnacionales permiten establecer metas y políticas de reducción a partir de la formulación aplicables a ciertos sectores que superen los umbrales establecidos. Por ejemplo, en Quebec y Columbia Británica, las instalaciones que emiten más de 10.000 t CO₂ eq deben declarar sus emisiones. En Ontario, todos los emisores dentro de ciertos sectores están obligados a declarar y las instalaciones que emiten más de 25.000 t CO₂ eq deben solicitar a un tercero que verifique sus emisiones estimadas. En Alberta, las instalaciones industriales que emiten más de 50.000 t CO₂ eq están obligadas a presentar informes anuales de sus emisiones de GEI. A pesar de esas iniciativas, la mayoría de esos inventarios subnacionales carecen de análisis de incertidumbre y se presume que ello afectando los objetivos que se trazan durante su formulación.

En términos generales, los inventarios de Canadá y Estados Unidos son de gran calidad, por la representatividad de los datos usados en su elaboración como consecuencia de las actualizaciones permanentes de su información de base; ese hecho repercute en favor de la reducción de la incertidumbre. Además, Canada y Estados Unidos cuentan con una estructura de información consolidada, con base en diversas fuentes de información pública y privada, que les ha permitido a estos países, superar metodológicamente el trabajo de México (CCA, 2012).

3.4.4 Chile

Chile es un país no incluido en el anexo I de la CMNUCC, por lo que no se encuentra obligado a comunicar a la COP el inventario nacional de sus emisiones de GEI, sino solo cuando sus posibilidades lo permitan.

A partir de la revisión del *Inventario de Nacional de Gases de Efecto invernadero de Chile, Serie Temporal 1990 – 2010*, se menciona que los sectores Energía, Agricultura, y Residuos y Procesos industriales entre los años 1994 y 2010 fueron los sectores que mostraron mayor participación en las emisiones chilenas, que además mostraron permanentemente un aumento en sus emisiones. En general, el balance para de las emisiones para el 2010 fue de 41.698 Gg de CO₂ eq, incluyendo el sector USCUS, y de 91.575 Gg de CO₂ eq sin el sector USCUS, que evidencia la importancia de este sector como sumidero de GEI en Chile.

Para la estimación de la incertidumbre, se aplicó el nivel o método 1, que estima las incertidumbres mediante la ecuación de propagación del error en dos pasos: primero se combina la incertidumbre del factor de emisión, los datos de actividad y otros rangos de parámetros de estimación por categoría y GEI, y luego se adicionan las incertidumbres (MMA, 2014). A pesar de que el documento destaca detalles metodológicos para el cálculo de la incertidumbre, no muestra sus resultados, sino solo sus conclusiones:

- Los sectores que mayor aportan a la incertidumbre (contribución a la varianza) del año 2010 son el sector USCUS¹⁴, seguido del sector Agricultura, el sector Residuos, el sector Energía y por último el sector Procesos industriales.
- En el sector USCUS, las fuentes de incertidumbre más importantes son emisiones y absorciones de CO₂ en las tierras forestales que permanecen como tales, seguidas de las emisiones de CO₂ en las tierras convertidas en tierras forestales.
- En el sector Agricultura, las fuentes de incertidumbre más importantes son las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados, seguidas de las emisiones indirectas de N₂O en los suelos gestionados, y emisiones de CH₄ en fermentación entérica del ganado bovino.
- En el sector Energía, las fuentes de incertidumbre más importantes son las emisiones fugitivas de CH₄ de la extracción de petróleo y gas natural, lo siguen las emisiones de CO₂ de los combustibles sólidos en la producción de electricidad y calor, y las emisiones de CO₂ en los combustibles líquidos utilizados en los automóviles.
- En el sector Procesos industriales, las fuentes de incertidumbre más importantes son las emisiones de N₂O en la producción de ácido nítrico, seguido de emisiones de CO₂ en la producción de cemento, y emisiones de CO₂ en la producción de cal.

¹⁴ Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, también conocido como USCUS

- En la mayoría de los casos, la incertidumbre del inventario de emisiones está asociada al uso de factores de emisión por defecto.

En el plano político, el Gobierno de Chile, a través de la Oficina de Cambio Climático (OCC) del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), está coordinando a nivel nacional diferentes iniciativas para reducir las emisiones de GEI, con el fin de propender hacia un desarrollo sustentable, resiliente y bajo en carbono. Considerado un eje estratégico, el trabajo orientado a la mitigación busca identificar y fomentar las opciones de mitigación más costo efectivas para Chile en los diversos sectores productivos dentro del corto, mediano y largo plazo, en un escenario multiactor, que permita incluir a los sectores público y privado, a la academia y a la sociedad civil.

La información que presenta el inventario entrega el contexto y la base para entender la relevancia de las acciones de mitigación sectoriales, dado que la gradualidad de la implementación de estas acciones eventualmente se verá reflejada en la tendencia de las emisiones de GEI del país. Las directrices más importantes a nivel sectorial son:

- **Energía:** se han tomado medidas en búsqueda de mejorar la institucionalidad, de introducir energías renovables no convencionales, transitar hacia una matriz más limpia y un uso más eficiente de la energía, y a su vez reducir las emisiones de GEI del sector energía.
- **Transporte:** en los últimos años, se han tomado una serie de medidas en materia de investigación, fortalecimiento institucional, generación de políticas y regulación, en búsqueda de mejorar la gestión de los sistemas de transporte y resguardar el derecho de los usuarios, que también tienen un impacto en la reducción de emisiones de GEI.
- **USCUSS:** este sector en Chile es el único que contabiliza absorciones de GEI por lo que se han promovido una serie de regulaciones y de programas destinados a la transferencia de tecnología, la innovación y el apoyo financiero a pequeños productores, con el fin de potenciar la productividad y competitividad de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales.
- **Residuos:** en materia institucional, política y regulatoria, el Gobierno ha tomado una serie de medidas en búsqueda de mejorar la gestión integral de residuos, reducir la disposición final en instalaciones ilegales y mejorar las exigencias sanitarias, todo ello dirigido a la mitigación de GEI (MMA, 2014).

3.4.5 Uruguay

Al igual que otros países de Latinoamérica, Uruguay no es un país incluido en el anexo I de la CMNUCC y no se encuentra obligado, por esa razón, a comunicar sus inventarios de emisiones sino solo cuando sus circunstancias lo permitan.

Con base en la revisión de la *Tercera Comunicación Nacional de Uruguay* del 2010, que contiene el *Inventario de Gases de Efecto Invernadero del 2004*, se encontró que Uruguay emitió 5.439,81 Gg de CO₂ eq a la atmósfera, de los cuales, el que sector energético aportó

el 94%. Al respecto se muestra también dos elementos que le brindan buena reputación a la gestión de Uruguay en cuanto a las acciones de mitigación:

- De un lado, que entre 1990 y 2004, las emisiones totales nacionales disminuyeron aproximadamente el 11,3%, debido principalmente a la gran absorción de CO₂ por parte de la biomasa leñosa y los suelos.
- De otro, precisamente asociado al anterior, que el sector USCUS, capturó 10.349 Gg de CO₂ eq, cifra que duplica aproximadamente las emisiones de ese país en ese año.

Para el análisis de la incertidumbre del inventario, se establece que las estimaciones de las incertidumbres de las emisiones y remociones de GEI son un elemento esencial de un inventario de emisiones completo, y no están orientadas a cuestionar la validez de las estimaciones del mismo sino a identificar los sectores donde mayores esfuerzos deberán ser destinados en futuros inventarios para mejorar la exactitud de los mismos y orientar las decisiones sobre la elección de las metodologías de cálculos. Allí, las estimaciones de las emisiones y remociones de GEI presentan incertidumbres debidas principalmente a los datos de actividad y a los factores de emisión. Desde un enfoque cualitativo, se explica las causas de las incertidumbres y se clasifica en Bajas (B), Medias (M) y Alta (A) (Tabla 3-5).

Tabla 3-5. Calificación cualitativa de las incertidumbres en las emisiones de GEI de Uruguay (2010), por fuente de emisión.

FUENTE	GEI								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM ¹⁵	SO ₂	HFC	SF ₆
Energía	B	A	M	B	M	B	M		
Procesos industriales	B			M	M	M	M	M	M
Solventes y Usos de otros productos									
Agricultura		M	M	M	M				
USCUS	A								
Desechos		M	M						

Fuente. (MVOTMA, 2010)

Según ese análisis, el sector Energía, presenta la incertidumbre más baja en las emisiones de CO₂, NO_x y los Compuestos Orgánicos Diferentes del Metano (COVDM), que son gases asociados a la combustión de hidrocarburos, pero a la vez muestra alta incertidumbre en las emisiones de CH₄ (por combustión de biomasa), debido al uso de *factores de emisión* para su cálculo.

