



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS POLÍTICAS Y ECONÓMICAS

---

## ¿Qué es el Cambio Climático Global? causas, consecuencias y soluciones.

---

**Trabajo monográfico en la modalidad de Investigación  
documental**

Para obtener el título de

**Licenciada en Relaciones Internacionales**

PRESENTA

**Melania Aydé Polanco Ramón**

COMITÉ DE SUPERVISIÓN

**Mtro. Jose G Arroyo Campohermoso**

**Mtro. Lázaro Marín Marín**

**Dr. Eleazar S. Galván Saavedra**

**Dr. Enrique Baltar Rodríguez**

**Dra. Natalia Armijo Canto**



Chetumal, Quintana Roo, México, septiembre del 2022



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

## DIVISIÓN DE CIENCIAS POLÍTICAS Y ECONÓMICAS

¿Qué es el Cambio Climático Global? Causas, consecuencias y soluciones.

Presenta:

Melania Aydé Polanco Ramón

Trabajo monográfico para obtener el título de licenciado(a) en Relaciones Internacionales.

### COMITÉ DE SUPERVISIÓN

Supervisor propietario:

Maestro. José G. Arroyo Campohermoso

Supervisor propietario:

Maestro. Lázaro Marín Marín

Supervisor propietario:

Doctor. Eleazar S. Galván Saavedra

Supervisor suplente:

Doctor. Enrique Baltar Rodríguez

Supervisor suplente:

Doctora. Natalia Armijo Canto



Chetumal, Quintana Roo, México, septiembre del 2022





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

## Declaratoria de originalidad

**Melania Aydé Polanco Ramón.**

En mi calidad de autora de la monografía titulada ¿Qué es el Cambio Climático Global? Causas, Consecuencias y Soluciones, que presento para obtener el título de licenciada en Relaciones Internacionales, declaro bajo protesta de decir verdad que:

1. Este trabajo monográfico es inédito y original, de mi propia autoría intelectual.
2. Que si bien contiene parcialidades del contenido de obras, las mismas son citadas y respaldadas en el reconocimiento del derecho moral de los autores; por lo que no es una traducción ni una versión mejorada de otro documento publicado o aún sin publicar.
3. No ha sido utilizada anteriormente para obtener algún grado académico, ni ha sido publicado por cualquier medio.
4. En todas las citas y las paráfrasis que utilizo, identifico las fuentes originales e incluyo las referencias completas en el apartado correspondiente.
5. Identifico la procedencia de las tablas y figuras (gráficas, mapas, diagramas, esquemas ilustraciones, arte digital, fotografías u otros) previamente publicadas.
6. Todos los contenidos de esta monografía están libres de derechos de autor y asumo la responsabilidad de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo.
7. Reconozco que la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo no comparte necesariamente las afirmaciones que en esta monografía se plantean.

Chetumal, Quintana Roo, a 12 de septiembre de 2022.

Mtro José G. Arroyo Campohermoso
Mtro. Lazaro Marin Marin
Dr. Eleazar Santiago Galván Saavedra
Melania Aydé Polanco Ramón



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

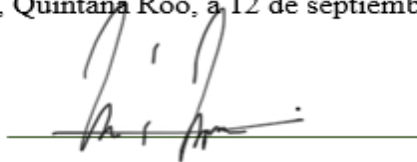
## **Carta de cesión de derechos**

### **Melania Aydé Polanco Ramón**

En mi calidad de autora de la monografía titulada ¿Qué es el Cambio Climático Global? Causas, Consecuencias y Soluciones, presentada para obtener el título de licenciada en Relaciones Internacionales, es de mi plena voluntad:

1. Autorizar a la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo para que se encargue de la divulgación total o parcial de este documento, en formato impreso o digital, sin limitación en el tiempo, por los medios que dicha institución decida, y con fines académicos exclusivamente.
2. Aceptar que los lectores puedan descargar, almacenar, copiar y distribuir gratuitamente la versión final aprobada de la tesis, siempre y cuando se realice sin fines comerciales, no se generen obras derivadas y se mencione la autoría de la obra.
3. Reutilizar la versión final aprobada de la monografía con propósitos académicos y a publicar la obra, en formato impreso o digital, siempre y cuando no se generen nuevos derechos que impidan a la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo continuar con la divulgación de la obra.
4. Aceptar que, si la monografía es publicada con fines comerciales, esta no debe denotar, contener, insertar o incluir en ninguna parte interna o externa de la publicación el escudo, emblema, logotipo o nombre de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo. En caso contrario, debo obtener previamente la autorización por escrito del representante legal de la Universidad.
5. Autorizo en este acto a la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo para que difunda mi información personal, tales como mi nombre y seudónimo, correo electrónico a través del repositorio del sistema bibliotecario ([www.risisbi.uqroo.mx](http://www.risisbi.uqroo.mx)), por lo que, la eximo de cualquier responsabilidad y/o futura reclamación presente por la protección de datos personales señalados en la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados.

Chetumal, Quintana Roo, a 12 de septiembre de 2022.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Melania Polanco', is written over a solid horizontal line.

Melania Aydé Polanco Ramón

## Resumen

El propósito del presente trabajo de investigación que lleva por título “¿Qué es el Cambio Climático global? Causas, consecuencias y soluciones es un intento de comunicar de una manera clara, objetiva y amena, los diversos efectos del Cambio Climático. Comenzando con la actividad humana, la responsable principal de provocar el calentamiento global y su expansión que se ha presentado en diferentes partes del mundo y en México. Se presentará también a medida de complementación una serie de acciones que deberían tomarse para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La importancia de esta monografía radica en que las generaciones anteriores a la nuestra no disponían del grado de conocimiento sobre las causas y efectos del calentamiento global y las posibles soluciones que hoy nuestra generación tiene a su alcance. Por lo cual es importante que las nuevas generaciones dispongan de una educación ambiental desde temprana edad para entender la dimensión del reto que nos confronta como especie en el planeta tierra y en consecuencia las acciones que como individuos de una sociedad debemos emprender.

Este trabajo está sustentado bajo la visión del ingeniero químico mexicano José Mario Molina Pasquel en su libro “El Cambio Climático, causas, efectos y soluciones” el cual explica la modificación de la composición química de la atmósfera y sus repercusiones en los climas del planeta, así como los asuntos relacionados con las repercusiones económicas, sociales, legales y éticas de esta problemática, tanto a escala global como en México.

**Palabras Claves: Cambio Climático, Calentamiento Global, Gases de efecto invernadero (GEI), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

## **Abstrac**

The purpose of this research work entitled "What is global climate change? Causes, Consequences and Solutions is an attempt to communicate the various effects of Climate Change in a clear, objective and entertaining way. Starting with human activity, the main responsible for causing global warming and its expansion that has occurred in different parts of the world and in Mexico. A series of actions that should be taken to reduce greenhouse gas (GHG) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions will also be presented as a complement.

The importance of this monograph lies in the fact that the generations before ours did not have the degree of knowledge about the causes and effects of global warming and the possible solutions that our generation has within its reach today. Therefore, it is important that the new generations have an environmental education from an early age to understand the dimension of the challenge that confronts us as a species on planet earth and, consequently, the actions that we as individuals in a society must undertake.

This work is supported under the vision of the Mexican chemical engineer José Mario Molina Pasquel in his book "Climate Change, causes, effects and solutions" which explains the modification of the chemical composition of the atmosphere and its repercussions on the climates of the planet, as well as issues related to the economic, social, legal and ethical repercussions of this problem, both globally and in Mexico.

**Keywords: Climate Change, Global Warming, Greenhouse Gases, Carbon dioxide**

## Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>6</b>
<b>Índice.....</b>	<b>8</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>10</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>11</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>12</b>
<b>Glosario Del Cambio Climático.....</b>	<b>13</b>
<b>Atmósfera.....</b>	<b>13</b>
<b>Clima.....</b>	<b>14</b>
<b>Cambio Climático.....</b>	<b>15</b>
<b>Gases de Efecto Invernadero (GEI).....</b>	<b>16</b>
<b>Calentamiento Global.....</b>	<b>17</b>
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).....</b>	<b>17</b>
<b>Radiación Infrarroja.....</b>	<b>18</b>
<b>Resiliencia.....</b>	<b>19</b>
<b>Mitigación.....</b>	<b>20</b>
<b>Vulnerabilidad.....</b>	<b>21</b>
<b>Capítulo I Causas del Cambio Climático.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1 Actividad Humana.....</b>	<b>22</b>
<b>1.2 Actividad industrial.....</b>	<b>25</b>
<b>1.3 El tipo de tecnologías usadas para el desarrollo económico e industrial del mundo moderno.....</b>	<b>27</b>
<b>1.4 El crecimiento poblacional.....</b>	<b>29</b>
<b>1.5 La demanda de energía y recursos de cada habitante del planeta...31</b>	
<b>Capitulo II Efectos del Cambio Climático.....</b>	<b>33</b>



<b>2.1 Consecuencias del cambio climático.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Cambios en la composición química de la atmósfera.....</b>	<b>38</b>
<b>2.3 Principales factores responsables del cambio climático.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4 La pérdida de diversidad biológica: Impactos del cambio climático en la salud humana.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5 Daños de los eventos hidrometeorológicos extremos México: Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.....</b>	<b>47</b>
<b>2.6 Emisiones globales y de los países.....</b>	<b>56</b>
<b>2.7 La economía y el cambio climático.....</b>	<b>62</b>
<b>Capitulo III Soluciones para enfrentar el Cambio Climático.....</b>	<b>66</b>
<b>3.1 La respuesta de las naciones y los acuerdos internacionales.....</b>	<b>66</b>
<b>3.2 Políticas para enfrentar el cambio climático: ENCC y PECC.....</b>	<b>72</b>
<b>3.3 Acciones conjuntas con la Agenda Nacional de Desarrollo: los beneficios instituciones gubernamentales.....</b>	<b>74</b>
<b>3.4 Qué futuro le espera a la humanidad.....</b>	<b>76</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>79</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>82</b>

## **Dedicatoria**

Este presente trabajo Monográfico está dedicado a mis padres; José Dolores Polanco Hernández y a mi madre Rosario del Carmen Ramón Pérez. La mejor herencia que pudieron darme fue la educación y hoy con todo el gozo les agradezco la oportunidad que me brindaron de estudiar la Licenciatura hace cinco años. Gracias por haber estado conmigo durante todo este recorrido, todo se los debo a ustedes.

Melania Polanco.

## **Agradecimiento**

Agradezco al Doctor Ángel Ezequiel Rivero Palomo y al maestro José Gaudencio Arroyo Campohermoso por apoyarme, motivarme y compartir conmigo de su gran conocimiento a lo largo de estos fructíferos cinco años como estudiante universitaria de la máxima casa de estudios del Estado de Quintana Roo, también agradezco a cada uno de quienes fueron mis docentes en esta maravillosa etapa, todo mi respeto, admiración y agradecimiento por siempre.

Melania Polanco.

## Introducción

Esta monografía pretende analizar ¿Qué es el cambio climático global? y sus manifestaciones en México y en diferentes partes del planeta, tomando como referencia los planteamientos del ingeniero químico mexicano José Mario Molina Pasquel en su libro “El Cambio Climático”. El desarrollo de lo anterior planteado está fundamentado en el desglose de las causas efectos y soluciones del Cambio Climático, la cual pretende brindar una explicación y comprensión sobre uno de los problemas ambientales más actuales del siglo XXI.

La intención de realizar este trabajo de investigación descriptiva radica en primer lugar como una pretensión de la importancia de generar estudios académicos que sean capaces de trascender las investigaciones coyunturales actuales enfocadas en los problemas ambientales. En segundo lugar, el tema de investigación “El Cambio Climático” representa una amenaza para el mundo actual por su alto grado de agresión en todas las esferas: mundiales, regionales y locales, lo cual representa una verdadera amenaza a la salud y al bienestar de los individuos de cada país, por lo tanto, es de interés común como de los Estados, evitar la degradación ambiental.

La presente monografía se ordena en tres diferentes capítulos y ofrece un glosario ambiental con las palabras claves que se abordarán a lo largo de esta investigación para entender el Cambio Climático. En el primer capítulo se plantean las causas que contribuyen a la figura de la problemática ambiental, es decir los hechos responsables del Cambio Climático, se marcan tres factores esenciales: la actividad humana, la actividad industrial y el crecimiento poblacional. En el segundo capítulo se explican los efectos que ha desarrollado el Cambio Climático, es decir las consecuencias o daños que ha ocasionado, de igual manera se da a conocer la respuesta de los ecosistemas y de las especies al cambio climático, y la pérdida de diversidad biológica, así como los impactos del cambio climático en la salud humana y la economía. Finalmente, en el tercer Capítulo se han planteado las soluciones ante la problemática ambiental que representa el Cambio Climático y la respuesta de las naciones y los acuerdos internacionales, así como las acciones conjuntas con la Agenda Nacional de Desarrollo: los beneficios, instituciones gubernamentales y las políticas para enfrentar el Cambio Climático, dando paso por último a analizar qué futuro nos espera como humanidad.

## **Glosario Del Cambio Climático**

### **Atmósfera**

La atmósfera es una capa fina de gases que rodea la tierra. Es un elemento esencial para mantener la vida en la Tierra porque contiene oxígeno, que es indispensable para los seres vivos, además es la materia prima con la cual se generan los climas del planeta. Actúa como reflectora de los rayos solares a través de la capa de ozono y regula la temperatura adecuada sobre la tierra. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la define como: la envoltura de aire de la tierra. que se compone de una mezcla de diferentes gases fundamentalmente oxígeno y nitrógeno, también se encuentran otros gases en pequeñas cantidades, a medida que asciende la atmósfera, el oxígeno disminuye.

La composición química de la atmósfera es particularmente importante para definir y modificar el clima. Los principales gases que componen nuestra atmósfera son: el Nitrógeno, el Oxígeno, el Argón, el vapor del agua, el Neón, el Helio, el Criptón, el Hidrógeno y el Xenón.

En el documento publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2007 afirma que la atmósfera:

Es una envoltura gaseosa que rodea la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente de nitrógeno (en una relación de mezcla volumétrica de 78,1% y oxígeno (en una relación de mezcla volumétrica de 20,9%), más una serie de oligogases como el argón (en una relación de mezcla volumétrica de 0,93%), el helio y gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (en una relación de mezcla volumétrica de 0,035%) y el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua en cantidades muy variables, pero generalmente en una relación de mezcla volumétrica de 1%. La atmósfera también contiene nubes y aerosoles.