En el sector USCUS, aunque no se le estimó incertidumbres, se presume que las mismas son elevadas, tanto por la incertidumbre en los datos de la actividad como en los factores de emisión.

¹⁵ Compuestos Orgánicos Diferentes del Metano

En general, el documento no entrega un análisis cuantitativo consolidado de las incertidumbres ni por *datos de actividad* ni por *factores de emisión*, aunque se sabe que están asociada mayoritariamente a los factores de emisión recomendados por el IPCC.

Con ese marco, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), ha definido que los inventarios de emisiones provén información para el desarrollo de políticas y medidas de mitigación (MVOTMA, 2016), entre los que se cuenta:

El *Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático* (PNRCC), del 2010. Es fundamentalmente un marco estratégico que identifica las líneas de acción y medidas necesarias para mitigar las emisiones de GEI en el Uruguay y para lograr la adaptación de la sociedad y sus principales sectores de desarrollo a los impactos derivados de la variabilidad y el cambio climático.

La *Cartera Nacional de Proyectos*, se constituye en una estrategia integral Nacional, que hace énfasis en el logro de resultados transversales que beneficien a varios sectores en forma simultánea, sin dejar de considerar las particularidades del territorio y de cada sector, en forma individual. La *Cartera*, sustenta con propuestas el PNRCC.

Mecanismos para un desarrollo limpio (MDL), que se sustentan en lo acordado en el Protocolo de Kyoto, respecto a desarrollar proyectos que generen reducción de emisiones, en territorios de las Partes No Anexo I (Países en desarrollo). Entre esos proyectos, el MVOTMA destaca: Sustitución parcial de Combustibles Fósiles por Combustibles Alternativos en el Proceso de Fabricación de Cemento; Captura y Combustión del gas de Relleno Sanitario de Montevideo; Generación Eléctrica a partir de Biomasa en Fray Bentos y Generación de energía eléctrica a partir de cáscara de arroz (SNRCC, 2011).

3.4.6 Bolivia

Bolivia, como país no incluido en el anexo I de la CMNUCC no se encuentra obligado a comunicar los inventarios de emisiones a la COP. En ese marco ha presentado el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia para la Década 1990 – 2000 y su Análisis Tendencial*.

Para el año 2000, se encontró que Bolivia había emitido 72.826 Gg de CO₂ eq, de los cuales el mayor porcentaje (46,7%) correspondió a las emisiones por CO₂, seguido de las emisiones por CH₄ (22,3%). Ese comportamiento se atribuye a las emisiones del sector USCUS y del sector Agrícola respectivamente.

Idealmente las estimaciones de las emisiones y los rangos de incertidumbres deberían derivarse de datos medidos para cada fuente, pero debido a que no es práctico medir cada fuente de emisión, las estimaciones se basan en las características ya conocidas que son representativas de toda la población. Esa generalización introduce incertidumbres

adicionales, porque se asume que la población de estas fuentes tiene un comportamiento promedio, como las fuentes medidas.

Algunas veces es suficiente conocer estas fuentes típicas para determinar empíricamente sus distribuciones de incertidumbre, sin embargo, en la práctica, las incertidumbres se estiman como combinación de datos medidos disponibles y el juicio de expertos. Ese hecho es particularmente visible en el caso de los sectores de Procesos Industriales y Residuos se ha utilizado una metodología particular de carácter cualitativo para valorar el grado de incertidumbre de las estimaciones.

Tabla 3-6. Incertidumbre combinada del total de emisiones sectoriales de Bolivia en el año 2000, por fuente de emisión.

MODULO ¹⁶	INCERTIDUMBRE ¹⁷
Energía	6,84%
Procesos Industriales*	CO ₂ : 10-20% CO: 10-20% COVDM: 21-60% NO _x : 10-30% SO ₂ : 10-30% HFC: >60% SF ₆ : 31-60%
Agricultura	50,86%
USCUSS	22,04%
Residuos o Desechos*	CH ₄ : 21 -30% N ₂ O: 10 -20%

* Estimadas mediante el método de *esquemas de clasificación* del IPCC

Fuente. (MDSP, 2003)

La estructura política de Bolivia frente al cambio climático, considera las políticas a nivel macro y los programas sectoriales de adaptación de los cuales no se encuentra mayor información.

Las políticas a nivel macro incluye la Evaluación nacional sobre la vulnerabilidad y los impactos. Este documento es importante porque hace una evaluación nacional respecto a la vulnerabilidad y los impactos, con el que se sustenta el *Mecanismo Nacional de Adaptación*. Al respecto, se menciona que la mayoría de los datos utilizados son anteriores al 2005, por lo que en ciertos aspectos ha quedado desactualizado. Además, los impactos previstos en algunas zonas no se han confirmado. Por ejemplo, sobre agricultura se afirma

¹⁶ También llamado Sector o Categoría.

¹⁷ La incertidumbre de las emisiones estimada para cada fuente es una combinación de las incertidumbres de los factores de emisión y de los datos de actividad correspondiente.

que el cambio climático no necesariamente impactará negativamente dicha actividad, sin embargo, en los últimos años, esa proyección no se cumplió.

Por ello, en el *Análisis Institucional sobre la Adaptación al Cambio Climático en Bolivia*, se concluye que es importante contar con una evaluación sobre la vulnerabilidad e impactos actualizada a la luz de las nuevas investigaciones y de los fuertes impactos que han ocurrido en los últimos años. La misma que debiera ser elaborada con una metodología transparente y con la participación de una amplia gama de especialistas, y además ser revisado por los mejores especialistas.

También se ha propuesto como línea de acción política, la priorización del proceso de planificación para la adaptación y para la mejor utilización de los recursos disponibles, ya que es imposible dedicar iguales esfuerzos a todos los sectores y a todas las regiones del país. La priorización también debería incluir a las poblaciones que son más vulnerables al cambio climático para no sufran un continuo deterioro de sus condiciones de vida debido a los impactos. La priorización para la adaptación requiere contar con la información sobre las regiones donde los impactos del cambio climático son más fuertes, así como sobre la vulnerabilidad diferenciada de las diferentes poblaciones (Flores, 2011).

3.5 Aspectos convergentes sobre incertidumbre en los inventarios de emisiones

Con base en los inventarios de emisiones revisados, independiente del contexto de desarrollo del país (Anexo I, o No Anexo I), se pudo establecer que hay ciertos gases y ciertos sectores que inducen mayor incertidumbre en los inventarios que otros.

En el caso de los análisis por tipo de gas, se encontró que el N₂O es uno de los gases que más induce mayor incertidumbre, como en el inventario de Estados Unidos. Esto se explica porque el N₂O, especialmente relacionado con la dinámica de los suelos agrícolas, introducen altas incertidumbres por la dificultad para estimar su emisión, de la misma forma que sucede con el CH₄, PFC, HFC y SF₆ (Rypdal & Winiwarter, 2001). Al respecto es pertinente mencionar que los países generalmente relacionados con economías agrícolas, reportan alta incertidumbre global de sus inventarios por las altas emisiones de N₂O, mientras que aquellos países con baja emisiones de N₂O y CH₄, reportan bajas incertidumbres de sus inventarios (Monni, Syri, & Savolainen, 2004).

Por su parte, el CO₂, asociado especialmente al sector Energía, induce menor incertidumbre global en los inventarios de emisiones comparado con el mayor aporte de los demás sectores (Vicuña, 2013). Ese hecho es más evidente cuando el país es desarrollado, porque las emisiones de CO₂ del sector Energía, son el componente mayoritario (Rypdal & Winiwarter, 2001; Monni, Syri, & Savolainen, 2003).

Lo anterior muestra como el N₂O y el CO₂ tienen la capacidad de inducir mayor o menor incertidumbre, siempre que estén asociados a un sector productivo, lo cual permite

confirmar la conclusión de Monni, Syri, y Savolainen (2003), para quienes la incertidumbre es definida más por la fuente de emisión que por el tipo de gas.

Para estos autores, hay una diferencia entre el sector energético y los no energéticos, especialmente en los países desarrollados, donde se induce menor incertidumbre en sus inventarios de emisiones. Eso se debe a que el sector Energía provee mejor calidad de información con lo que induce menor incertidumbre frente a los sectores no energéticos, cuyas emisiones proceden de fuentes naturales y son difícilmente evaluables e inducen incertidumbres muy altas (MDSP, 2003).

Eso evidencia entonces que la alta incertidumbre de los sectores no energéticos se debe a problemas en la información, incluida la que se desconoce por falta de desagregación espacial y temporal que enmascara lo que sucede en niveles más detallados de los procesos. Al respecto, se menciona que por ejemplo como Austria, enfrenta el reto de mejorar la calidad de sus inventarios, teniendo en cuenta que tiene la cobertura boscosa de cerca del 40% de su territorio nacional que dificulta la evaluación de su incertidumbre (Winiwarter & Rypda, 2001), o Finlandia que cuenta con grandes depósitos de turba y que se constituye para ellos en una fuente de difícil evaluación (Monni, Syri, & Savolainen, 2003). Por esa razón, en los inventarios de Canadá o Estados Unidos, se hacen cálculos globales con y sin el sector de USCUSS, dada la alta incertidumbre que induce este sector a sus inventarios, atribuido a la poca información sobre los contenidos de biomasa en los distintos tipos de bosques a nivel nacional.

En muchos casos, frente a la poca información, se acude, como práctica común, a completar la información faltante con las estimaciones obtenidas en los inventarios de otros países o con los parámetros recomendados por el IPCC (Rypdal & Winiwarter, 2001). Si bien la práctica es recomendada, su validez es cuestionada por las experiencias como las de El Salvador, donde la falta de información para evaluar las emisiones generadas por los suelos agrícolas, se sustituyó con parámetros recomendados por el IPCC, e indujo un aumento de la incertidumbre en los inventarios de emisiones como se comprobó más adelante (Vicuña, 2013). Eso se debe a que parámetros del IPCC o factores de emisión son aproximaciones que no logran caracterizar la complejidad de la naturaleza y que uso debe ser cuidadosamente analizado según las circunstancias del país.

De esta forma se entiende que antes que analizar la incertidumbre global de un inventario, lo que se debe es pensar en las incertidumbres diferenciadas entre los GEI y entre los sectores que los emiten (Rypdal & Winiwarter, 2001). Para ellos estos autores, dicha caracterización es importante en un proceso de comercio de emisiones, porque los GEI o los sectores que por cuenta de su difícil evaluación induzcan alta incertidumbre, no deberían considerarse en el proceso, así sea que ello limite las opciones solamente al sector Energía.

En ese sentido, se considera estratégico, para reducir la incertidumbre de los inventarios de emisión, actuar sobre las fuentes de emisión más representativas, con el fin de enfocar

los recursos disponibles y priorizar el gasto. Por ejemplo, el gobierno de Bolivia apostó por elaborar un *Censo Agropecuario* en 1994, para reducir la incertidumbre de su inventario de emisiones, bajo la estrategia de ampliar la cobertura de recolección de información a nivel nacional, más allá de lo que se podía lograr con las encuestas agrícolas. En Colombia, con el *Censo Nacional Agropecuario* del 2014, se puede esperar una situación similar ya que la información agrícola que sirve de insumo para la elaboración del inventario del sector Agricultura, ha sido brindada fundamentalmente por la *Encuesta Nacional Agrícola* (ENA), que, si bien se lleva a cabo anualmente, no cuenta con la representatividad que puede brindar el censo.

3.6 Incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI en Colombia

En la estimación de un inventario de GEI se encuentra generalmente que las emisiones y absorciones calculadas son diferentes de las reales por diferentes causas como la falta de exhaustividad de las fuentes de datos, errores de medición, precisión de los instrumentos entre otros. Un análisis detallado por sector se puede encontrar en la Tabla 3-8. Para medir la incertidumbre en el inventario de GEI colombiano, se apeló a los coeficientes de variación, los errores relativos en muestreos, las imprecisiones en los instrumentos de medición, la proporción de la varianza no explicada por modelos de regresión y las incertidumbres de los factores de emisión por defecto del IPCC (IDEAM, PNUD, & MAVDT, 2009).

En el caso colombiano, se presentan incertidumbres combinadas las cuales fueron calculadas para cada una de las variables involucradas en la estimación de las emisiones por categoría de fuente y gas, y agregadas por el método de propagación de errores (Tabla 3-7).

Las incertidumbres por actividad son relativamente bajas en los módulos de agricultura¹⁸, energía¹⁹, procesos industriales²⁰ y residuo, frente a los porcentajes de incertidumbres en el dato de la actividad del módulo USCUS cuya incertidumbre inducida por el uso de factores de emisión va desde el 61,29% hasta 220,71%, debido a la alta variabilidad y a las múltiples fuentes de información requeridas para su obtención.

¹⁸ Afectado por la incertidumbre en el dato de suelos agrícolas

¹⁹ Afectado por la incertidumbre en el dato de emisiones fugitivas de petróleo y gas

²⁰ Afectado por la incertidumbre en el dato de productos químicos

Tabla 3-7. Reporte general de incertidumbres combinadas como porcentaje de las emisiones totales.

MÓDULO	INCERTIDUMBRE					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Energía	28,96	358,22	15,65			
Procesos industriales	18,52	101,89	9,00	16,73	16,06	78,85
Agricultura		21,97	138,03			
USCUSS	79,86	119,08	119,08			
Desechos		41,92	41,92			

Fuente. IDEAM, PNUD y MAVDT (2009).

Las incertidumbres por omisión o defecto del factor de emisión de CO₂ resultan ser por lo general menores y cuantificables que las de CH₄ y N₂O, que favorece la exactitud en las emisiones del módulo de energía. Para otros gases como CO₂DM, NO_x, CO y SO₂ no se realizó una cuantificación de la incertidumbre, porque el IPCC no dispone de incertidumbres por omisión o defecto, ni el país tiene forma para adelantar tal investigación (IDEAM, PNUD, & MAVDT, 2009).

La baja incertidumbre del sector Energía confirma los resultados encontrados en otras experiencias internacionales, pero, es destacable que en Colombia el sector Agricultura registre también una relativa baja incertidumbre si se tienen en cuenta que en el país, la actividad agrícola demanda intensivamente fertilizantes nitrogenados y que el país elaboró los inventarios del 2000 y 2004 con base en la información recogida por la ENA, que tiene menos representatividad que una herramienta como el *Censo Nacional Agropecuario*, finalizado en el 2014.

Tabla 3-8. Fuente de incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000-2004 de Colombia.

SECTOR	FUENTE DE INCERTIDUMBRE
Energía	<p>Datos de la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Imprecisión en las estimaciones del Balance Energético Nacional. -Manual de control de calidad de la información volumétrica en las operaciones de producción, distribución y almacenamiento de combustibles de Ecopetrol. -Registros de las distribuidoras de combustibles para el consumo en rutas internacionales por vía aérea y marítima. -Reportes de producción de carbón en bruto y vendible de Ingeominas. -Estimación del consumo de combustible en áreas urbanas pequeñas con base en la población que reporta el DANE de la población en áreas urbanas pequeñas y el incremento en el consumo de leña de la UPME.
	<p>Factor de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reportes de la incertidumbre de los factores de emisión por defecto del IPCC (1996) para países en desarrollo y economías en transición.

Tabla 3-8 (continuación). Fuente de incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000-2004 de Colombia.

SECTOR	FUENTE DE INCERTIDUMBRE	
Procesos industriales		<p>Datos de la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Encuesta Anual Manufacturera del DANE. -Dictamen de expertos sobre la representatividad del nivel de la producción e imprecisión en el empaque de la producción de cemento y clinker, metalurgia y ácido nítrico. -Dictamen de expertos sobre la representatividad de los registros aduaneros administrativos de la DIAN. -Coeficiente de variación de la muestra del consumo de SF₆ de las electrificadoras nacionales.
		<p>Factor de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Incertidumbres por defecto IPCC (1996). -Coeficiente de variación de la emisión de N₂O procedente de la producción de ácido nítrico, según mediciones en planta.
Agricultura		<p>Datos de la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Error relativo del ganado bovino estratificado por departamento, obtenido de la ENA, DANE -Error relativo del cultivo de arroz por tipo de riego, ENA. -Diferencia porcentual entre la imagen real y la imagen estimada por Georreferenciación -Porcentaje de la varianza no explicada por modelos de regresión Imprecisión planimétrica. -Registros administrativos de ventas de fertilizantes.
	<p>Factor de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Coeficiente de variación de los factores de emisión de ganado vacuno no lechero; fuente ENA y cálculos IDEAM. -Incertidumbre por omisión o defecto según IPCC (1996). -Error relativo de la ENA. 	

Tabla 3-8 (continuación). Fuente de incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000-2004 de Colombia.