## Clima

Se suele definir el clima, en sentido estricto, como el promedio del estado del tiempo, o más rigurosamente, como una descripción estadística en términos de valores medios y de variabilidad de las cantidades de interés durante un periodo que puede abarcar desde algunos meses hasta miles o millones de años... Dichas cantidades son casi siempre variables de superficie, como la temperatura, las precipitaciones o el viento. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

El clima terrestre es producto de la constante y compleja interacción entre nuestra atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y la vida en el planeta (plantas y animales en los bosques y selvas, en océanos y en la atmósfera). El motor del clima es la energía solar. Tanto la forma como la inclinación de la tierra determinan la manera en que recibe los rayos solares y se definen las diferentes temperaturas.

En todas partes del planeta hay ciclos estacionales de clima, en particular en nuestro país, esperamos frío en invierno y calor en verano. Asimismo, esperamos que en primavera inicien las lluvias y que sean más intensas y regulares en verano. Todos estos cambios de condiciones del ambiente forman lo que llamamos clima. Sin embargo, puede ser que alguna vez un día invernal sea sumamente caluroso, que se retrasen mucho las lluvias en primavera o que tengamos intensos aguaceros un día de invierno. Estos sucesos no nos indican que ha cambiado el clima, sino que hay posibles variaciones en las condiciones del clima esperado. Lo cual nos permite decidir si llevaremos paraguas a la escuela, si debemos usar ropa para protegernos del frío o si debemos utilizar bloqueador solar y tomar agua por el calor de un día soleado.

Para medir el clima de una población, región o país es necesario medir diariamente las condiciones de temperatura, lluvia, humedad y viento, además de observar las condiciones de nubosidad (la presencia de las nubes en el cielo), la trayectoria de los huracanes, entre otros. Para ello se requiere conocer durante varios años el estado del tiempo, hacer mediciones y observaciones. Los especialistas en hacer todas estas mediciones y observaciones en el clima pueden tardar por lo menos 30 años para hablar con seguridad del clima esperado de una región.

## **Cambio Climático**

*“Cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.* (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), 2012 lo define como:

La variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un periodo prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo, o a cambios antropógenos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.

De tal manera que el cambio climático debe ser entendido como la modificación que ocurre en el clima a través del tiempo como resultado de la inestabilidad natural o de las actividades humanas. Es decir el clima cambia naturalmente como ya había mencionado por las variaciones naturales que tiene, pero también puede cambiar con mayor intensidad, debido a las actividades humanas descuidadas que hacemos cotidianamente por ejemplo: beber agua en botella de plástico y luego tirar el envase en cualquier lado, arrojar un chicle al suelo, lavarnos los dientes con el grifo abierto, soltar un globo de helio al aire, tirar las pilas a la basura, utilizar sin necesidad los vehículos, los aviones, las motos y todo transporte que necesite gasolina para su desplazamiento, utilizar bolsas de plástico y de papel, consumir alimentos procesados, es decir todo alimento que ya no es natural porque tuvo un cambio en su procesamiento antes de llegar a nuestra mesa para que los podamos consumir.

El cambio climático nos afecta a todos y podemos observarlo en que los glaciares se han encogido, el hielo marino del Océano Ártico ha disminuido y han aumentado las olas de calor (el calor extremo), las fuertes lluvias, el aumento del nivel del mar, el aumento de los incendios forestales, las sequías, la menor disponibilidad del agua, las alteraciones de las estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), entre otros.

## **Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

Los gases de efecto invernadero (por sus siglas GEI) o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos (es decir que se forman debido a la actividad de los seres humanos), que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero, que consiste en el aumento de la temperatura porque los rayos del sol que debieran llegar a la tierra y luego reflejarse y regresar a la atmósfera, son estancados por los Gases de Efecto Invernadero allá arriba en la atmósfera, porque forman una especie de espejo y provocan que los rayos solares vuelvan a la tierra generando más calor. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

Los GEI están clasificados en directos e indirectos: GEI directos son gases que contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los compuestos halogenados. Los GEI indirectos son precursores de ozono troposférico, además de contaminantes del aire ambiente de carácter local y en la atmósfera se transforman en gases de efecto invernadero directo. En este grupo se encuentran: los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y el monóxido de carbono. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

En la atmósfera de la tierra los principales GEI son el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y el ozono (O<sub>3</sub>).

Los gases de efecto invernadero se han generado desde hace miles de millones de años por fuentes naturales como son el vulcanismo, la vegetación y los océanos, sin embargo, hemos contribuido a su generación no natural desde la llegada de la industria y el uso de los combustibles fósiles, como el petróleo, gas natural o carbón. Lo que ha arrojado a la atmósfera grandes cantidades de GEI y, con ello, contribuido a incrementar la concentración de estos gases en la atmósfera. A través de ellas hemos alterado el flujo natural de gases de efecto invernadero que existe entre las fuentes naturales y la atmósfera. Estos GEI que hemos generado los humanos es a los que se les atribuye el reciente calentamiento global del planeta.



## **Calentamiento Global**

*“El calentamiento global es el incremento en la temperatura media del planeta que se ocasiona como consecuencia de un incremento en las concentraciones de GEI en la atmósfera que exacerba el efecto invernadero, derivadas de las actividades humanas en general”.* (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2012).

El calentamiento global consiste en el aumento de la temperatura de la tierra y es un aspecto primordial del cambio climático. Es un fenómeno que nos afecta a todos los habitantes del planeta, tanto a las especies animales como a las personas. Por ello es importante conocerlo en su totalidad ya que es el mayor desafío medioambiental al que se enfrenta la Tierra en la actualidad. Tanto así que, de no tomar medidas preventivas para frenar sus efectos negativos, a largo plazo estaría en peligro la supervivencia de todos los seres vivos, entre ellas, el género humano.

Como resultado de las actividades que realiza la sociedad (incluidas el comercio, la industria, y la prestación de diferentes servicios), las cantidades de gases de efecto invernadero han excedido los niveles normales, lo que propicia la retención de una mayor cantidad de energía proveniente del Sol y el aumento de la temperatura en la Tierra, provocando así el calentamiento global.

El aumento de Gases de efecto invernadero en la atmósfera y el calentamiento global provocan desequilibrios y desorden en los procesos naturales del planeta y en el clima, ocasionando el cambio climático.

Otra definición puntual es la que hace el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2007: *“Hace referencia al aumento gradual, observado o previsto, de la temperatura mundial en superficie, como una de las consecuencias del forzamiento radiactivo provocado por las emisiones antropogénicas”.*

## **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Es un gas que está presente de forma natural en la atmósfera a partir de fuentes como volcanes, aguas termales (aguas minerales que salen del suelo) o chorros de gases y agua

hirviendo (géiseres). Es soluble al agua es decir se puede disolver al mezclarse con el agua y también está presente en yacimientos de petróleo y gas natural.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un importante gas de efecto invernadero, que controla la temperatura de la superficie terrestre, es decir que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Ello propicia que la radiación de calor emitida por la superficie planetaria sea absorbida por estos gases atmosféricos y sea posteriormente irradiada en todas direcciones. Parte de esa radiación llega a la superficie y a la atmósfera inferior, generando un incremento de la temperatura.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2007 define las emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) de origen fósil como: “Emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes de la quema de combustible extraídos de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas y el carbón”.

Otra definición es la que nos ofrece el Quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2013 sobre la emisión de combustibles fósiles es:” *Emisión de gases de efecto invernadero en particular, de dióxido de carbono) y otros gases traza y aerosoles producida por la quema de combustibles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón*”.

Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, productos de la industria. Esos gases contribuyen más o menos de forma neta al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y, de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

## **Radiación Infrarroja**

La radiación infrarroja tiene una gama de longitudes de onda ("espectro") distintiva, más larga que la longitud de onda del color rojo de la parte visible del espectro. El espectro de la

radiación infrarroja es, en la práctica, diferente al de la radiación solar o de onda corta, debido a la diferencia de temperaturas entre el Sol y el sistema Tierra Atmósfera. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

La radiación infrarroja o radiación térmica es un tipo de radiación electromagnética de mayor longitud de onda que la luz visible. Los procesos de calentamiento con emisores de infrarrojos destacan por una alta rentabilidad, debido a que la energía del calor se transmite a través de emisiones electromagnéticas. El cuerpo irradiado absorbe la emisión infrarroja y la transforma en calor. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2012).

La fuente primaria de la radiación infrarroja es el calor o radiación térmica. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que cero absoluto. (0 Kelvin, es decir,  $-273,15$  grados Celsius). Incluso los objetos que consideramos muy fríos emiten en el infrarrojo. Cuando un objeto no es suficientemente caliente para irradiar ondas en el espectro visible, emite la mayoría de su energía como ondas infrarrojas. En el caso de los seres vivos, la mayor parte de la radiación emitida es infrarroja. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2013).

La absorción de radiación infrarroja procedente de la Tierra es importante en el balance energético de la atmósfera. Esta absorción por los gases traza, calienta la atmósfera, estimulándolos a emitir radiación de onda más larga. Parte de esta radiación es liberada al espacio, en niveles muy altos y otra parte es irradiada nuevamente a la Tierra. El efecto neto de este fenómeno permite que la Tierra almacene más energía cerca de su superficie que la cantidad que podría almacenar si la Tierra no tuviera atmósfera, consecuentemente, la temperatura es del orden de  $33^{\circ}\text{C}$  más alta. Este proceso es conocido como el efecto de invernadero natural. Sin el efecto invernadero la temperatura promedio en la superficie sería aproximadamente de  $18^{\circ}\text{C}$  bajo cero y la vida en el planeta sería imposible. (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

## **Resiliencia**

*“Es la capacidad del sistema social o ecológico de absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de auto-organización ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio”.* (IPCC, 2007).

Cuando hablamos de resiliencia debemos entender que es la capacidad de sobreponerse a momentos críticos y a la adaptación del mismo, es decir cuando experimentamos una situación inusual o inesperada. Este concepto se utiliza en el lenguaje ambiental precisamente para mencionar las capacidades que se pueden sobreponer ante la superación de adversidades que traen los diferentes problemas ambientales, en este caso particular el problema del Cambio climático, todo con el fin de pensar en un mejor futuro tanto para el planeta como para todos los individuos. La resiliencia también es una aptitud que adoptan algunos individuos y se caracteriza por la postura que cada persona toma ante una situación difícil que logra superar.

*“En términos de la ecología, la resiliencia medioambiental o ecológica está referida a la capacidad que poseen los ecosistemas para enfrentar y acomodarse a factores perturbadores y mantener sus funciones pese a las alteraciones”.* (Del Nogal. A, 2020)

De tal manera que la resiliencia ambiental se puede medir en la cantidad de tiempo que les toma a los ecosistemas regresar a las condiciones de funcionamiento, procesos y servicios que poseían antes de enfrentar una variedad de circunstancias perturbadoras. La prueba de las capacidades de los sistemas naturales de los ecosistemas y del medio ambiente, así como la del ser humano que habita en ellos es parte de la resiliencia. Las alteraciones en el medio ambiente siempre estarán presentes tanto por perturbaciones naturales como por acciones antropogénicas, es decir aquellas que son causadas por actividades humanas, pero la capacidad de resistir, buscar soluciones y adaptarse en esencial para conservar y preservar el medioambiente.

La relación del Cambio Climático con la resiliencia ambiental debe entenderse como una alteración y un desafío que enfrenta tanto el ser humano como el medioambiente, ya que el Cambio climático es lo que pone a prueba la capacidad de resiliencia ambiental que se abordará en este estudio de investigación monográfico.

## **Mitigación**

*“Intervención humana destinada a reducir las fuentes o intensificar o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (GEI)”.* (IPCC, 2007).

*“Intervención humana para reducir el forzamiento antropógeno del sistema climático”*. (IPCC, 2007).

Se debe entender como mitigación a la serie de medidas que sirven o son previstas para minimizar el impacto perjudicial de un desastre.

Tradicionalmente, la mitigación ha tendido a concentrarse en el objetivo de reducir la intensidad de las catástrofes, o eventos desencadenantes de los desastres. Sin embargo, hoy se tiende a subrayar más la necesidad de mejorar las condiciones en las que vive la gente. Así, en un sentido amplio, la forma más efectiva de mitigación es la promoción de un desarrollo humano equitativo, que reduzca la vulnerabilidad de la población e incremente sus capacidades de forma duradera. Sin embargo, en un sentido más estricto, la mitigación suele referirse a un conjunto de medidas concretas para minimizar los perjuicios de los desastres provocados, sobre todo, por catástrofes naturales (ya que los asociados a conflictos civiles y emergencias complejas constituyen contextos mucho más difíciles e imprevisibles), ayudando a la gente a sobrevivir, a preservar sus sistemas de sustento y a poder afrontar mejor los desastres futuros. Por ello, es importante que las medidas de mitigación sean contempladas en los planes y programas de desarrollo a largo plazo, cosa que no suele ser habitual. ( Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2002).

En las acciones que se vinculan con la mitigación ambiental podemos encontrar a los acuerdos internacionales, los planes o protocolos ambientales de los países, las respuestas de los gobiernos, a las instituciones encargadas de hacer frente a la problemática, las acciones sociales, las acciones de las empresas, entre otros.

## **Vulnerabilidad**

Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del Cambio Climático y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del Cambio Climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación. (IPCC, 2007)

Otra definición que nos ofrece el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007 es:

Medida en que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del Cambio Climático, incluso la variabilidad climática y los episodios extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.

La vulnerabilidad es así la incapacidad que se tiene en una sociedad, una región, un país, un estado o incluso de manera mundial, con los sistemas que son sensibles al clima, por ejemplo, los ecosistemas, los recursos hídricos, la deforestación, el Cambio Climático, la salud, entre otros. Es decir, cuando decimos vulnerabilidad estamos hablando del grado de incapacidad de carácter social, económico o geográfico que se tiene para hacer frente a cualquier tipo de problema ambiental que se tenga. Desde luego esta vulnerabilidad ambiental se verá relacionada con una sociedad civil a la cual también deja en incertidumbre, en busca de un cambio y adaptación de una nueva forma de vivir.

Para entender mejor el concepto de adaptación el IPCC 2007 nos ofrece una definición precisa:

Ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes. La adaptación al Cambio Climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que puedan moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Un concepto asociado a la vulnerabilidad es el de sensibilidad que se define como el nivel en el que un sistema resulta afectado, ya sea negativa o positivamente, por estímulos relacionados con el clima. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en la producción de las cosechas en respuesta a la media, gama o variabilidad de las temperaturas) o indirecto (los daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debido a una elevación del nivel del mar). (IPCC, 2007).

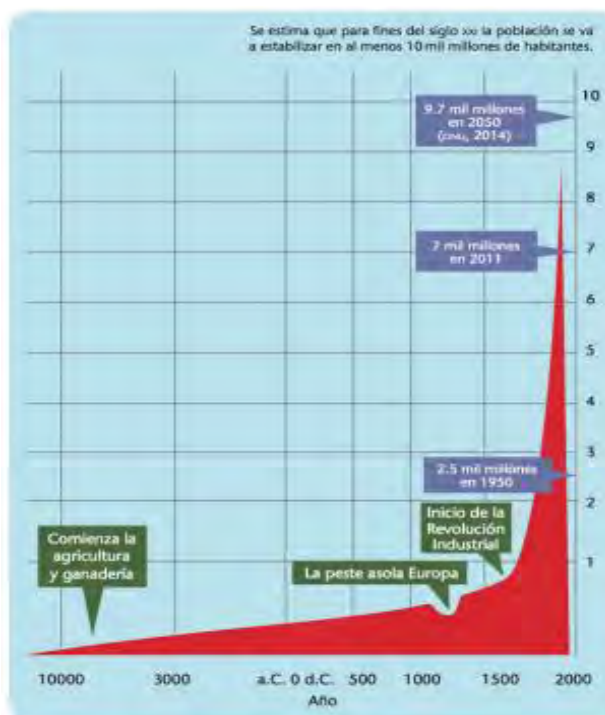
## **Capítulo I Causas del Cambio Climático**

### **1.1 Actividad Humana**

Siguiendo a nuestro autor y experto sobre el Cambio Climático Mario Molina en su libro “El Cambio Climático” edición 2017 nos encontramos con que hay tres factores fundamentales

que generan los problemas que ahora en nuestra actualidad vemos sobre el cambio climático. El primero de ellos es el crecimiento poblacional de nuestra especie, puesto que hemos adoptado una tasa exponencial, es decir va aumentando cada año, aunque es importante resaltar que de manera menos pronunciada que a mediados del siglo pasado, puesto que las familias ya no son tan numerosas como antes solían ser ya que el mantener a varios hijos en nuestra actualidad es más complicado por una variedad de desventuras donde principalmente resalta el nivel económico.

Figura 1.



Crecimiento exponencial de la población. Fuente: Asahi Glass Foundation, 2009.

Otro factor también de suma importancia es el incremento de los requerimientos de recursos energéticos y materiales que la población necesita para su subsistencia y que ha aumentado proporcionalmente con el crecimiento demográfico desde la segunda mitad del siglo pasado en adelante, en una proyección acelerada. El tercer factor tiene la característica especial de que muchos gobiernos y consorcios internacionales lo razonan con el refrán que dice “el fin justifica los medios”, ya que se refiere al desarrollo y aprovechamiento de nuevas tecnologías y adelantos industriales que proporcionan un gran beneficio económico para los países industrializados y las compañías inversionistas, buscando, según sus argumentos, el bienestar material de la población, pero minimizan las consecuencias negativas que sus prácticas van teniendo sobre el medio ambiente y esquivan cualquier compromiso que los obligue a dejar de dañar el ambiente e invertir en medios para disminuir la afectación negativa de sus labores en suelos, aguas y aire de las áreas que explotan.

Los tres factores fundamentales que generan los problemas del Cambio Climático son muy importantes pues de ellos derivan una variedad de elementos que se van haciendo cada vez más particulares de atender como dañinos, si nos pusiéramos a analizar cada una de las individualidades que representan un daño al medio ambiente estaríamos abarcando un análisis sin fin. Por ello siguiendo a nuestro autor de cabecera Mario Molina, es importante analizar primero el factor de la actividad humana ya que debido al uso de combustibles fósiles, urbanización, la actividad agrícola e industrial, la deforestación y los gases de efecto invernadero en cantidades extraordinarias, se produce uno de los problemas más significativos en el Cambio Climático dado que estos gases ya no pueden ser absorbidos por los mecanismos que naturalmente mantenían en equilibrio la composición química de la atmósfera antes de la Revolución Industrial. Lo cual deja en evidencia que la tercera parte del CO<sub>2</sub> emitido por las actividades humanas permanecerá en la atmósfera durante milenios, manteniendo su efecto de calentamiento atmosférico durante todo ese tiempo y desde luego representando ser la causa principal de la existencia del Cambio Climático.

La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se mantuvo relativamente estable entre 200 y 280 partes por millón (ppm) durante cientos de miles de años. Sin embargo, la actividad humana ha incrementado esa concentración a más de 400 ppm en poco más de dos siglos. Las proyecciones de las tasas anuales de incremento de CO<sub>2</sub> por el aumento en las demandas energéticas y de transporte son del orden del 40% entre ahora y el año 2030, debido



principalmente a las necesidades de los países en vías de desarrollo. Estas necesidades se habrán satisfecho con combustibles fósiles y sólo una proporción pequeña será cubierta por fuentes renovables de energía, en caso de que no se tomen las medidas necesarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Molina, 2017).

Desde luego la actividad humana contribuye al efecto del Cambio Climático, puesto que la humanidad es un constante generador de producción en base a la combustión de carbón, petróleo, así como las quemadas agrícolas y forestales por mencionar las más significantes, son la causa de la emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, quiero hacer hincapié en que el problema principal es la manera en cómo producimos y no el hecho de producir, puesto que si encontramos una forma de fabricar materiales con cero emisiones o conseguir una producción sustentable se podrían reducir hasta un 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Al margen de encontrar formas de fabricar materiales con cero emisiones podemos considerar otra medida que consistiría sencillamente en utilizar menos cosas, es decir reciclar más de lo que consumimos y fomentar la reutilización. Por supuesto esto no bastará para eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero, pero contribuirá a una menor contaminación. Por ejemplo, el diseñar edificios y carreteras sustituyendo el uso del cemento y el acero con madera contra laminada, que se fabrica con capas de láminas superpuestas y escalonadas, resultando ser lo bastante sólida y resistente para reemplazar el uso del cemento y el acero, demostrando que se puede seguir produciendo y solventando las necesidades de la humanidad mediante la producción sostenible, la reutilización de materiales y reciclamiento intensivo de lo que consumimos.

## **1.2 Actividad industrial**

Ahora bien, si hablamos del desarrollo industrial de un territorio podemos inducir que produce una fuerte reactivación socioeconómica y mejoras en la calidad de vida de la población, pero también por otra parte, provoca importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del aire, las aguas, los suelos, el agotamiento de recursos naturales y su degradación. Indudablemente todo ello influirá negativamente, de forma directa o indirecta sobre el bienestar, la calidad de vida y la salud de la población. Ahora bien, el siglo XX aportó numerosos ejemplos de la enérgica implementación de procesos de

industrialización en diversos países y territorios en aras de lograr un rápido desarrollo industrial y económico, pero sin considerar en su justa magnitud sus posibles impactos en el ambiente, es por ello que en nuestra actualidad es vital que para la prevención de los riesgos que se derivan de la contaminación industrial, sea imprescindible una estrategia de integración eficaz del desarrollo sostenible, donde la protección del medio ambiente esté incluida en los objetivos económicos y sociales de un país.

*“Por ejemplo, Las Plantas de Concreto son importantes para la economía de un país. Sin embargo, este tipo de industria ocasiona importantes impactos ambientales en cada uno de los pasos involucrados en el proceso industrial de producción del concreto”.* (Molina, 2017)

Debido al proceso de producción que utiliza la industria cementera, ésta se coloca como la tercera fuente de emisión de bióxido de carbono, después de la generación de la electricidad y del transporte vehicular. La energía utilizada en el proceso de fabricación de cemento genera alrededor de 5% del total de CO<sub>2</sub> emitido en el mundo. En el año 2000, esta industria a nivel mundial emitió poco más de 1,300 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>; cada kilo de cemento producido emite, en promedio, 0.85 kg de CO<sub>2</sub>; la mitad de las emisiones de este gas se da por el proceso mismo de producción, y el resto por el consumo de combustibles para la producción y el transporte del cemento. Las emisiones de CO<sub>2</sub> llegarán a ser muy altas si las tecnologías de producción de cemento no logran mejoras significativas. Entre las propuestas presentadas para enfrentar estos impactos están: instalación de colectores de polvo, fosas de sedimentación, planes de manejo de materiales peligrosos y no peligrosos, entre otras. (Molina, 2017).

Evidentemente el cemento no es el único material que utilizamos, También está el acero, (que se emplea en coches, barcos, trenes, maquinaria industrial, en las latas de alimentos, etc.) el vidrio y los plásticos. Sin embargo, este no es el único ejemplo de una actividad industrial como factor que influye en el impacto del Cambio Climático, porque según el sistema productivo, las industrias son la base del consumo y en cada una de ellas podemos encontrar ejemplos de industrias como lo son: la química, el armamento, los textiles, la aeronáutica, los automotores, la minería, los alimentos, entre otras.

Por lo tanto, debemos crear una Ecología Industrial, como la puerta hacia una nueva forma de pensar y actuar que nos conducirá hasta la meta del desarrollo sustentable. Ya que

el objetivo final al que tiende la Ecología Industrial, es precisamente garantizar el desarrollo sustentable a cualquier nivel: ya sea global, regional o local, de manera que relaciona a sus tres sectores; la física, la química y la biológica, logrando así una interrelación entre ellas. Si bien la Ecología Industrial pretende alcanzar el desarrollo sustentable, proporciona además las condiciones ideales para el adecuado desarrollo de la humanidad y de las futuras generaciones, por lo tanto es bajo esta línea como se debe regir la actividad industrial actual del mundo.

### **1.3 El tipo de tecnologías usadas para el desarrollo económico e industrial del mundo moderno**

Hay que recordar que todo lo que consumimos o usamos, desde el material con el que están hechas nuestras casas, nuestros autos, muebles, decoración, los edificios en los que llevamos a cabo nuestras tareas diarias, el tipo de pavimento de las calles, la ropa que vestimos y los alimentos que consumimos, etc., requieren de energía para ser producidos, mantenidos, empacados y transportados desde su punto de origen. Es así como se llegan a distribuir a las tiendas y a los consumidores.

Mayoritariamente, la energía requerida para llevar a cabo estas actividades se ha generado con combustibles fósiles. En consecuencia, el estilo de vida que seleccionamos, nuestro grado de consumo de bienes y recursos, los niveles de comodidad que elegimos, etc., tienen un impacto sobre las demandas de energía y consecuentemente sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, el cual es el principal responsable del Cambio Climático.

El consumo de combustibles fósiles principalmente el petróleo y el carbón son producto de la transformación de los ecosistemas que existieron hace muchas decenas de millones de años, siendo así el factor antropogénico más importante en la generación de gases de efecto invernadero y en promover el cambio climático. Como se ha mencionado, los gases de efecto invernadero han sido parte hereditaria de nuestra atmósfera y determinantes del clima actual de la Tierra.

Los sectores más demandantes de energía a escala global son el transporte, la industria y el sector doméstico-comercial. ¿Por qué? Tomemos como muestra al transporte no sólo porque es el demandante más importante de energía, sino también porque es el sector cuya

demanda está creciendo más rápidamente; pues utiliza alrededor del 30% del consumo energético mundial. En la historia de la humanidad nos desplazábamos sin depender de combustibles fósiles en absoluto. Puesto que caminábamos, cabalgábamos o navegábamos, luego a principios del siglo XIX, descubrimos cómo impulsar locomotoras y barcos de vapor con carbón, y ya no hubo vuelta atrás. Unas décadas después, los trenes, aparecieron transportando tanto a personas como mercancía de un continente a otro. Sin embargo, a medida que evolucionábamos, el automóvil de gasolina apareció a mitades del siglo XX y surgió a su vez la aviación comercial, que ha llegado a convertirse en un elemento esencial para la economía mundial. A pesar de que apenas han transcurrido doscientos años desde que comenzamos a quemar combustibles fósiles para transportarnos, ahora dependemos totalmente de ellos y será un desafío monumental eliminar las toneladas de carbono que liberan los medios de transporte en la actualidad, puesto que años tras año se van incrementando.

Para que tengamos una idea de lo anterior mencionado es importante resaltar que el uso del transporte personal (es decir de los vehículos particulares) representa el factor que incrementa más la demanda de energía.

En 2014 se vendieron un poco más de 71 millones de autos en el mundo, casi 12 veces más de los que se vendieron en 1951. Alrededor de 1,000 millones de vehículos (coches y camiones ligeros) ruedan en calles y carreteras del mundo y 25% de ellos se encuentran en los Estados Unidos, los cuales, junto con los vehículos de carga y transporte, contribuyen significativamente al calentamiento global. Los automovilistas estadounidenses recorren en sus autos una distancia igual que la de todos los otros conductores del mundo sumados. China tuvo el incremento porcentual mayor en número de vehículos. (Molina, 2017).

En suma, la mayor calidad de vida, el ritmo de vida del mundo globalizado, el transporte, las comunicaciones, el mayor consumo y el confort, son las mayores razones, entre otras, de que el hombre ocupe en la actualidad más energía per cápita.

## 1.4 El crecimiento poblacional

Se ha mencionado ya como otra de las causas primordiales del Cambio Climático, el calentamiento producido por el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que está estrechamente relacionado con el crecimiento poblacional que se ha vuelto acelerado y desproporcionado, esto ha llevado a la sociedad a intensificar el aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de cubrir las necesidades de alimentación, transporte y vivienda, que son los requerimientos básicos de la población para su bienestar. Satisfacer las necesidades básicas de la población incrementa proporcionalmente al aumento del crecimiento población va en ascendencia por ello el acompañado de políticas de orden mundial que obedecen a intereses económicos y de poder que generan impactos negativos sobre el ambiente, y que contribuyen con el agudizamiento de la problemática relacionada con el Cambio Climático debido al crecimiento población es de suma importancia.

Un ejemplo es la deforestación, desde hace miles de años como consecuencia de la revolución agrícola y la apertura permanente de ecosistemas naturales para la producción de alimentos para una creciente población. Como bien nos explica nuestro autor de cabecera Mario Molina: La deforestación ha tenido un incremento sin precedentes a partir del siglo XIX, siguiendo la pauta de un crecimiento demográfico exponencial. Entre 1950 y 1980 la agricultura se extendió en más ecosistemas naturales que en los siglos XVIII y XIX juntos. Cada año se pierden arriba de 12'000,000 ha. de bosques y selvas, de los cuales la mayor parte se encuentra en las zonas tropicales. La mitad de las 1,500 a 1,600 millones de hectáreas originales de selvas tropicales del mundo se han perdido en la actualidad y algunos pronósticos indican que, si las tendencias actuales de deforestación tropical persisten, para el año 2030 quedará relativamente bien preservado únicamente el 10% de las selvas del mundo. (Molina, 2017).