SECTOR	FUENTE DE INCERTIDUMBRE
USCUSS	<p>Datos de la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diferencia porcentual entre censos y consensos nacionales en materia forestal. -Diferencia porcentual entre la imagen real y la imagen estimada por Georreferenciación. -Incertidumbre por omisión o defecto IPCC (1996). -Incertidumbre de la Encuesta Anual Manufacturera. -Dictamen de expertos.
	<p>Factor de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Porcentaje de la varianza no explicada por modelos que estiman biomasa y factores de crecimiento -Incertidumbre por defecto IPCC (1996). -Dictamen de expertos
Residuos	<p>Datos de la actividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diferencia porcentual de la proyección de la población con base en los censos de los años 1993 y 2005 del DANE. -Coeficiente de variación sugerido en la guía de medición para la estimación de las cargas per cápita de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y SST para vertimientos de aguas residuales domésticas; investigación realizada por el IDEAM. -Coeficiente de variación del peso de los residuos dispuestos en una muestra aleatoria de siete básculas instaladas en rellenos sanitarios, con base en el estudio del estado real de las básculas realizado en el 2006 por la SSPD. -Coeficiente de variación del consumo de proteína promedio del periodo 2001-2003, según datos reportados por la FAO.
	<p>Factor de emisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Por omisión o defecto, según IPCC (1996). -Dictamen de expertos de la variación del factor de emisión con base en el comportamiento nacional. -Coeficiente de variación sugerido en la guía de medición para la estimación de las cargas per cápita de DBO₅ y SST para vertimientos de aguas residuales domésticas.

Fuente: adaptado de IDEAM, PNUD y MAVDT (2009).

Lo que se observa de esa recopilación de fuentes de incertidumbre, es que una de las más reiteradas se asocia a los *parámetros por defecto* que recomienda el IPCC y que confirma la experiencia de El Salvador respecto al aumento de la incertidumbre en sus inventarios de emisiones por considerar en su cálculo dichos parámetros. Otras fuentes de emisión están asociadas a la falta de exhaustividad por imprecisión en las mediciones, falta de representatividad de la información por cuenta de la falta de cobertura de diferentes encuestas y errores en la medición.

Esos hechos marcan la expectativa por conocer los resultados del análisis de incertidumbre pertinente a los años 2010 y 2012, de los que se espera una reducción significativa en todos los sectores dadas las actualizaciones metodológicas de los inventarios y la disponibilidad de información de mejor calidad en términos de mayor cobertura y desagregación.

3.6.1 Acciones frente a la incertidumbre de los inventarios de GEI

Se ha señalado que las políticas públicas deben contar con información confiable para lograr sus propósitos (Lucatello & Pérez, 2009), por lo que la incertidumbre de los aportes científicos, si bien no se deben ignorar, tampoco se incorporan totalmente dentro del ciclo político. Al respecto la posición más generalizada es la evaluar que tan necesario se hace establecer acciones que permitan reducir la incertidumbre y mejorar la confianza de las decisiones adoptadas (Abrahamsson, 2002).

Por lo anterior, se hace indispensable pensar un análisis de la incertidumbre para priorizar los esfuerzos nacionales que permitan reducir la incertidumbre a futuro (IPCC, 2006) y orientar la asignación de los recursos para el estudio de las fuentes de emisión más inciertas o fuentes clave (Monni, Syri, & Savolainen, 2003). Por ejemplo, en Austria, el sector Residuos contribuye con la mayor incertidumbre de sus inventarios por lo que el Estado ha concentrado sus esfuerzos allí para disminuir la incertidumbre (Winiwarter & Rypda, 2001). También se recomienda fortalecer los programas de investigación a largo plazo para estimar las emisiones de fuentes complejas, como los suelos agrícolas y las aguas residuales (Rypdal & Winiwarter, 2001; Monni, Syri, & Savolainen, 2003).

En general las acciones que se deben adoptar durante la elaboración de los inventarios de emisiones para reducir la incertidumbre son:

- Implementar el cálculo de la incertidumbre desde la recolección de los datos, es decir evaluar la incertidumbre desde la concepción del inventario. Para eso se requiere el esfuerzo institucional donde se optimicen los mecanismos para recolectar las estadísticas nacionales y sectoriales.
- Realizar la verificación temática de mapas de cobertura y uso del suelo mediante la comparación cartográfica a diferentes escalas para una región determinada. Esta acción requiere llevar a cabo trabajos de verificación y control en campo.
- Utilizar variables proxy. Cuando no se cuenta con la información requerida para el cálculo de las emisiones, es posible recurrir a otras variables que dan información aproximada como, por ejemplo, para obtener la superficie total abandonada en etapa de regeneración en los últimos veinte años, se hizo empleo el área de cultivos ilícitos, que es una variable recolectada con rigurosidad.
- Construir una serie coherente de emisiones, datos de la actividad y factores de emisión. Un conjunto de datos de las emisiones desagregadas por dato de actividad y factor de emisión, es el punto de partida para mejorar el ajuste de la información (IDEAM, PNUD, & MAVDT, 2009).

Esas recomendaciones, que tienen un marcado sesgo técnico, están permeadas por otra de mayor orden y consiste en mejorar las sinergias entre instituciones públicas y sector privado para optimizar el flujo de información (IDEAM, 2010). Al respecto se menciona que la reducción de la incertidumbre en los inventarios de GEI es un trabajo arduo que no siempre arroja resultados inmediatos, por lo que debe llevarse a cabo en forma constante y no solo cuando se vislumbren beneficios para país (Rypdal & Winiwarter, 2001).

3.6.2 Políticas sobre cambio climático e incertidumbre

No se encontró evidencia de que los inventarios de emisiones sustentaran las estrategias planteadas en las políticas sobre cambio climático que se revisaron en el Capítulo 2 y, por ende, no se identificó que la incertidumbre tuviera alguna incidencia en el ciclo político. No obstante, su consulta debe ser obligatoria para lograr los objetivos trazados.

Por ejemplo, el PND 2014-2018 cita varias veces los inventarios de los años 2000 y 2004²¹ en la que no se hace ninguna advertencia de la obsolescencia de información generada al menos 10 años antes de la formulación del plan de desarrollo, ni se reconocen los inventarios de los años 2010 y 2012, que se elaboraron con un soporte metodológico más actualizado. Frente a ese hecho se puede hacer un paralelo entre las emisiones sectorizadas de GEI estimadas desde 1990 hasta el 2012 (Tabla 3-9).

Tabla 3-9. Fuente de incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI 2000-2004 de Colombia.

CATEGORÍAS	1990	1994	2000	2004	2010	2012
Energía	50.331	57.094	63.640	62.660	71.210	77.784
Procesos industriales y uso de productos	4.656	5.877	5.156	6.541	8.692	9.865
Agricultura y USCUS	102.737	104.139	103.669	118.354	130.341	76.312
Residuos	7.317	8.907	10.578	11.654	13.706	14.297
Total Nacional	165.041	176.017	183.044	199.209	223.949	178.258

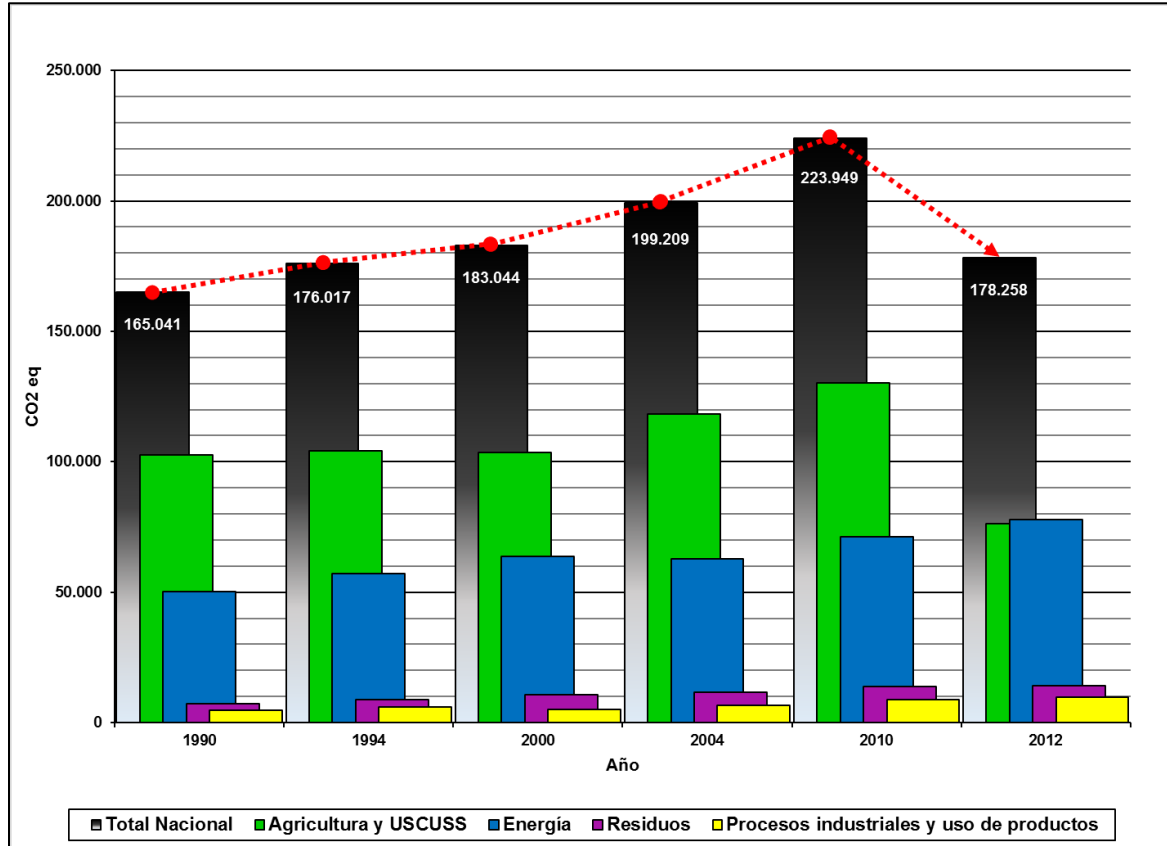
Fuente: adaptado de IDEAM (2015).