Como segundo ejemplo, el impacto de la población sobre el medio ambiente se relaciona con dos variables fundamentales: el consumo de recursos y la producción de desperdicios y contaminantes.

En el año 2000 había aproximadamente 6,000 millones de personas en el planeta, 21% en países industrializados y el 79% restante en países en desarrollo. Sin embargo, los países industriales eran responsables por cerca del 80% del consumo de recursos naturales a nivel mundial y cerca del 80% de la producción de desperdicios y contaminantes. (Molina, 2017).

Si calculáramos el impacto ambiental de la población con una medida uniforme, tal como la cantidad de recursos que consume una persona promedio en países en desarrollo, o la cantidad de desperdicios y contaminantes que produce esa misma persona, concluiríamos que como bien dice nuestro autor de cabecera Mario Molina: *“mientras en el año 2000 había 4,700 millones de personas en el mundo en desarrollo, el equivalente de los países industrializados sería de 1,300 millones de personas”*. (Molina, 2017). Cabe preguntar entonces dónde está localizado el problema poblacional desde el punto de vista del impacto ambiental. Si incorporamos a la discusión la larga historia de esclavitud, explotación y miseria impuesta por siglos a los países en desarrollo por los principales países industrializados, nos encontramos ante una gigantesca deuda ambiental, económica y social. El insostenible crecimiento de la población en los países en desarrollo se encuentra estrechamente vinculado a los extremos niveles de pobreza a que se encuentran sometidos, pobreza que es parcialmente una consecuencia del orden económico internacional, diseñado por los países industriales para fortalecer sus propios intereses, e impuesto al resto del mundo.

La devastación ambiental observada en países en desarrollo se vincula también a las relaciones políticas y económicas internacionales. Estos países deben cumplir con su función de exportadores de cada vez mayores cantidades de materias primas (recursos naturales) a un precio cada vez menor, para mantener la producción industrial y la riqueza de los países del “Norte”, internalizando los costos ambientales y sociales, a su vez ignorados por el sistema económico vigente. Gran parte de su población se halla en condiciones extremas de pobreza y marginalidad, mientras la minoría de la población en los países industrializados se enriquece cada vez más.

Cerca del 70% de las emisiones de CO2 acumuladas en los últimos 50 años se deben al consumo excesivo de energía en países industrializados y están entre las principales causas del calentamiento global, amenazando la estabilidad y seguridad de toda la humanidad y de los procesos ecológicos en todo el mundo, particularmente en los países tropicales. El crecimiento de la población es ciertamente uno de los principales problemas con que se enfrentan los países en desarrollo. (Molina, 2017).

Se necesitan acciones decisivas para resolverlo, tomando en consideración el respeto que merecen las características culturales, éticas y religiosas de los diferentes sectores de la humanidad.

La percepción del crecimiento demográfico en países en desarrollo como responsable de la debacle ambiental mundial está profundamente arraigada en la política internacional de la mayoría de los países industriales, como parte de su determinación por mantener el orden internacional existente, independientemente de cuán profundamente injusto sea para la mayor parte de la humanidad.

## **1.5 La demanda de energía y recursos de cada habitante del planeta**

Los recursos naturales que incluyen materiales, agua, energía y tierra fértil, forman la base de nuestra vida en la Tierra. Sin embargo, el rápido crecimiento de consumo de estos recursos por parte de la humanidad está causando daños considerables. Para que sigamos prosperando en este planeta, nuestro estilo de vida tiene que volverse más sostenible.

Hoy en día, el ser humano extrae y emplea alrededor de un 50% más de recursos naturales que hace 30 años, lo que se traduce en una media de 60 mil millones de toneladas de materias primas al año. Según las tendencias de crecimiento actuales, la extracción de recursos naturales podría aumentar hasta cien mil millones de toneladas en 2030. (Molina, 2017).

Las personas de los países más ricos consumen hasta diez veces más recursos naturales que aquellas en los países más pobres. Para crear un mundo más sostenible y equitativo, las regiones con altos niveles de uso de recursos per cápita, deberán disminuir drásticamente dicho uso en términos absolutos. Esta reducción dará una oportunidad a las

regiones más pobres para incrementar el uso de los recursos y así, superar la pobreza y mejorar su calidad de vida.

Sin embargo, la base en la que nuestra sociedad se sustenta está en grave peligro de sobreexplotación y colapso. Debido al crecimiento de la población mundial, a los altos niveles de consumo de recursos en el mundo desarrollado y a la rápida industrialización, la demanda global de recursos naturales y los problemas adyacentes están aumentando drásticamente. Muchos de los problemas que amenazan la supervivencia del ser humano en el planeta son el resultado del crecimiento de consumo de energía, agua y materia prima, el aumento de producción de residuos y emisiones, y el incremento del uso de superficie terrestre por parte del hombre. Las consecuencias medioambientales de esta demanda excesiva son evidentes. El cambio climático es el problema medioambiental más importante con relación al uso de los recursos naturales porque los ecosistemas globales y sus servicios medioambientales están deteriorándose. El consumo de los recursos y el bienestar material están íntimamente ligados a la justicia global, y no existe en estos momentos una distribución justa de los recursos entre los habitantes de nuestro planeta. Una estrategia para reducir el uso de los recursos no solamente disminuiría los problemas medioambientales, sino que también sería una ventaja competitiva en un mundo donde los precios de la materia prima y las limitaciones en los recursos están en aumento.

*“Ahora bien, el consumo energético mundial aumenta sin cesar, impulsado tanto por el crecimiento socioeconómico de las naciones como por el aumento de la población mundial, que alcanzará según estimaciones los 9,100 millones en el año 2050”.* (Molina, 2017).

Las abundantes reservas mundiales de combustible fósiles hacen suponer que este recurso seguirá siendo utilizado durante muchos años. No obstante, existe un límite que impone la protección y cuidado del ambiente ante la amenaza del Calentamiento Global. Es fácil comprender que mayor cantidad de personas en el mundo conducirá a un mayor consumo de energía. Porque los requisitos de mayor producción de alimentos, agua potable, consumo energético, producción de ropa, mayor explotación de materias primas entre otras demandas de los habitantes no surgen sólo de la mayor población, sino también del consumo más intensivo de cada individuo y estas necesidades energéticas del hombre actual son



mayores que antes y muy variadas. Por ejemplo, requiere más energía para el transporte. Muchas personas se trasladan a diario en largas distancias (cientos de kilómetros) para llegar a sus destinos cualesquiera que sean (oficinas, domicilios, vacaciones, supermercados, visitas al médico, etc.) kilómetros y kilómetros recorridos a diario que representan un mayor consumo de combustibles.

No podemos prescindir de la energía en ninguna de todas sus formas, pero somos conscientes de que un uso irracional y desmedido de las fuentes energéticas afecta negativamente al ambiente. Nuestra sociedad del siglo XXI se halla frente a un nuevo paradigma energético: incrementar la producción de energía con mínimas alteraciones al ambiente. Es mucho lo que hay que hacer en este sentido, desde el cambio de tecnologías hasta incorporar nuevas pautas de consumo. Lo cual sólo es posible a través de la colaboración y compromiso internacional y la participación de la sociedad en su conjunto.

## **Capítulo II Efectos**

### **2.1 Consecuencias del cambio climático**

#### ***Incremento de la temperatura***

La consecuencia directa más clara de la modificación del clima por el efecto de la acumulación de gases de invernadero en la atmósfera es la elevación de la temperatura media de la superficie del planeta, lo cual es el factor que dispara el cambio climático. En las conversaciones informales se habla indistintamente de cambio climático y de calentamiento global como sinónimos, lo cual no es del todo correcto. Este incremento de temperatura no ocurre necesariamente de manera homogénea en todas las regiones del planeta; en algunos lugares la temperatura puede incluso disminuir, y en otros aumentar significativamente; por eso nos referimos al valor promedio de la temperatura de la superficie de la Tierra. Este

ascenso de la temperatura promedio de la superficie del planeta genera cambios considerables en otros componentes del sistema climático, y tiene consecuencias físicas que a su vez generan modificaciones que afectan el clima y las condiciones de vida de grandes núcleos de población.

La evidencia más directa del aumento de la temperatura media del aire son las mediciones con instrumental en las estaciones meteorológicas del planeta. El promedio de los registros mundiales de temperatura del aire muestra un aumento de entre 0.5 °C y 1 °C en los últimos 150 años, aunque el aumento más pronunciado se presenta en los últimos 50 años. Basados en estos cambios y en los incrementos proyectados en diferentes escenarios de emisiones globales de gases de efecto invernadero, se han modelado distintas elevaciones futuras de la temperatura en la Tierra en función de las emisiones resultantes de los diversos escenarios. Una de las consecuencias inmediatas del incremento de la temperatura promedio de la superficie del planeta es la aceleración del proceso de deshielo de los casquetes polares y de los glaciares de las altas montañas del mundo. El hielo marino ártico se ha reducido dramáticamente y la tasa de pérdida se ha acelerado. En septiembre de 2016, la extensión de hielo marino del Ártico se situó en 4.14 millones de kilómetros cuadrados. Éste es el segundo punto más bajo de la historia, sólo encima del mínimo histórico de 2012 en el que llegó a 3.38 millones de kilómetros cuadrados. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2009).

## **Incremento del nivel del mar**

La cantidad de agua almacenada en los casquetes polares y en la cubierta de hielo de Groenlandia es enorme; sin embargo, el efecto que tendrían en la elevación del nivel del mar al fundirse esas masas de hielo no ocurre con las mismas consecuencias. La capa de hielo (de unos tres metros de espesor) que flota sobre el océano Ártico en el polo Norte no causaría diferencia alguna en el nivel del mar si se llega a fundir totalmente; en cambio el hielo que se encuentra sobre porciones de tierra firme como en Groenlandia y la Antártida modificaría grandemente el nivel del mar si llegara a fundirse del todo. En el primer caso elevaría el nivel del mar hasta siete metros, y en el segundo, la pérdida de todo el hielo antártico elevaría el nivel del mar hasta 70 metros. Ninguno de los modelos que simulan los cambios en el nivel del mar por la elevación de la temperatura para el presente siglo prevé una situación tan

extrema como las mencionadas, y hay una importante variabilidad entre unos modelos y otros. De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático por sus siglas en inglés (IPCC), 2014) la proyección más probable del incremento del nivel del mar para el año 2100 es de aproximadamente 65 a 75 cm en promedio. Es decir, en algunos sitios podría superar los 1.5 m. Pero se reconoce la posibilidad de que pueda incrementar considerablemente más.

Lo que sí es claro es que los modelos que se han utilizado para predecir los procesos de fundición de los hielos polares han subestimado de manera importante lo que ha estado pasando en la realidad: los casquetes polares se han ido fundiendo a una velocidad sensiblemente mayor que la predicha por los modelos. Se visualizaba como una posibilidad muy clara que el océano Ártico fuera transitable por barcos durante al menos el verano, lo cual ya sucede y permite un pasaje marino muy corto entre el Atlántico Norte y el Pacífico que podrá volver obsoleto, al menos parcialmente, al Canal de Panamá. Se presentarán daños a la mayor parte de los puertos del mundo por la elevación del nivel del mar, se complicarán los sistemas de drenaje en esas ciudades, además de la inundación de importantes extensiones habitadas que apenas se elevan o incluso se hallan por debajo de la cota del nivel del mar, como porciones de Bangladesh o de los Países Bajos. Sin embargo, las observaciones permanentes en la capa de hielo de Groenlandia y la Antártida reflejan tasas mayores de pérdida de hielo de las predichas. En estas zonas existe la posibilidad de desprendimientos de bloques de hielo de gran espesor por las grietas que se están formando al derretirse el hielo superficial. En la última década, las mediciones de deshielo en Groenlandia arrojan cifras que aumentan de 90 a 200 km<sup>3</sup> de hielo por año. (Tudela. F, 2004).

Un fenómeno asociado es la retracción de un gran número de glaciares de los sistemas montañosos más importantes del mundo como los Alpes, los Andes y los Himalayas. Aparte de contribuir a la elevación del nivel del mar, la fundición de estas masas de hielo genera dos serios problemas. El primero es la reducción del caudal de los ríos que alimentan a las poblaciones que dependen de ellos. Por ejemplo, los Himalayas nutren los ríos de los que depende cerca de 40% de la población mundial como los ríos Ganges, Brahmaputra, Yangtsé (en chino, Cháng Jiāng) y Amarillo (Huáng Hé), que se encuentran en la India, Pakistán, Bangladesh y China. El segundo problema es la formación de enormes lagos o represas en

las morenas de los glaciares que, al romperse, pueden inundar catastróficamente poblaciones muy densas aguas abajo. (Tudela. F, 2004).

## Incremento de huracanes de gran intensidad

La elevación de la temperatura del mar por el cambio climático global tiene como resultado un fenómeno que afecta directamente a México. Se trata de la intensificación de los huracanes o ciclones, fenómenos meteorológicos que, al elevarse la temperatura del mar, generan vientos de aire más caliente, mucho más intensos y cargados de agua, la cual se evapora de la superficie marina en mayor cantidad. Lo anterior sucede en algunas regiones del mundo en las que ocurren estos fenómenos. En años recientes ha habido un número significativo de ciclones, huracanes y tifones de gran intensidad. Aunque estos eventos hubieran ocurrido en ausencia del cambio climático, su intensidad sí se ha visto afectada por éste. Los efectos de estos meteoros en México han sido devastadores, tanto en las zonas costeras como en las montañosas, especialmente en las regiones donde ha habido grandes procesos de deforestación, como en las montañas de Chiapas, en la Sierra Madre del Sur, en Guerrero y el norte de Oaxaca, y en Veracruz.

Los casquetes polares se han ido fundiendo a velocidad sensiblemente mayor que la predicha. El océano Ártico ya empieza a ser transitable por barcos durante el verano.