Desde una perspectiva temporal, se observa que los inventarios de emisiones no fueron elaborados de manera regular, debido a la carencia de una directriz de planificación, que sometido su ejecución a la disponibilidad presupuestal existente.

²¹ El PND 2014-2018 cita a modo de contexto, las emisiones de GEI estimadas para los sectores eléctrico, transporte y agrícola.

En ese sentido la información se puede analizar desde una perspectiva de estadística descriptiva del que se deriva la Figura 3-1 y que permite concluir lo siguiente:

Figura 3-1. Comparativo de las emisiones netas sectoriales de GEI en Colombia, en Gg de CO₂ eq



Fuente: Elaboración propia a partir de IDEAM (2015).

- En 2012 las emisiones totales se asemejaron a lo acontecido en 1994, pero menores que en el inventario inmediatamente anterior (año 2010) en 20,4%, que frenó la tendencia creciente de emisiones totales de GEI desde 1990.
- Entre 1990 y 2012, es decir, entre el primer y último inventario, las emisiones variaron en las siguientes proporciones:

-Energía:	54,5%
-Procesos industriales:	111,9%
-Agricultura-USCUS:	-26,7%%
-Residuos:	95,4%
-Total Nacional:	8%

- Entre 2004 y 2012, es decir entre el último inventario de la Segunda Comunicación y el último inventario del Informe Bienal de Actualización (IBA), las emisiones variaron en las siguientes proporciones:

-Energía:	24,1%
-Procesos industriales:	50,8%
-Agricultura-USCUSS:	-35,5 %
-Residuos:	22,7%
-Total Nacional:	-10,5%

- Las mayores emisiones conjuntas corresponden a los sectores Energía y Agricultura-USCUSS, siendo el registro más alto en 1990 con 92,7% del total Nacional, y el más bajo en el 2012 con 86,4%, evidenciando que en esos dos sectores se concentran las mayores emisiones del país.
- Las emisiones sectoriales registran los siguientes comportamientos:

- Energía y Residuos muestran crecimiento sostenido de sus emisiones desde 1990.
- Procesos industriales no tiene el mismo crecimiento sostenido, porque se registró entre los inventarios de los años 1994 y 200, una caída en las emisiones del sector
- Agricultura-USCUSS se muestra como el sector con mayores emisiones entre los inventarios de los años 1990 y 2010, aunque para 2012, mostró una reducción en las emisiones sin antecedentes.

Según lo anterior, desde el comienzo de las mediciones, ningún sector ha mostrado algún descenso sostenido en las emisiones de GEI. Esa tendencia debe cambiar con la aplicación de las estrategias de mitigación del cambio climático, como las Estrategias ECDBC (especialmente aplicado a sectores como *Procesos industriales* y *Residuos*) y REDD+. La verificación de logros alcanzados por dichas estrategias, en materia de reducción de emisiones, serán evidenciables mediante los inventarios de GEI.

Los valores consolidados en la Tabla 3-8, también recuerdan que el diagnóstico del PND 2014-2018, se basa en los resultados del inventario de emisiones del 2004 que se muestran desactualizados frente a los resultados estimados en el 2012, si se tiene en cuenta el repunte de los sectores Energía, Procesos industriales y Residuos, pero sobretodo, la disminución en las emisiones del sector Agricultura. No obstante, debe recalarse que el inventario del 2004 en sí mismo, no sustentó, para ningún sector, las acciones de cambio climático formuladas por el PND 2014-2018, por lo que no se puede temer que se repita una situación como la que se advirtió en Bolivia, donde el uso de datos anteriores a la fecha de la formulación de la política afectó ciertos aspectos de las políticas a nivel macro sobre la vulnerabilidad y los impactos del cambio climático (Flores, 2011).

Mientras eso sucede con el PND 2014-2018, las estrategias de mitigación presentadas por Colombia en la COP 21 de París (Tabla 2-3), señalan, por el contrario, que fueron preparadas con base en el inventario de GEI del año 2010. Eso demuestra una falta de

consistencia del Gobierno Nacional al momento de seleccionar las fuentes de información para formulación de políticas públicas sobre cambio climático, más allá de que existen puntos de encuentro desde lo conceptual que permitirían superar esa eventualidad.

Al respecto Mora (2014) señala que los puntos de encuentro se logran porque las estrategias institucionales para la formulación de políticas sobre cambio climático, se encuentran alineadas bajo conceptos como “desarrollo sostenible” y “crecimiento económico sostenido”, que son sinónimos entre sí y a los que se les debe sumar el de *crecimiento verde*, incorporado en el PND 2014-2018.

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Considerando los antecedentes sobre el cambio climático, desde una perspectiva geológica, se puede evidenciar que esta no es una situación coyuntural ni espontánea, sino un fenómeno persistente, de alcance variable, que actúa como un mecanismo de compensación del sistema climático. Desde esa perspectiva, el efecto invernadero también ha sido un fenómeno atmosférico permanente, que incide en el calentamiento global por la retención, por parte de una pequeña parte de gases termoactivos atmosféricos, de una porción de la radiación de onda larga que aumenta la temperatura atmosférica. Esa porción, que representa menos del 1% en volumen de la atmósfera, es lo suficientemente pequeña para ser alterada por mediante eventos de singular intensidad.

La alteración antropogénica de la composición atmosférica se genera cuando, por ejemplo, se deterioran los sumideros de CO₂ mediante la deforestación o cuando liberan a la atmósfera gases como CO₂, N₂O y CH₄ que enriquecen la proporción de GEI atmosférico e intensifican el efecto invernadero. Esas acciones no están desconectadas ya que convergen en el modelo industrial productivo moderno que tiene una alta dependencia energética de los combustibles fósiles, de donde se derivan las mayores emisiones a la atmósfera. De esta forma la sociedad actual contribuye al calentamiento global y a la aceleración en la modificación de los patrones de clima que se conoce como cambio climático abrupto, dándole sentido a la afirmación de Comellas de que los humanos, que fueron en el pasado sujetos pacientes del clima, se convirtieron en agentes de la intensificación del efecto invernadero.

Las consecuencias por la intensificación del efecto invernadero y la aceleración del cambio climático, ha sido motivo de preocupación mundial y ha obligado la concertación política de las partes involucradas y el trabajo coordinado entre expertos científicos y los administradores gubernamentales para afrontar el problema, principalmente en términos de mitigación o adaptación.

Para lograrlo, se validó el *Principio de responsabilidad compartida pero diferenciada* establecido en la Declaración de Río de 1992 por medio del cual se llama a los países industrializados, principales emisores mundiales de GEI, a que se hagan responsables de formular acciones de mitigación, mientras que países como Colombia, con baja participación en las emisiones mundiales pero vulnerable a los efectos del cambio

climático, se enfoquen en la formulación de políticas sobre adaptación. Ese concepto es reforzado por la opinión de catedráticos como Rodríguez-Becerra, que insisten en la necesidad de que Colombia oriente sus políticas sobre cambio climático en función de la adaptación, dadas las condiciones de vulnerabilidad ecológica y social frente a la intensificación del efecto invernadero y no tanto en mitigación con las que se busca consolidar al país en el mercado de emisiones.

Cabe mencionar que existe una diferencia notable entre la formulación de políticas de mitigación frente a las de adaptación: desde el PND 2014 – 2018, por ejemplo, se le ha dado mayor desarrollo a la implementación de las estrategias ECDBC y REDD+, que al Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, que aún está en ciernes. En cualquier caso, se debe superar el concepto sectorial del ambiente para convertirlo en un elemento transversal, especialmente en lo que tiene que ver con cambio climático, para formular políticas multisectoriales, territoriales y de largo plazo. Para ese propósito se necesita contar con un esquema de información consolidado, de alcance nacional, como los inventarios nacionales de emisiones de GEI.

En general, los inventarios de emisiones, en un ciclo político, permiten contextualizar el estado del país en cuanto a sus emisiones sectoriales, de forma que permite visualizar las variaciones en el tiempo e identificar los sectores que generan mayores y menores emisiones. Desde la perspectiva de las políticas de mitigación, como las estrategias ECDBC y REDD+, los inventarios de GEI sirven para valorar la efectividad en el tiempo, de la reducción de las emisiones de GEI, especialmente útil en los esquemas de los mercados de emisiones.

Desde la perspectiva de las políticas de adaptación, la información que brinda los inventarios de emisiones, permite proyectar los escenarios futuros de cambio climático con base en la tendencia que marquen las emisiones en el país. Ese hecho es esencial porque la proyección de escenarios de cambio climático se integra a los procesos de formulación de lineamientos para una adaptación planificada. En esa lógica, los inventarios de emisiones brindan información y conocimiento para medir el riesgo climático, concientizar sobre el problema del cambio climático y planifican el uso del territorio para la implementación de acciones de adaptación y el fortalecimiento de la capacidad de reacción.

Pero se hace necesario entender que los inventarios de emisiones son aproximaciones sobre la cantidad total de GEI que emite un país en un periodo de tiempo determinado, cuyo modelamiento contiene una reconocida incertidumbre al punto que el IPCC recomienda su estimación para detectar las fallas en proceso y corregirlas.

La incertidumbre es un hecho irreductible en el proceso de generación de conocimiento científico y se constituye en la actualidad un elemento de análisis que se integra activamente en el ciclo político. Lo anterior es cierto, pero no de la forma como lo proponen Leff, Funtowicz y Ravetz para quienes la incertidumbre o “ignorancia buena” se constituye

en la oportunidad para darle apertura a nuevos modelos de generación de conocimiento, además del científico, en lo que dieron por llamar ciencia post normal. Más bien los tomadores de decisión y los administradores gubernamentales, sin salirse del modelo científico, buscan reducir la incertidumbre en el proceso de generación de conocimiento para disminuir el sesgo en sus decisiones y no obligar a su validación o replanteamiento.

Se encontró que la incertidumbre en los inventarios de emisiones esta inducida especialmente por el tipo de fuente de emisión (sector emisor): con base en la revisión de los análisis de incertidumbre de diferentes inventarios de emisiones a nivel internacional, se encontró que los sectores no energéticos como USCUS, Agricultura y Residuos tienden a inducir mayor incertidumbre en los inventarios de emisiones, mientras que el sector Energía tiende a inducir menos incertidumbre. En general cada sector tiene caracterizados unos GEI típicos: por ejemplo, el sector energético emite especialmente CO₂, mientras que en agricultura es N₂O y CH₄.

La especialización estatal para la recolección y generación de la información necesaria en la elaboración de los inventarios de GEI que afecta la calidad de los inventarios. Se hace referencia a que mientras países como Estados Unidos, obligados a presentar permanentemente sus inventarios de emisiones, cuentan con un desarrollo político, institucional y científico especializado para la rápida elaboración de los reportes, que se refleja en la baja incertidumbre de sus inventarios, en otros países especialmente de vocación agropecuaria, forestal o de economías extractivista, se carece de dicha especialización estatal y se tiende a inducir mayor incertidumbre en sus inventarios.

En Colombia, el análisis de la incertidumbre del inventario del 2004 coincidió en parte con lo revisado a nivel internacional, ya que los cálculos del sector energético indujeron menor incertidumbre y mientras que el sector USCUS indujo mayor incertidumbre, tal como sucedió en la mayoría de los demás inventarios. Se destaca que los sectores no energéticos como Residuos y Agricultura brindaron porcentajes de incertidumbre relativamente bajos lo cual que rompe con la tendencia de los inventarios revisados.

Esa caracterización es esencial para identificar los sectores en que los que el Estado debe priorizar sus esfuerzos técnicos y financieros, si el objetivo es reducir la incertidumbre de los inventarios de emisiones. Sin embargo, las políticas sobre cambio climático no abordan en ningún momento, ninguna acción sobre aquellos sectores que inducen mayor incertidumbre.

Lo anterior para consolidar la posición del país en el mercado de emisiones, validar el cumplimiento de los compromisos del *Protocolo de Kioto*, facilitar la planeación de los futuros inventarios de GEI y mejorar las gestiones financieras para la implementación de las estrategias sobre cambio climático. Para ello es indispensable un análisis de incertidumbre más reciente con base en la aplicación de metodologías de evaluación de la incertidumbre actualizadas, que permitan confirmar o reevaluar los resultados encontrados en el 2004.

Ahora bien, desde la perspectiva de las políticas de mitigación, la evaluación de las estrategias ECDBC y REDD+, requiere que los inventarios brinden información suficientemente certera para certificar que las variaciones en las emisiones de GEI son, si no exactas, al menos muy cercanas a la realidad, para consolidar la posición competente del país en un mercado de emisiones y no perderla por cuenta de la alta incertidumbre. En ese sentido, hasta que dichas estrategias entren en fase de evaluación se podrá evidenciar de qué forma, la incertidumbre inducida por ejemplo por el sector USCUS, puede afectar la participación del país en el mercado de emisiones.

El mejoramiento de la calidad de los inventarios de emisiones, en términos de reducción de la incertidumbre, debería tener un propósito práctico en el proceso de formulación política. Sin embargo, la realidad es que en la medida que los inventarios de emisiones de GEI están orientados principalmente a demostrar el cumplimiento de los acuerdos firmados en la Declaración de la CMNUCC y el *Protocolo de Kioto*, y no destinados aún a evaluar los resultados de las políticas de mitigación ni a proyectar escenarios de cambio climático para formular políticas de adaptación, el análisis de la incertidumbre y sus implicaciones en el ciclo político se convierten en un objetivo vacío.

4.2 Recomendaciones

Se hace necesario ampliar la investigación sobre el cambio climático desde la perspectiva paleoclimatológica desde donde complementen las conclusiones sobre los escenarios futuros, destinados a la formulación de lineamientos en cuanto a las políticas de adaptación al cambio climático.

De conformidad con el concepto de transversalidad de los temas ambientales, especialmente relacionado con cambio climático, se debe promover la formulación de políticas multisectoriales de largo plazo, especialmente en el sector energético cuando se traten de políticas de mitigación.

Es conveniente que el nivel nacional y las regiones se den a la tarea de implementar, como en Estados Unidos, Canadá y México, inventarios subnacionales de GEI, para identificar a nivel territorial los sectores donde se deben enfocar los esfuerzos para formular lineamientos sobre adaptación y mitigación al cambio climático, pero prestando atención de que se ejecuten los análisis de incertidumbre que no se llevaron a cabo en los países mencionados. Lo que se propone es que las autoridades ambientales lideren la elaboración de los inventarios subnacionales, articulados por un orden nacional, que mejore la eficiencia institucional en la recolección de la información, la elaboración de los reportes.

Precisamente a nivel nacional se debe mejorar las sinergias entre instituciones públicas y sector privado para optimizar el flujo de información, cuya labor constante permitirá que se logre a futuro una especialización institucional en la elaboración de los inventarios de GEI, que favorecerá la reducción de la incertidumbre en los inventarios de GEI.

En la medida que se espera que en las próximas negociaciones mundiales sobre el clima se le preste más atención a la incertidumbre de los inventarios de emisiones, ya que por la inclusión de nuevos GEI y la existencia de fuentes de emisión inciertas, el cálculo de la incertidumbre se dificultará y requerirá de planificar con anticipación los recursos técnicos y económicos necesarios.