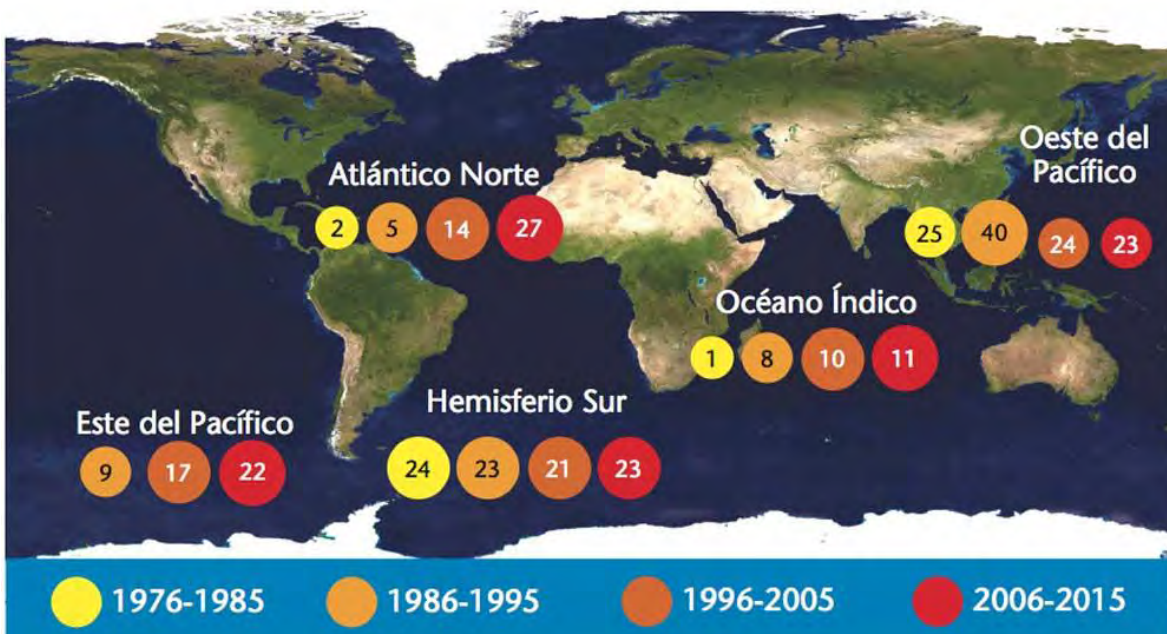


Figura 2.

Número de huracanes intensos (categoría 4 y 5) en todos los mares de 1976 a 2015. Fuente: Commonwealth of Australia, 2010, Bureau of Meteorology (ABN 92637533532); National Oceanic and Atmospheric Administration National Hurricane Center; National Oceanic and Atmospheric Administration; India Meteorological Department:WMO Regional Specialized Meteorological Centre-Tropical Cyclones, New Delhi;Météo France (RSMC La Réunion).

## **Cambios abruptos del clima**

El sistema que controla el comportamiento de la atmósfera y sus relaciones con el océano y las masas terrestres es muy complejo. En este sistema hay diversos factores que no actúan de manera lineal, y por lo tanto no es fácilmente predecible. En consecuencia, los fenómenos climáticos y su influencia sobre la Tierra tampoco son sencillos de predecir a partir de cambios conocidos, como el aumento de bióxido de carbono en la atmósfera.

En las últimas dos décadas, el número de ciclones, huracanes y tifones de gran intensidad ha incrementado en promedio 26% a nivel global; no obstante, en algunas regiones como el Atlántico, el Este del Pacífico y el Índico ha aumentado su frecuencia 5, 3 y 1.4 veces, respectivamente.

Pueden ocurrir cambios imposibles de pronosticar con consecuencias impredecibles al llegar a un umbral desconocido desde el cual puede dispararse una transición a un nuevo estado, a una velocidad muy superior a la del factor que causó ese cambio. Existen procesos caóticos en el sistema climático que provocan que un cambio abrupto ocurra a partir de uno muy pequeño e indetectable del factor causante; un ejemplo sería el incremento de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Lo abrupto del cambio debe entenderse como una modificación que ocurre de manera tan rápida e inesperada que, en una escala humana de tiempo (es decir, de varias o muchas generaciones), la sociedad no tiene manera de adaptarse a él sin costos sociales y económicos enormes. Con frecuencia esos cambios abruptos son irreversibles; por ejemplo, la extinción de una especie debido a un cambio en el clima al cual esa especie no pudo adaptarse. La literatura reciente sobre cambios abruptos indica que, cuando la temperatura promedio de la

superficie de la Tierra alcance ciertos puntos críticos (ciertamente no bien conocidos), puede suceder que algunos elementos del sistema climático lleguen a un nuevo estado y que éste sea prácticamente irreversible con graves consecuencias para la humanidad; por ejemplo, el derretimiento de la cubierta de hielo de Groenlandia, la desaparición del sistema selvático del Amazonas o del bosque boreal (taiga), y la disminución de las lluvias del monzón en Asia, uno de los principales productores de alimentos del mundo. Es decir, una vez que se alcance ese “punto crítico”, un pequeño cambio adicional en la temperatura puede tener un impacto desproporcionadamente grande en el clima.

Cuando la temperatura promedio de la superficie de la Tierra alcance ciertos puntos críticos puede suceder que algunos elementos del sistema climático lleguen a un nuevo estado y que éste sea prácticamente irreversible, con graves consecuencias para la humanidad.

## **2.2 Cambios en la composición química de la atmósfera**

Al describir la composición de la atmósfera nos hemos referido a aquellos componentes que actúan como deflectores de la radiación infrarroja de la superficie terrestre, lo que causa que la temperatura promedio de la superficie del planeta sea mayor que la que habría sin la existencia de esos gases, y que sería tan baja que no habría vida como la conocemos en la Tierra. La actividad humana genera, por el uso de combustibles fósiles, por la actividad agrícola e industrial y por la deforestación, varios de esos gases de efecto invernadero en cantidades extraordinarias, los cuales ya no pueden ser absorbidos por los mecanismos que naturalmente mantenían en equilibrio la composición química de la atmósfera antes de la Revolución Industrial, en el siglo XVIII. Esos gases (bióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno) aumentan constantemente su concentración en la atmósfera. Solamente en relación con el CO<sub>2</sub> se calcula que se acumulan porque ya no se pueden absorber en los sistemas ecológicos alrededor de 3 500 millones de toneladas anuales en la atmósfera, incrementando seriamente el efecto invernadero. Además, todos estos gases se distribuyen uniformemente en la atmósfera global, independientemente de dónde se generen, y algunos son de enorme duración: por ejemplo, la tercera parte del CO<sub>2</sub> emitido por las actividades humanas permanecerá en la atmósfera durante milenios, manteniendo su efecto de

calentamiento atmosférico durante todo ese tiempo. Las actuales concentraciones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en la atmósfera alcanzan más de 400 ppm el primero y más de 1.8 ppm el segundo, aunque molécula por molécula éste tiene un impacto en el calentamiento global aproximadamente 30 veces más intenso que el CO<sub>2</sub>.

## **2.3 Principales factores responsables del cambio climático**

Durante los últimos 150 años las sociedades del mundo han contaminado la atmósfera con gases de efecto invernadero (GEI) que tardan decenas o incluso miles de años en degradarse. En la generación de estos gases participamos, en mayor o menor medida, todos los países y todos los habitantes del planeta mediante las actividades cotidianas de la vida. La aportación de cada país depende de su nivel de desarrollo, del crecimiento de la economía, del tamaño de la población y de sus hábitos de consumo, de las tecnologías que se emplean en la producción de bienes y servicios, y de la deforestación, entre otros factores.

### **Emisiones globales de gases de efecto invernadero**

Para determinar las emisiones anuales de GEI de cada país, se realizan diferentes estimaciones a partir de datos económicos y demográficos; de estas estimaciones se establecen variables de emisión per cápita, de intensidad de carbono, de intensidad energética, y de ello se calculan las emisiones acumuladas por país.

Las emisiones mundiales de GEI causadas por las actividades humanas han aumentado 60% entre 1970 y 2011, al pasar de 29 a 46 GtCO<sub>2</sub>e (Semarnat e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2012). Este crecimiento superó las expectativas que se tenían en el momento de la firma del Protocolo de Kioto, del que se habla más adelante, y se rebasaron los peores escenarios previstos por el IPCC en sus primeros reportes.

Los principales GEI están representados por el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub> = 74%), el metano (CH<sub>4</sub> = 16%) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O = 8%), entre otros.

El crecimiento de las emisiones de bióxido de carbono a la atmósfera a partir de la Revolución Industrial fue vertiginoso. Hasta 1750 se generaban sólo 11 millones de toneladas anuales de este gas; en 1900 este volumen se incrementó a casi 2 000 millones; 50 años después se triplicó (6 000 millones) y en 1980 superó el triple de esta cifra (19 500 millones).

El ritmo de crecimiento de emisiones de este gas disminuyó entre 1975 y 1990, y volvió a aumentar entre 1990 y 2010, con lo cual alcanzó las 33 000 millones de toneladas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2012). Este volumen de CO2 excede la capacidad de los sumideros terrestres y marinos para absorberlo y, por lo tanto, año con año se acumula en la atmósfera, acercándose en la actualidad a niveles peligrosos. La concentración promedio de este GEI llegó, en 2016, a 402 ppm, volumen sin precedente en el último millón de años.

Las principales actividades que generan el conjunto de GEI, esto es, el bióxido de carbono y otros más, son principalmente la quema de combustibles fósiles (73%), las actividades agrícolas y sus insumos (13%), diversos procesos industriales (6%), el cambio de uso de suelo y la degradación de ecosistemas forestales (5%), así como los residuos sólidos (3%).

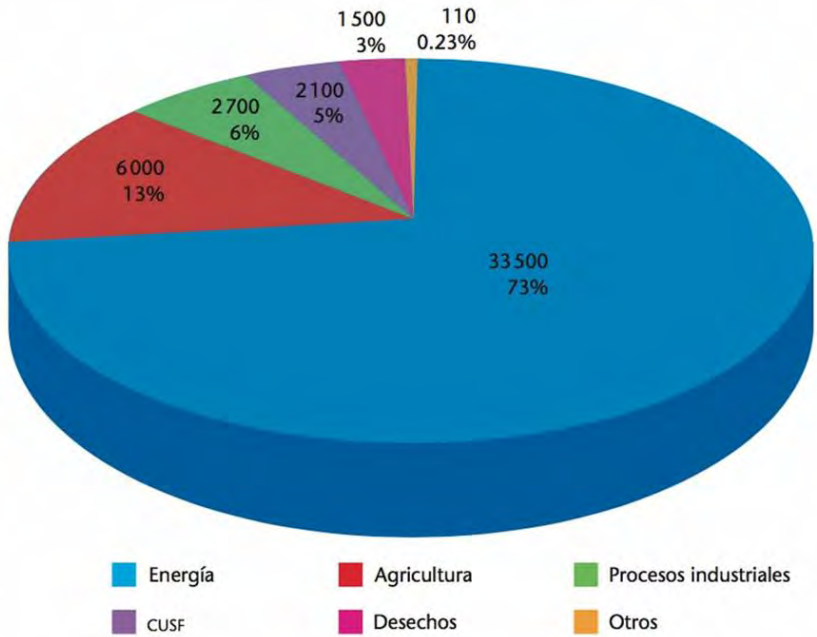


Figura 3.



Emisiones de GEI por sector, en gigatoneladas por año. Fuente: CAIT,2015.

La quema de combustibles fósiles se realiza principalmente para la producción de energía, la cual a su vez se utiliza para generar electricidad (43%), manufactura y construcción (19%) y transporte (18%), entre otros usos. Las tendencias observadas en las últimas dos décadas son de un incremento considerable de GEI por este factor; en 1990, 2000 y 2011 las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles correspondieron a 68%, 69% y 73% del total de GEI, respectivamente.

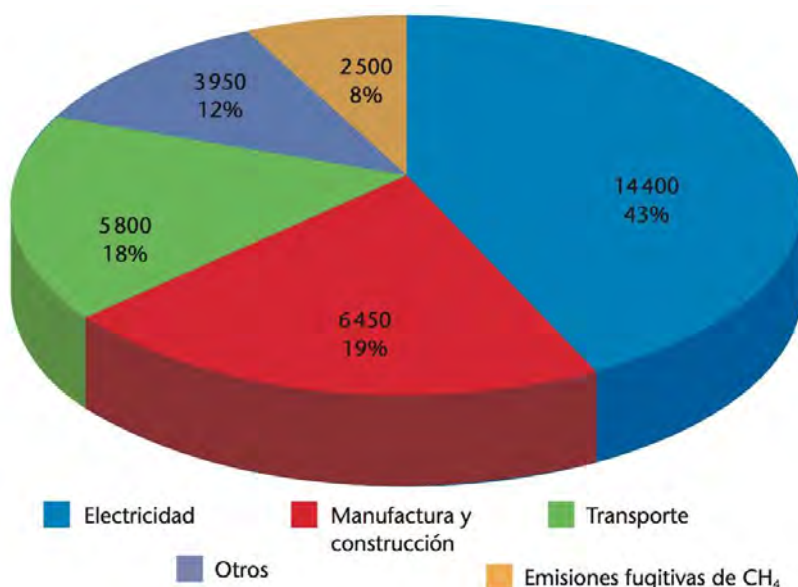


Figura 4.

Emisiones de GEI del subsector energía, en gigatoneladas por año. Fuente:CAIT,2015.

En contraste, las emisiones de GEI provenientes del cambio de uso de suelo y degradación de ecosistemas forestales (CUSF), de acuerdo con el WRI (CAIT), han disminuido en los últimos años, lo cual se debe a que, por un lado, la deforestación se contrajo en algunos países, pero sobre todo a que se han incrementado los sumideros mediante la reforestación y las plantaciones forestales. En 2011 se reportó un volumen de emisiones proveniente de CUSF de 3.8 GtCO<sub>2</sub>e, de las cuales se absorbieron 1.7 GtCO<sub>2</sub>e, arrojando un balance neto de 2.1 GtCO<sub>2</sub>e acumulados en la atmósfera en ese año, equivalente a 5% de total de GEI. Esto contrasta con las cifras de años anteriores: en 1990 el balance fue de 2.3 GtCO<sub>2</sub>e, que representó 7% de total de GEI, y en 2000 era de 2.6 GtCO<sub>2</sub>e, equivalente a 7%.

Cabe hacer notar que la disminución para el año 2011 es no sólo porcentual sino también en términos absolutos, aunque hay mucha incertidumbre en todas estas estimaciones. El incremento de sumideros terrestres y la disminución de la deforestación, además de ser buenas prácticas que contribuyen a la mitigación del cambio climático, tienen implicaciones ambientales y sociales positivas en cuanto a la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales que ésta presta.

Las tendencias correspondientes a las emisiones de GEI provenientes de las actividades agrícolas son semejantes a las de cambio de uso de suelo y degradación de ecosistemas forestales; para los años 1990, 2000 y 2011 representaron 17%, 15% y 13% del total de GEI respectivamente, aunque en términos absolutos se registró un incremento. Ésta es un área que ofrece grandes oportunidades para disminuir la generación de GEI, lo cual, además de contribuir a la mitigación del cambio climático, aportará beneficios en la salud humana, en los ecosistemas y en la calidad del suelo, ya que muchos de los GEI provenientes de esta actividad están relacionados a los agroquímicos y a las quemas agropecuarias anuales.

En cuanto a las emisiones por la inadecuada disposición de residuos sólidos, este sector representa la tercera fuente más importante de generación de metano; las emisiones provienen principalmente de la disposición final de residuos (rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto). Los GEI generados corresponden a 3.4%, 3.5% y 3.2% del total en los años 1990, 2000 y 2011 respectivamente. El manejo adecuado de residuos sólidos es igualmente un área muy importante en la que se pueden alcanzar mejorías sustantivas, las cuales repercutirán positivamente en la salud humana y de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

## **2.4 La pérdida de diversidad biológica: Impactos del cambio climático en la salud humana.**

A escala global, el clima es un determinante primario de la distribución de los tipos de vegetación y, en consecuencia, de la biodiversidad. México, debido a su ubicación latitudinal, su topografía y la influencia de los mares que lo afectan, contiene casi todos los tipos de ecosistemas del mundo. Los ecosistemas del mundo se han agrupado en biomas regiones definidas por una vegetación característica que responden a climas específicos y por lo tanto

presentan un patrón de distribución específico en el planeta. Sin embargo, esa relación parcialmente clara entre climas y vegetación a escala global se vuelve más compleja en una escala regional o local. Esto se debe, por una parte, a que los promedios ocultan variaciones importantes y, por la otra, a que otros factores como la geología, el tipo de suelos y la topografía local modifican significativamente las condiciones ecológicas del lugar y en consecuencia la respuesta de la vegetación. Además, la variación estacional de los mismos valores de temperatura y precipitación, aunque resulten en promedio muy similares, generan respuestas muy diferentes en la vegetación.

Las características fisiológicas de las plantas son un elemento adicional que define el tipo de vegetación de una localidad. En general, las especies llamadas tropicales no resisten temperaturas menores a 10 °C, lo cual define un límite térmico en su distribución. Otras plantas, como las de zonas áridas, pueden resistir heladas gracias a sus adaptaciones, que disminuyen el volumen de agua de sus tejidos blandos para que no se formen los cristales que rompen los tejidos en temperaturas de congelación. Otras especies tienen adaptaciones que les evitan el estrés hídrico de temporadas calientes y secas, porque se deshacen de sus hojas en estos periodos. El número de estas respuestas fisiológicas a las diferentes combinaciones de factores climáticos es muy extenso.

Las plantas y los animales responden a cambios climáticos en escalas temporales mayores a las de la estacionalidad anual, además de sus expresiones fisiológicas y fenológicas, por movimientos migratorios. Desde luego, las especies de mayor movilidad como las aves o los grandes mamíferos pueden tener respuestas más rápidas a esos cambios en el clima que los reptiles, los anfibios o las plantas. Así ocurrieron las grandes migraciones de organismos en respuesta a los procesos de glaciación y deshielo. En ese caso, muchos de los organismos tuvieron la oportunidad de responder al cambio del clima con movimientos migratorios en la dirección de los climas más favorables porque el proceso de cambio ocurrió con relativa lentitud, a lo largo de decenas o cientos de miles de años. Pero cuando esa alteración sucede en pocas décadas como en el presente la situación tiene otras consecuencias para los organismos sujetos a esos cambios más súbitos.

Las actuales tasas de cambio de las condiciones climáticas globales han despertado el interés y la preocupación de la sociedad, y son el origen de muchos estudios para comprender y predecir qué tipo de modificaciones se esperarán de los ecosistemas en respuesta a ese

cambio climático. Éste es un tema por demás difícil y complejo. Apenas se conocen las respuestas fisiológicas y de comportamiento de unos cuantos cientos de especies, en particular vertebrados y algunas plantas (fundamentalmente árboles) de zonas templadas; con todo, el conocimiento de cómo responderá un pequeño conjunto de especies de una región a determinados cambios, básicamente de temperatura, provee información muy limitada para predecir el comportamiento del ecosistema entero donde se encuentran dichas especies.

Las grandes migraciones de organismos (en respuesta a las glaciaciones y deshielos) ocurrieron a lo largo de decenas o cientos de miles de años, pero en la actualidad los cambios del clima están ocurriendo en pocas décadas, con altos riesgos para las especies.

La mayor parte de los estudios analiza la respuesta de los organismos a cambios en la temperatura, con varios niveles de incertidumbre, en los que hay diversas evidencias de cambios poblacionales, de fenología y de comportamiento; las relaciones con cambios en la precipitación son aún poco conocidas. Las respuestas a la combinación de ambos elementos (temperatura y precipitación) y su sinergia con otros elementos, como disponibilidad de agua en el suelo, cambios en las características de los suelos, química atmosférica, son prácticamente inexistentes. Los efectos de incremento de temperatura serán mucho más marcados en latitudes altas (al norte y sur de los hemisferios) que en las zonas intertropicales.

En contraste, en las zonas intertropicales libres de estaciones con variabilidad térmica marcada hay menos respuesta a cambios térmicos pero mayor respuesta a cambios en la disponibilidad de agua en el suelo por la estacionalidad de la precipitación. Cambios en la temporada seca generarán cambios fenológicos importantes afectando la floración de las plantas, la interacción planta-animal (como la herbivoría), la polinización, etcétera.

En lo que se refiere a la respuesta de animales, mayores temperaturas estimulan una mayor velocidad en el proceso de metamorfosis de los ectodérmicos, es decir, los que no tienen capacidad metabólica interna de regular la temperatura de su cuerpo todos los insectos o los reptiles. Lo anterior puede significar más generaciones por año de especies de vida corta (insectos) y posiblemente con menores tamaños corporales. Los insectos dependientes de la temperatura para volar pueden cambiar sus hábitos reproductivos y alimentarios afectando el tamaño de su población y a las especies de las que se alimentan o de las que son fuente de alimento. El periodo de “descanso” de muchas poblaciones de insectos (conocida como

diapausa), en la que se encuentran en un estado de latencia como huevecillos en el suelo o en diferentes partes de la vegetación, se altera también por cambios en la temperatura.

Los cambios fenológicos de plantas y animales podrán representar modificaciones importantes en la disponibilidad de alimento para depredadores y herbívoros, que pueden ser tan severos que significarían la desaparición de especies o de sus poblaciones; sin embargo, los resultados de esas interacciones son en su mayoría desconocidas por los ecólogos. Un grupo especialmente afectado son las especies migratorias, ya que muchas de ellas acoplan sus procesos migratorios por elementos del fotoperiodo (es decir, por lo largo del día) y no por las variaciones en la temperatura. Pero también existe “la otra cara de la moneda”: los animales que pueden regular internamente su temperatura podrán gastar menos energía y tiempo para esta función y aprovecharla para obtener más alimento, buscar mejores sitios para anidar, tener más tiempo para encontrar a sus presas, etcétera.

Los cambios fenológicos de plantas y animales podrán representar modificaciones importantes en la disponibilidad de alimento para depredadores y herbívoros, las cuales pueden ser tan severas que significarían la desaparición de especies o de sus poblaciones.

A escala global se han generado varios escenarios del impacto del cambio climático sobre la diversidad biológica; de ellos se pueden derivar algunos patrones generales como los siguientes: 1) los sistemas más vulnerables a los cambios climáticos serán las islas, los lagos, y algunos sistemas fluviales por su aislamiento y relativa baja diversidad biológica; 2) los ecosistemas de clima mediterráneo aparecen como particularmente vulnerables porque se darían en ellos serios procesos de desecación y estrés hídrico, lo que afectaría seriamente a las plantas y animales de esas regiones; 3) por razones de su desarrollo urbano y turístico, los corredores ribereños y zonas costeras estarán sometidos a intensos cambios de origen antropocéntrico que exacerbarán los producidos por cambios en el clima y la elevación del nivel del mar; 4) dentro de cada ecosistema, las zonas limítrofes de los mismos estarán más sujetas a estrés por razones climáticas; 5) las partes altas de montañas en la zona intertropical verán sus ecosistemas profundamente modificados, ya que la biodiversidad original seguramente desaparecerá al no tener a dónde ir más arriba de la montaña; 6) se visualiza que los principales arrecifes, como el australiano, quedarán reducidos a 10% hacia mediados del presente siglo.

## **Impactos del Cambio Climático en la salud humana**

El cambio climático plantea una serie de amenazas para la salud humana y la supervivencia en múltiples formas. Muchas de las consecuencias del cambio climático están relacionadas con la salud, ya sea de forma directa o indirecta. Un ejemplo de los impactos directos incluye lo que experimentan las personas al presentarse ondas de calor extremas. Otros ejemplos son las enfermedades relacionadas con vectores (tales como mosquitos) que expanden su zona de influencia en la medida que se va incrementando la temperatura, y las diversas afecciones que incluso llegan a costar vidas causadas por fenómenos meteorológicos extremos tales como incendios forestales, inundaciones y sequías. Por otro lado, la mayoría de las consecuencias del cambio climático involucran impactos indirectos en la salud; por ejemplo, el consumo de agua y alimentos de baja calidad que ocurren después de inundaciones y tormentas ocasiona un aumento en la frecuencia de epidemias y enfermedades diarreicas. Otros impactos indirectos incluyen afectaciones al bienestar de la población, tales como alteraciones sociales, económicas, psicológicas y demográficas causadas por poblaciones desplazadas o por la degradación del entorno, lo cual implica la creación de refugios temporales para la población afectada o desplazada durante el desastre climático.

Algunos grupos de población son particularmente vulnerables a los efectos del cambio climático en la salud, ya sea a causa de las desigualdades socioeconómicas existentes, las normas culturales o debido a factores intrínsecos. Estos grupos incluyen mujeres, niños y personas mayores, así como personas con problemas crónicos de salud y las comunidades pobres y marginadas. También existen impactos que, si bien no dañan directamente la salud, sí afectan la calidad de vida de un gran número de habitantes, lo cual limita objetivos del desarrollo, como el combate a la pobreza.

Después de sólo 0.85 °C de incremento en la temperatura muchas amenazas anticipadas ya se han convertido en impactos reales. En 2015 The Lancet, la prestigiosa revista médica británica, conformó una Comisión sobre Salud y Cambio Climático, y se unió a los diferentes esfuerzos de otras academias de ciencias y de la comunidad médica con el objetivo de contribuir a la difusión de los impactos del cambio climático y de las políticas necesarias para atender los retos que representa. El hallazgo más importante de esta comisión

es que, dado el potencial que tiene el cambio climático de revertir muchos de los avances logrados en materia de salud gracias al desarrollo económico, y los cobeneficios a la salud que se pueden alcanzar con una economía sustentable, la lucha contra el cambio climático podría significar una gran oportunidad para mejorar la salud global en el presente siglo.

Algunas de las recomendaciones que hace esta comisión a los gobiernos son: invertir en investigación, monitoreo y supervisión de los efectos del cambio climático sobre la salud pública, a fin de comprender mejor las necesidades de adaptación, así como contar con una mejor estimación de los cobeneficios que tienen las medidas de mitigación.

Ampliar el financiamiento para crear sistemas de salud resilientes al cambio climático en todo el mundo. Apoyar la cuantificación precisa de las enfermedades evitadas por la mitigación del cambio climático. Adoptar mecanismos para promover el papel de la comunidad médica y de la salud como parte vital del progreso para combatir el cambio climático.

## **2.5 Daños de los eventos hidrometeorológicos extremos México:**

### **Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.**

El dramático cobro de vidas humanas y los enormes costos sociales, económicos, ecológicos y políticos que han provocado los fenómenos hidrometeorológicos extremos en los últimos años son el principal llamado de atención sobre la necesidad de preocuparse y ocuparse de la prevención.

La pérdida mundial provocada por estos eventos ascendió aproximadamente a 83 000 millones de dólares durante la década de 1970, periodo en el que se registraron 29 eventos de gran envergadura. Para la década de los noventa estos eventos se incrementaron a 74 y provocaron pérdidas por 440 000 millones de dólares. (Gates. D, 1993).

Por su parte el IPCC (2012) señala que las estimaciones de pérdidas anuales han variado de unos pocos miles de millones de dólares en 1980 a 200 000 millones de dólares en 2010, con el valor más alto en 2005 debido al ciclón Katrina, que inundó la ciudad de Nueva Orleans.

Las compañías que ofrecen seguros contra desastres naturales reportan que entre 1987 y 1996 tuvieron 15 sucesos cuyos costos fueron mayores a mil millones de dólares por

evento. En particular la aseguradora Munich Re reportó pérdidas de 3 200 millones de dólares, ocasionadas por 14 300 eventos relacionados con el clima durante el periodo de 1980 a 2015. (IPCC, 2012). A pesar de que estas cifras son abrumadoras, hay que reconocer que las estimaciones están por debajo de la realidad, ya que la gran cantidad de vidas humanas, el patrimonio cultural y los servicios ecosistémicos, especialmente en los países en desarrollo, no se valoran monetariamente y la economía informal no se cuantifica.

En cuanto a la población, un poco más de mil millones de personas viven en zonas expuestas a ciclones tropicales, y alrededor de 800 millones están en áreas de inundaciones potenciales; se calcula que entre la década de 1980 y el presente han sido afectadas 200 millones de personas (PNUMA, 2015), y en México, entre 2001 y 2013 el número de personas afectadas superó los 15 millones (PNUMA, 2015).

Por otro lado, el aumento del nivel del mar, el cual ya en 2005 se determinó que fue de 0.7 cm (IPCC, 2007), se ha convertido en una amenaza real para millones de personas en el mundo. Algunos indicadores de este hecho son los siguientes: la densidad de población en las costas es el doble que el promedio de la densidad de la población mundial; más de 100 millones de personas viven en áreas que no exceden un metro de altitud sobre el nivel del mar; más de 60% de la población global vive dentro de un margen de 100 km de la línea de costa; 21 de las 33 megalópolis están localizadas en las costas de países en desarrollo, muchas de las cuales se establecieron en zonas inundables (PNUMA, 2015). Los más amenazados son los pequeños estados insulares del Pacífico, que pueden perder la mayor parte de su territorio bajo el mar. Las proyecciones al año 2050.