Bibliografía

- Abrahamsson, M. (2002). *Uncertainty in Quantitative Risk Analysis – Characterisation and Methods of Treatment*. Lund, Suecia: Lunds Universitet.
- ACNUR. (2002). Emigrantes y refugiados "medioambientales". *Refugiados*(115).
- Alley, R. (2007). *El cambio climático. Pasado y futuro*. Madrid, España: Siglo XXI Editores.
- Alley, R., Marotzke, J., Nordhaus, W., Overpeck, J., Peteet, D., Pielke, R., . . . Wallace, J. (2003). Abrupt Climate Change. *Science*, 299, 2005-2010.
- Amarello, K. (28 de Junio de 2015). *Radiación Solar*. Recuperado el 3 de Marzo de 2016, de [Geoambiental 22015: http://geoambiental22015.blogspot.com.co/2015/06/radiacion-solar.html](http://geoambiental22015.blogspot.com.co/2015/06/radiacion-solar.html)
- Ander-Egg, E. (1981). *Introducción a la planificación*. Bogotá, Colombia: Ediciones Colatina. Séptima edición.
- AP-UPI. (31 de Enero de 1985). Conferencia sobre el invierno nuclear. *El Tiempo*, págs. 10-A. Recuperado el 9 de Marzo de 2016, de <https://news.google.com/newspapers?nid=1706&dat=19850131&id=kHscAAAIBAJ&sjid=T2IEAAAIBAJ&pg=6838,5041348&hl=es>
- Booker, C. (1 de Agosto de 2015). The real 'deniers' in the climate change debate are the warmists. *The Telegraph*.
- Borrás, S. (2006). Refugiados ambientales: el nuevo desafío del derecho internacional del medio ambiente. *Revista de Derecho*, XIX(2 - Diciembre), 85-108.
- Canadá. (4 de Abril de 2016). *National Inventory Report 1990–2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada*. Obtenido de Environment and Climate Change Canada: <http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/>
- CCA. (2012). *Evaluación de la comparabilidad de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero y carbono negro en América del norte*. Montreal, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental.

- CMNUCC. (2014). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el 26 de Agosto de 2015, de La convención del cambio climático: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php
- Comellas, J. (2011). *Historia de los cambios climáticos*. Madrid, España: Ediciones Rialp S.A.
- Costa, C. (2007). La adaptación al cambio climático en Colombia. *Revista de ingeniería. Universidad de los Andes*(26), 74-80.
- Crawford, E. (1997). Arrhenius' 1896 Model of the Greenhouse Effect in Context. *Ambio*, 26(1), 6-11.
- de Luis, J. (1 de Abril de 2005). Inmigrantes "climáticos". *El País*.
- DNP. (25 de Agosto de 2003). *CONPES 3242 Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático*. Recuperado el 8 de Marzo de 2016, de Departamento Nacional de Planeación: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3242.pdf>
- DNP. (14 de Julio de 2011). *CONPES 3700 Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3700.pdf>
- DNP. (2012). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. ABC: adaptación bases conceptuales. Marco conceptual y lineamientos. Resumen Ejecutivo*. Bogotá.
- DNP. (2015). *Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Todos por un nuevo país*. Bogotá, Colombia.
- Dubois, A., Millán, J., & Roca, J. (2001). *Capitalismo, desigualdades y degradación Ambiental*. Barcelona, España: Icaria Editorial.
- Eastina, J., Grundmann, R., & Prakash, A. (2011). The two limits debates: "Limits to Growth" and climate change. *Futures*, 43(1), 16-26.
- EPA. (9 de Agosto de 2016). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2009*. Obtenido de Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2009>
- Eslava, J. (1993). Climatología y diversidad climática en Colombia. *Revista Academia Colombia de la Ciencia*, 18(71), 507-538.
- Fernández, R., Piñuel, J., & Vicente, M. (2015). La cobertura periodística del cambio climático y del calentamiento global en El País, El Mundo y La Vanguardia. *Revista Latina de Comunicación Social*, 70, 122-140.

- Fleming, J. (2002). The carbon dioxide theory of climate change: emergence, eclipse, and reemergence, ca. 1850-1950. *13th Symposium on Global Change and Climate Variations*. AMS.
- Flores, T. (2011). *Análisis Institucional sobre la Adaptación al Cambio Climático en Bolivia y Recomendaciones para la Acción. Informe ARIA 2010*. (World Resources Institute, & PRODNA, Edits.) La Paz, Bolivia.
- Francescutti, P. (28 de Octubre de 2014). *Treinta años del invierno nuclear que enfrentó a Sagan contra Reagan*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2015, de SINC: <http://www.agenciasinc.es/Opinion/Treinta-anos-del-invierno-nuclear-que-enfrento-a-Sagan-contra-Reagan>
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1993). *Epistemología política. Ciencia con la gente*. Buenos Aires, Argentina: Centro Editor de América Latina.
- Garduño, R. (2004). ¿Qué es el Cambio Climático? En *Cambio climático: una visión desde México* (págs. 29-40). México, México: SEMANART - INE.
- Giuliano, G. (2008). Tecnología, desarrollo y democracia: hacia otra artificialidad posible. *Scientiae Studia*, 6(3), 371-377.
- Gómez, N. (2015). *Fundamentos teóricos y lineamientos metodológicos para la incorporación del concepto de incertidumbre en la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- González, F., Concha, I., Vallejo, J., & Rodríguez, H. (1997). Inventario preliminar de gases de efecto invernadero en Colombia. Fuentes y sumideros. *Revista Academia colombiana de la Ciencia*, XXI(79), 107-117.
- Gray, R. (10 de Julio de 2015). Climate change deniers are conspiracy theorists and are damaging the public debate on global warming, study claims. *Daily Mail*.
- Gribbin, J. (2005). *Historia de la ciencia: 1543-2001*. Madrid, España: Grupo Planeta.
- Grimmer, B. (25 de Julio de 2014). *A Data Trust-Sphere Analogous To A Life Biosphere : Or How Three Into One Will Go?* Obtenido de <https://briangrimmerblog.wordpress.com/2014/07/25/a-data-trust-sphere-analogous-to-a-life-biosphere-or-how-three-into-one-will-go/>
- Guhl, E., & Leyva, P. (2015). *La gestión ambiental en Colombia, 1994-2014: ¿un esfuerzo insostenible?* Bogotá: Friedrich-Ebert-Stiftung en Colombia (Fescol).
- Hodell, D., Curtis, J., & Brenner, M. (1995). Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization. *Nature*, 375, 391-394.

- Huntington, E. (1915). *Civilization and Climate*. Estados Unidos: Yale University Press.
- IAvH, IDEAM, IAP, INVERMAR, SINCHI. (2011). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales 2010*. (IDEAM, Ed.) Bogotá, Colombia.
- IDEAM. (2010). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Bogotá: Scripto.
- IDEAM. (Junio de 2014). *Comunicaciones Nacionales*. Recuperado el Abril de 2015, de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: http://www.cambioclimatico.gov.co/jsp/1274#_ftnref1
- IDEAM. (2015). *Primer informe bienal de actualización de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogotá.
- IDEAM. (9 de Noviembre de 2015). *Tiempo y Clima*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- IDEAM, PNUD, & MAVDT. (2009). *Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero 2000-2004*. (IDEAM, Ed.) Bogotá, Colombia. Obtenido de CAMBIO CLIMÁTICO.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERIA. (2015). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia*. (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERIA, & FMAM, Edits.) Bogotá, Colombia.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100. Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional - Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá, Colombia.
- IOM. (2013). *Environmental decisions in the face of uncertainty*. Washington: The National Academies Press.
- IPCC. (2000). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (Informe sobre las buenas prácticas)*. (J. Penman, D. Kruger, I. Galbally, & T. Hiraishi, Edits.) Japón: IGES.
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. (H. Eggleston, L. Buendía, K. Miwa, & T. Ngara, Edits.) Japón: IGES.
- Kallis, G. (2011). In defence of degrowth. *Ecological Economics*, 70, 873-880.
- Kirschvink, J. (2005). Red Earth, White Earth. *Engineering and Science*(4), 10-20.
- Leff, E. (2008). *Discursos sustentables*. México, México: Siglo XXI Editores.

- Lenton, T., Crouch, M., Johnson, M., Pires, N., & Dolan, L. (2012). First plants cooled the Ordovician. *Nature Geoscience*, 5, 86-89.
- Lohani, B., Warren, J., Everitt, R., Ludwig, H., Carpenter, R., & Tu, S. (1997). *Environmental Impact Assessment for Developing Countries in Asia*. (A. D. Bank, Ed.)
- Lucatello, S., & Pérez, A. (2009). Cambio climático, desastres y políticas públicas. En CEMEFI, & UNIRED, *Memorias del seminario: políticas públicas y desastres: cambio climático* (págs. 29-36). México, México.
- MADS. (2012). *Colombia, 20 años siguiendo la Agenda 21*. (J. Sandoval, & J. Liévano, Edits.) Bogotá, Colombia.
- MADS. (2012). *Preparación de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal - REDD+*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (Febrero de 2013). *Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación (NAMAs) en Colombia*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Accion_nacional_Ambiental_/Documento_de_NAMAs.pdf
- MADS. (8 de Julio de 2013). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono ECDBC*. Recuperado el 8 de Marzo de 2013, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Estrategia_Colombiana_de_Developmento_Bajo_en_Carbono/100713_cartilla_ecdbd.pdf
- MADS. (25 de Junio de 2014). *Construcción Colectiva de la Estrategia Nacional REDD+*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadYServiciosEcosistemas/pdf/Documentos-Redd/110213_cartilla_redd_construccion_colectiva.pdf
- MADS. (30 de Junio de 2015). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: http://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Estrategia_Colombiana_de_Developmento_Bajo_en_Carbono/FOLLETO_DE_PRESENTACION_ECDBC.pdf
- MADS. (2016). *Historia de Colombia Frente al Cambio Climático*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/460-plantilla-cambio-climatico-16>