Se estima que los daños por fenómenos hidrometeorológicos extremos han rebasado en promedio 5% del PIB de los países de bajo nivel de ingreso. Por su parte, el IPCC (2012) señala que entre 2001 y 2006 las pérdidas alcanzaron 1% del PIB de los países con desarrollo intermedio; en contraste, en los países desarrollados estas cifras no rebasaron 0.1%. Un caso extremo es el de los pequeños estados insulares, cuyas pérdidas han excedido en algunos casos hasta 8% del PIB durante el periodo de 1970 a 2010.

Se está configurando un nuevo círculo vicioso entre pobreza, desastres y rezago económico y social, lo que agrava la vulnerabilidad y, en consecuencia, aumenta los riesgos. Uno de los rasgos de la nueva situación es que los desastres afectan más las capacidades de los países pobres para mejorar su infraestructura, incrementar activos productivos y



acrecentar los servicios educativos y de salud y las comunicaciones. Se avanza muy lentamente en la construcción de estos servicios, los cuales pueden perderse en pocas horas.

Se estima que 90% de los fenómenos hidrometeorológicos extremos ocurren en países en vías de desarrollo, por estar ubicados en las regiones intertropicales y áridas del planeta. Durante el periodo 1970-2008, alrededor de 95% de las pérdidas humanas relacionadas con estos fenómenos ocurrieron en países en desarrollo (IPCC, 2012).

Las zonas tropicales son más vulnerables a las expresiones climáticas extremas del calentamiento global, y éstas se encuentran ocupadas principalmente por países en vías de desarrollo. En estas regiones la producción de alimentos es altamente sensible al cambio climático. Debido a que dichos países tienen una enorme dependencia de la agricultura 75% de la población más pobre del mundo (1 000 millones de personas) vive en zonas rurales y depende de la agricultura, los impactos del cambio climático, incluso con incrementos reducidos de temperatura, serán más pronunciados en estos países. (SEMARNAT, 2006).

Por otro lado, se estima que en las zonas áridas y semiáridas del planeta la incidencia de sequías se ha cuadruplicado de 12 a 48 episodios anuales desde 1975, y que se pierden anualmente 42 000 millones de dólares por el decaimiento de la productividad agrícola, lo cual se ha convertido en la principal causa de emergencia alimentaria.

El Centro de Monitoreo sobre los Desplazados Internos reportó que, en 2014, 22 millones de personas pertenecientes a 119 países se vieron obligadas a abandonar sus hogares por los desastres naturales, lo cual significó el triple de los desplazados por conflictos sociales. Entre ellos, la mayoría pertenece a la región de Asia, donde 19 millones de personas (87%) emigraron por estas causas. Por ejemplo, sólo el tifón Haiyan de 2013 ocasionó en Filipinas el desplazamiento de más de cuatro millones de personas. (Molina, 2017),

En la región de América Latina y el Caribe, las personas afectadas por estos eventos extremos pasaron de 147 millones en 1981 a 211 millones en 2000. Se estima que las pérdidas ascendieron de 8 500 millones de dólares en el periodo 1972-1980 a 17 800 millones entre 1980-1990 (PNUMA, 2015). En total, entre 1970 y 2007 la pérdida económica por estos eventos fue aproximadamente de 80 000 millones de dólares. Estos cambios están vinculados al incremento en la intensidad de los episodios de El Niño Oscilación del Sur (ENOS). En los años 1982-1983 y 1997-1998 ocurrieron los dos episodios ENOS más intensos de la época reciente, y se estima que causaron daños en el sector agropecuario de la región andina por

cerca de 20% del total de la producción. Además, se reporta que un caso nunca visto fue la llegada del ciclón Catarina en Brasil en 2004, y un aumento de las precipitaciones al sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, noroeste de Argentina y noreste de Perú y Ecuador. (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), 2007).

En el caso de Centroamérica, los daños causados por eventos hidrometeorológicos extremos entre 1970 y 2000 ascendieron a 80 millones de dólares, lo que correspondió a 2% del PIB de la región. Se estima también que entre 1990 y 1999 perdieron la vida en estos eventos cerca de 20 000 personas, y que otras 4.5 millones fueron afectadas. La vulnerabilidad de la región se evidenció con el huracán Mitch de 1998, el cual se calcula que canceló una década de desarrollo de la región, cobró 9 214 vidas y afectó a más de un millón de personas con un costo de 6 000 millones de dólares. (Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), 2007).

El caso del Caribe es un ejemplo claro de la contribución que tienen las condiciones locales y el desarrollo de capacidades para amortiguar los daños. En Haití el huracán Jeanne causó 2 700 muertes, mientras que en la misma isla, en la República Dominicana, la pérdida fue de sólo 20 vidas. La diferencia consistió en las capacidades creadas de alerta temprana para enfrentar estos eventos y en la existencia de cobertura vegetal, la cual en Haití no es más que 1% del territorio, mientras que en República Dominicana es de 25% (PNUMA, 2015)

La situación se agrava por el acelerado crecimiento demográfico que aún persiste en muchos de los países en desarrollo: la pobreza, las limitadas capacidades para hacer frente a un clima incierto, la falta de tecnología y, por supuesto, la carencia de recursos económicos. Este conjunto de factores coloca a los países en desarrollo en condiciones altamente vulnerables al cambio climático, con menos posibilidades de adaptarse, a pesar de ser los que menos han contribuido a la generación del problema.

La frecuencia de los eventos hidrometeorológicos extremos ha aumentado debido al cambio climático y seguirá aumentando a menos que la sociedad tome las medidas necesarias para mitigar el problema.

Los eventos meteorológicos extremos ocurren con frecuencia en este país porque está situado en la franja intertropical del planeta, con importantes cadenas montañosas y entre los dos océanos más grandes del mundo. Más de 40% de territorio nacional es árido o semiárido,

en donde la escasez del agua es una característica intrínseca natural por ello existen los desiertos y 27% se encuentra en el trópico húmedo y subhúmedo, con altas precipitaciones en el verano, donde se establecen las selvas. Además, la accidentada topografía provoca que la mayor parte del país tenga pendientes mayores de 15 grados.

Éstas son las características naturales de México y a ello se debe la rica diversidad natural y cultural. El gran reto al que se enfrentan los mexicanos ante esta condición es lograr disminuir los impactos socioeconómicos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos que seguirán ocurriendo de manera recurrente. ¿Cuántos de estos fenómenos pueden adjudicarse al cambio climático? No hay una respuesta contundente. De lo que sí hay evidencia es de que estos episodios se están volviendo más frecuentes e intensos a causa del fenómeno antropogénico del cambio climático, lo cual nos obliga a prepararnos mejor. Cada vez es más frecuente escuchar: “la mayor sequía..., el mes más lluvioso..., el huracán más intenso...”

México es considerado uno de los países de mayor vulnerabilidad, debido a que 15% de su territorio nacional, 68% de su población y 71% de su PIB se encuentran altamente expuestos al riesgo de impactos directos adversos del cambio climático (Al Gore, 2007). Por ejemplo, se estima que 20 millones de personas habitan en áreas expuestas al impacto de huracanes (Al Gore, 2007). Además, la posible alteración en los rendimientos de los cultivos básicos, provocada por eventos climáticos extremos, podría afectar la seguridad alimentaria; al ser un país megadiverso y poseer parte de la segunda cadena arrecifal más grande del mundo, debe hacer esfuerzos especiales para cuidar este patrimonio natural.



Figura 5.

Municipios más vulnerables a los impactos del cambio climático. Fuente: CICC,2014.

Existe evidencia de que los daños causados en México por fenómenos vinculados con el cambio climático se han incrementado recientemente: durante las últimas dos décadas del siglo pasado se registraron 3 000 muertes, así como daños totales por 4 400 millones de dólares debido a eventos hidrometeorológicos extremos, sin considerar los daños a los ecosistemas y las pérdidas de capital natural. Durante la primera década del presente siglo el número de muertes registradas por estos eventos fue de 1474.

México es considerado uno de los países de mayor vulnerabilidad, debido a que 15% de su territorio nacional, 68% de su población y 71% de su PIB se encuentran altamente expuestos al riesgo de impactos directos adversos del cambio climático.

La Secretaría de Gobernación de México señala que en los últimos cinco años del siglo pasado las pérdidas registradas por estos eventos fueron cinco veces mayores a las correspondientes al primer quinquenio de los años setenta (CICC, 2007). El año 2005 está

registrado como el de la peor temporada de huracanes de la historia reciente de México: Stan causó en el sureste mexicano los daños económicos más cuantiosos por un desastre desde el terremoto de la Ciudad de México en 1985, y Wilma, meses después, que superó a Stan en fuerza y fue calificado como el huracán más poderoso registrado en la historia, afectó seriamente la península de Yucatán y sobre todo el centro turístico de Cancún (Provencio, 2006). Los costos económicos directos asociados alcanzaron 0.6% del PIB, sin considerar los costos por pérdidas humanas (CICC, 2007).

Entre los episodios más recientes se encuentra el provocado por la tormenta tropical Ingrid en 2013, que impactó principalmente las costas de Guerrero, con desastrosos resultados para las poblaciones de Quechultenango, Tixtla, La Pintada, Chilpancingo y la periferia de Acapulco, por sólo mencionar algunos ejemplos.

Los episodios de sequía se han registrado de manera más recurrente e intensa en los últimos años, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas del país, y han afectado de manera muy severa a la producción agrícola. Por ejemplo, con el fenómeno de El Niño en 1997 se perdieron más de 2 000 millones de dólares por afectaciones en la producción de granos básicos, y se reportaron daños materiales por cerca de 8 000 millones de pesos. La severidad de la sequía fue tal que cerca de dos millones de hectáreas sembradas con diversos granos básicos se vieron afectadas (Magaña, 2004).

Como consecuencia de ese mismo episodio, en la temporada de seca de 1998 se registró el mayor número de incendios y de mayor intensidad de la historia del país, ya que se trató del año más seco del siglo XX. De un promedio anual de 7 000 incendios, ese año ocurrieron más de 14 500, afectando una superficie de casi 500 000 hectáreas, es decir, más de tres veces el promedio anual nacional. Un episodio semejante sucedió en 2011.

Los modelos que proyectan posibles cambios de temperatura y precipitación muestran que para 2030 los cambios de temperatura en el norte del país podrían presentar un aumento de 2 °C de temperatura, mientras que en la mayoría del resto del país estarían entre 1 y 1.5 °C; sin embargo, si las tendencias se mantienen para el año 2100 los incrementos podrían llegar a ser de 4 °C, y entre 2.5 y 3.5 °C en estas regiones respectivamente. En cuanto a las precipitaciones, se estima que para 2100 podría haber una disminución de entre 10% y 20%, y en Baja California podría alcanzar hasta 40%, con importantes riesgos de sequías

frecuentes, mientras que en algunas zonas del trópico se incrementarán los riesgos de inundaciones (CICC, 2007).

Asimismo, se han proyectado los posibles impactos del cambio climático en algunos sectores prioritarios. Por ejemplo, se espera una importante disminución en la productividad del maíz en 2050.

Las capacidades de México para enfrentar los fenómenos hidrometeorológicos extremos se han fortalecido con celeridad durante las últimas dos décadas; lamentablemente, en buena medida como reacción a episodios extremos. Por un lado, la ciudadanía está más sensibilizada, informada y organizada ante estos eventos y no sólo responde solidariamente ante las afectaciones, sino que se prepara para disminuir sus impactos. Por otro, la respuesta gubernamental en general es cada vez más eficiente debido a la experiencia acumulada en las acciones de alerta, de atención a la población afectada en la emergencia y de reconstrucción de la infraestructura dañada. Además, se cuenta con el Consejo Nacional de Protección Civil como órgano consultivo de participación social, el Sistema Nacional de Protección Civil, el Programa Nacional de Protección Civil, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Sistema de Alerta Temprana contra Ciclones Tropicales, el Sistema Meteorológico Nacional, el Atlas Nacional de Riesgo, diversos Atlas de Peligros Naturales, el Programa de Prevención de Riesgos y Mejoramiento Ambiental, entre otros (Landa, 2008).

Adicionalmente, el gobierno de este país elaboró la publicación *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones* (Semarnat, 2012), y en 2010 se expidió la *Ley General de Cambio Climático*, que contiene un capítulo sobre adaptación (DOF, 2012).

Sin embargo, a pesar de todos estos instrumentos la atención básica del problema tiene que partir de un proceso de planeación y control de la ocupación y el uso del territorio nacional, cuyas políticas e instrumentos ya están definidos en el marco legal. En la *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente* (DOF, 1988) se establece que los ordenamientos ecológicos (el general, los regionales y los locales) son la base de dicha planeación, ya que éstos definen los lineamientos y estrategias ecológicas (el general), determinan los criterios de regulación ecológica (los regionales) y regulan los usos de suelo (los locales) para la “preservación, protección y restauración y aprovechamiento sustentable

de los recursos naturales, así como para la localización de actividades productivas y de los asentamientos humanos”.

Dichos criterios deben considerarse en los ordenamientos territoriales de los asentamientos humanos que, a su vez, derivan en los planes o programas municipales de desarrollo urbano. Además, las normas técnicas proporcionan las especificidades de los límites permisibles del desarrollo de las actividades humanas en función de las condiciones ambientales, y las evaluaciones del impacto ambiental constituyen el procedimiento previo a la realización de una obra. Por último, se establece que los permisos y licencias de construcción deben ajustarse a lo anterior.

Sin embargo, la planeación territorial y urbana es prácticamente inexistente, pues no se aplican ni se hace el mejor uso de la información ni de los instrumentos; los asentamientos irregulares se toleran y muchas veces incluso se fomentan; numerosas autorizaciones de construcción están en contra de la normatividad vigente y no se fincan responsabilidades. Pocos municipios cumplen con esta normatividad alineada. Afortunadamente, la Ley General de Protección Civil tipifica ya como delito grave las autorizaciones de uso de suelo en sitios de riesgo (DOF, 2012).

No obstante, los avances institucionales y jurídicos mencionados, éstos no van a la velocidad que las necesidades imponen frente al cambio climático, y el sistema de protección civil está rebasado y es obsoleto, tanto institucional como legalmente. No se han asimilado las lecciones aprendidas en una estructura institucional adecuada que sea capaz no sólo de actuar y ser eficiente en la gestión de las crisis provocadas por fenómenos hidrometeorológicos extremos, sino también de reducir los riesgos de los desastres y vincularlos al desarrollo.