- MDSP. (2003). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia para la Década 1990 – 2000 y su Análisis Tendencial*. (J. Hanna, Ed.) La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación.
- Meira, P. (2002). *El cambio climático y la educación ambiental neoliberal (que también existe)*. Centro Nacional de Educación Ambiental.
- Milne, A., Glendining, M., Murray, R., Perryman, S., Gordon, T., & Whitmore, A. (2015). Communicating the uncertainty in estimated greenhouse gas emissions from agriculture. *Journal of Environmental Management*(160), 139-153.
- MMA. (1994). *La política ambiental del fin de siglo: una agenda para Colombia*. (M. Rodríguez Becerra, Ed.) Bogotá, Colombia.
- MMA. (2002). *Manual de tratados internacionales en medio ambiente y desarrollo sostenible*. Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional.
- MMA. (2014). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile. Serie temporal 1990-2010*. Santiago de Chile, Chile: Ministerio de Medio Ambiente - Gobierno de Chile.
- MMA. (2014). *Primer Informe Bienal de Actualización de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Santiago de Chile, Chile: Ministerio de Medio Ambiente - Gobierno de Chile.
- Monni, S., Syri, S., & Savolainen, I. (2003). Advanced Methods for Estimating Uncertainty in National Greenhouse Gas Emission Inventories – the Case of Finland. *12th International Emission Inventory Conference - "Emission Inventories - Applying New Technologies"*. San Diego.
- Monni, S., Syri, S., & Savolainen, I. (2004). Uncertainties in the Finnish greenhouse gas emission inventory. *Environmental Science & Policy*(7), 87-98.
- Montealegre, J. (2009). *Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Mora, A. (2014). *El cambio climático y la inequidad en Colombia: tendencias recientes y perspectivas futuras*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Morin, E. (1984). *Ciencia con conciencia*. Barcelona, España: Anthropos.
- MVOTMA. (2010). *Tercera Comunicación Nacional contiene el Inventario Nacional de Emisiones Netas de Gases de Efecto Invernadero*. Montevideo, Uruguay: Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- MVOTMA. (8 de Julio de 2016). *La importancia de las fuentes de información: La experiencia de Uruguay*. Obtenido de Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio

- Climático: http://www.lariocc.es/es/actividades-capacitacion/2015/1.2.1_Uruguay_tcm25-368974.PDF
- ONU. (05 de Mayo de 2002). *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio humano*. Recuperado el 20 de Enero de 2016, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/estocolmo01.pdf>
- Ortiz, B., & Vázquez, J. (2010). Gestión pública transversal ante el cambio climático y conceptos en materia de detección y atribución. *Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 1(1), 30-46.
- Oszlak, O. (1980). Políticas públicas y regimenes políticos: reflexiones a partir de algunas experiencias latinoamericanas. *Estudios CEDES*, 3(2), 1-38.
- Pacheco, M. (30 de Octubre de 2015). Descarbonizar la economía: ¿Sueño posible? *Su Madre Naturaleza*. Bogotá. Recuperado el 21 de 01 de 2016, de <https://www.youtube.com/watch?v=tykztle6yUE>
- Pérez, M., Rojas, J., & Ordoñez, C. (2010). *Desarrollo sostenible: principios, aplicaciones y lineamientos de política para Colombia*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Peterson, R. (12 de Noviembre de 1984). El invierno nuclear, la amenaza final. *El País*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2015, de http://elpais.com/diario/1984/11/12/sociedad/469062003_850215.html
- Pew Research Center. (14 de Julio de 2015). *Pew Research Center Global Attitudes and Trends*. Recuperado el 8 de Agosto de 2015, de Climate Change Seen as Top Global Threat: <http://www.pewglobal.org/2015/07/14/climate-change-seen-as-top-global-threat/#fnref-33416-1>
- PGN. (2011). *Cambio climático, diversidad biológica y cultura*. (IEMP, Ed.) Bogotá, Colombia.
- Plass, G. (2010). Carbon Dioxide and the Climate: A reprint from American Scientist. *American Scientist*, 98(January- February), 58-67.
- Puente, F. (26 de Enero de 2015). La mitad del Senado de Estados Unidos sentencia que el cambio climático no es culpa del hombre. *El Economista*.
- Rivera, S., Gómez, C., Vargas, C., Tapia, A., & Guadarrama, F. (Diciembre de 2011). Cambio Climático Global a través del tiempo geológico. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria - Facultad de Ciencia y Tecnología*, 10(10), 114-122.
- Rodríguez, D., Lucatello, S., & Garza, M. (2008). *Políticas públicas y desastres*. México, México: Cooperación Internacional.

- Rodríguez-Becerra, M. (13 de Diciembre de 2015). La cumbre de París. *El Tiempo*.
- Rodríguez-Becerra, M., & Cárdenas, M. (2013). *Desarrollo económico y adaptación al cambio climático*. Bogotá: Friedrich Ebert Stiftung en Colombia.
- Rodríguez-Becerra, M., & Espinoza, G. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe. Evolución, tendencias y principales prácticas*. (D. Wilk, Ed.) Washington, Estados Unidos.
- Rodríguez-Becerra, M., Mance, H., Barrera, X., & García, C. (2015). *Cambio climático: lo que está en juego*. (U. d. Andes, F. E. Stiftung, WWF, & FNA, Edits.) Bogotá.
- Roth, A. (2002). *Políticas públicas: formulación, implementación y evaluación*. Bogotá, Colombia: Ediciones Aurora.
- Rypdal, K., & Winiwarter, W. (2001). Uncertainties in greenhouse gas emission inventories - evaluation, comparability and implications. *Environmental Science & Policy*(4), 107-116.
- Sagan, C. (2004). *Cosmos*. Barcelona, España: Planeta.
- SEMARNAT. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010*. México, México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Shue, H. (2014). Changing images of climate change: human rights and future generations. *Journal of Human Rights and the Environment*, 5, 50-64.
- SNRCC. (2011). *Plan Nacional*. Obtenido de Sistema Nacional de Respuesta al Cambio Climático: <http://www.cambioclimatico.gub.uy/index.php>
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, K., Allen, S., Bindoff, N., Bréon, F., . . . Xie, S. (2013). *Resumen técnico. Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Tarback, E., Lutgens, F., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*. Madrid, España: Pearson Educación S. A.
- Tubiello, F., Córdor, R., Salvatore, M., Piersante, A., Federici, S., Ferrara, A., . . . Prospero, P. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura: Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. (FAO, Ed.) Roma, Italia.
- UN. (14 de Junio de 1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* . Obtenido de Naciones Unidas: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

- UN. (2 de Octubre de 1992). *Agenda 21*. Obtenido de Naciones Unidas: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1718a21_summary_spanish.pdf
- UNESCO; OMM. (1961). *Changes of Climate. Rome Symposium organized by Unesco and the World Meteorological Organization*, (pág. 473). Roma.
- UNFCCC. (2014). *Inicio*. Recuperado el Abril de 2015, de United Nations Framework Convention on Climate Change: http://unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php
- Universidad de Murcia. (16 de Junio de 2000). *Tema 2 Radiación. Balance energético terrestre. Temperatura*. Obtenido de Temario: <http://www.um.es/geograf/clima/temario.html>
- van den Bergh, J. (2011). Environment versus growth — A criticism of “degrowth” and a plea for “a-growth”. *Ecological Economics*, 70, 881-890.
- Velázquez, R. (2009). Hacia una nueva definición del concepto de "política pública". *Desafíos*(20), 149-187.
- Vélez, M. (2014). *Sostenibilidad ambiental: nuestra última frontera*. (F. Badrán, Ed.) Cartagena, Colombia: Editorial Universitaria.
- Vicuña, S. (2013). *Estudio sobre los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero en América Latina*. (CEPAL, EUROCLIMA, & COMISIÓN EUROPEA, Edits.) Santiago de Chile, Chile.
- Wilches-Chaux, G. (Agosto de 1998). *Nuestro compromiso político con el cosmos*. Recuperado el Marzo de 2015, de Movimiento Ambiental Colombiano: http://www.reocities.com/rainforest/andes/1127/Wilches_index.html
- Winiwarter, W., & Rypda, K. (2001). Assessing the uncertainty associated with national greenhouse gas emission inventories: a case study for Austria. *Atmospheric Environment*(35), 5425–5440.