Es necesario el rediseño institucional, asociado con el riesgo y con la vulnerabilidad social, en el que impere el criterio preventivo y se tomen en cuenta las dimensiones ambientales del desastre, la necesidad de proteger los servicios y funciones de soporte y regulación asociados a los ecosistemas y a la seguridad del entorno. Quizá el cambio más relevante sería concebir la reducción del riesgo de desastres como parte misma de la política de desarrollo, no sólo como una respuesta a algo externo que puede afectar a la larga la trayectoria de una sociedad (Provencio, 2006).

Se requiere una institución especializada, con personal altamente calificado y capacitado en los temas de riesgos, encargada de establecer los vínculos con las demás dependencias oficiales relacionadas con el tema, tanto en la prevención de desastres como en la planificación y la aplicación de estrategias de adaptación a corto, mediano y largo plazos. Dicha institución requiere de un alto nivel jerárquico en la administración pública y debe formar parte del gabinete presidencial ampliado para garantizar que las decisiones que se tomen se pongan en práctica con eficiencia y prontitud (Carabias, y Landa, 2005).

Para consolidar los avances es crucial el uso de información climática y de sistemas aplicados localmente, para lo cual hace falta un esfuerzo sin precedentes de investigación e innovación tecnológica. La red meteorológica mexicana adolece de muchos problemas que deberían ser atendidos pronta y eficazmente; no podremos tener buenas predicciones de modelos climáticos para el país sin un buen sistema meteorológico. México tiene buenas bases para ello, pero falta fortalecer los recursos humanos capacitados (Landa, 2008).

Existen las herramientas y las instituciones. Falta integrarlas y alinearlas, coordinando a las respectivas instituciones responsables, a los tres órdenes de gobierno y a la sociedad, con un seguimiento del más alto nivel. Sin duda, enmendar la condición de riesgo que prevalece en el país es costoso política y económicamente, pero lo será más conforme transcurra el tiempo; enfrentarlo cuanto antes es una responsabilidad ineludible. El costo de invertir en medidas preventivas de adaptación siempre será menor que el costo de encarar las futuras repercusiones.

## **2.6 Emisiones globales y de los países**

Las tendencias en la contribución de cada país en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero han ido cambiando en los últimos 20 años, particularmente a partir del despegue de las economías emergentes. De acuerdo con la AIE, la contribución regional a la generación de emisiones de CO<sub>2</sub> derivado de la quema de combustibles fósiles se ha modificado en las últimas cinco décadas. En 1973 los países desarrollados pertenecientes a la OCDE fueron responsables del 67% de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial; sin embargo, a partir del 2013, como consecuencia del crecimiento acelerado de las economías de algunos países en desarrollo, los países de la OCDE ocasionaron sólo el 37% de las



emisiones de CO<sub>2</sub>. Entre 1973 y 2013, el incremento más significativo en emisiones de CO<sub>2</sub> provino del continente asiático, donde China aumentó sus emisiones en un promedio de 6% anual. Dicho de otra manera, derivado de la quema de combustibles, principalmente del desarrollo de la industria de carbón, se considera que en ese mismo periodo China incrementó 10 veces sus emisiones de CO<sub>2</sub>. La figura 6 muestra las emisiones globales de CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de combustibles fósiles, por región, y de la transportación de contenedores marinos y de la aviación.

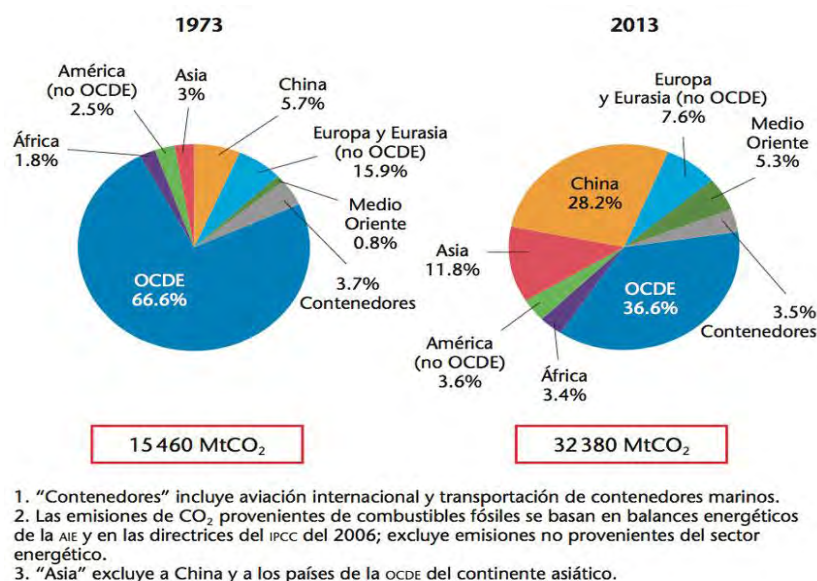


Figura 6.

Emisiones Globales de CO<sub>2</sub>, derivadas de la quema de combustibles fósiles, por región, y de contenedores marinos y de la aviación. Fuente: AIE, WEO, 2015.

De acuerdo con datos de la AIE, el comportamiento de las emisiones provenientes de la quema de combustibles fósiles para el periodo de 1990 al 2014, muestra que desde 2005 los países en desarrollo rebasaron a los países desarrollados en total de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Debido a estos cambios de distribución, cualquier búsqueda de soluciones negociadas en el ámbito global requiere del compromiso y esfuerzo de todos los países. El reporte sobre las tendencias en emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial publicado en el 2015 por la PBL junto con el Centro de Investigación de la Unión Europea, concluye que los principales emisores de CO<sub>2</sub> a nivel mundial son: China (30%), Estados Unidos (15%), los 28 países miembros de la Unión Europea (10%), India (7%), Federación Rusa (5%) y Japón (4%).

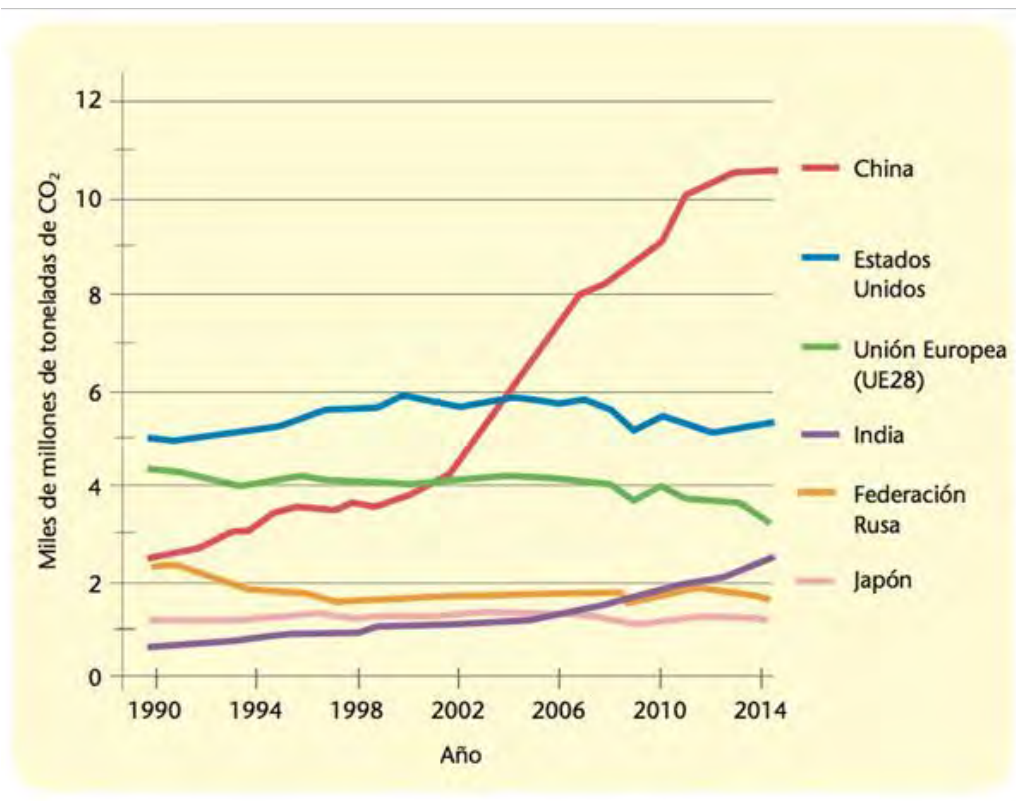


Tabla 1.

Emisiones de CO2 por uso de combustible fósiles y cemento en los principales cinco países y en la Unión Europea. Fuente: EDGAR (2015).

Es notable que 55% de las emisiones de CO2 proviene de China, Estados Unidos y la Unión Europea. Sin embargo, es importante considerar que todos estos países lograron reducir su tasa de crecimiento de emisiones de GEI durante 2014 debido al empleo de gas natural y de energías renovables, en vez del uso de carbón y petróleo. En el caso de China, sus emisiones aumentaron 1% comparado con el 2013, el incremento más bajo en la última década. En el caso de Estados Unidos, sus emisiones también incrementaron 1%, una cifra más baja comparada con los últimos dos años.

En el caso de la India, entre el 2003 y el 2010 ha tenido un crecimiento económico promedio de 8 a 10% del PIB anual. Es el tercer país que más emite GEI, debido al tamaño de su población y su vigoroso crecimiento. Sin embargo, a diferencia de China que ha logrado estabilizar sus emisiones, en 2014 India las incrementó cerca del 8%, lo cual la coloca como el país que tuvo la tasa de incremento de emisiones de GEI más grande en ese año.

En el caso de la Federación Rusa, en 2014 contribuyó al 5% de las emisiones globales de GEI, pero logró reducir sus emisiones respecto al año anterior al reducir su consumo de carbón y gas natural. El consumo energético en la Federación Rusa depende en un 54% del gas natural.

Japón ha logrado reducir sus emisiones año con año paulatinamente, de un 5% anual en la década de 1990, a un 3.5% para el 2014, que se debe a una reducción en el consumo de petróleo. Sin embargo, es un reto para Japón el incremento en el uso de combustibles fósiles después del accidente de las plantas nucleares en Fukushima, las cuales se cerraron por completo en 2013. No obstante, Japón planea seguir desarrollando energía nuclear mejorando los protocolos de seguridad.

Las emisiones de GEI de los países miembros de la OCDE, quienes en su mayoría pertenecen al anexo I del Protocolo de Kioto, han disminuido 5% desde el 2008. Esto en parte se debe al bajo crecimiento económico que tuvieron por la crisis financiera del 2008, pero también a un incremento en la aplicación de políticas ambientales y cambios en el consumo de energía. Estos cambios en las tendencias globales obligan a concluir que ya no son los países desarrollados los que más emiten: mientras los países en desarrollo sigan aumentando sus emisiones, tendrán un peso cada vez mayor en la distribución de emisiones de GEI a nivel mundial, por lo que su responsabilidad compartida aumenta.

América Latina y el Caribe contribuyeron en 2011 con 9% de las emisiones de GEI globales. Las emisiones totales ascendían en ese año a 4.3 GtCO<sub>2</sub>e, que representaban menos de la mitad de las emitidas por China, 70% de las que emitían los Estados Unidos y casi el equivalente a las que correspondían a la región de la Unión Europea. Sólo Brasil aportó 44% de ellas, seguido por México (18%), Argentina (10%) y Venezuela (10%).

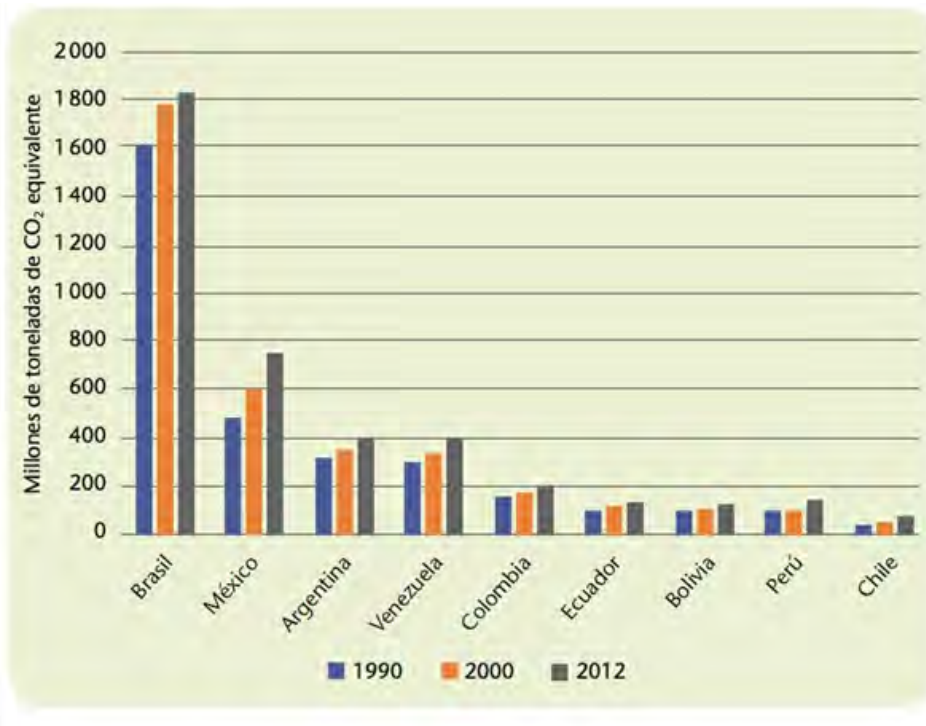


Tabla 2.

Principales países emisores de GEI en América Latina y el Caribe. Fuente: CAIT,2015, Climate Data Explorer.

Resulta importante señalar que de estas emisiones totales 22% proviene del cambio de uso de suelo, y sólo seis países aportan 75%: Brasil (30%), Venezuela (12%), Bolivia (9%), Ecuador (9%) Paraguay (8%) y Perú (7%), los cuales, excepto Paraguay, son países megadiversos, por lo cual, además de los efectos en el cambio climático, también existe un impacto negativo en la pérdida de la biodiversidad y los servicios ambientales.

Las emisiones de GEI provenientes del cambio de uso de suelo en 2011 alcanzaron 2 GtCO<sub>2</sub>e, lo cual representa 5% del total de las emisiones. De este volumen, 53% corresponde a sólo cinco países: Indonesia (32%), Brasil (8%), Nigeria (5%), Malasia (4%) y la República Democrática del Congo (4%). Aunque las estimaciones no son exactas, es importante destacar que este volumen de GEI representa en el interior de cada país proporciones muy significativas de sus emisiones totales. Para el caso de Indonesia las emisiones de GEI provenientes de cambio de uso de suelo llegaron a ser, en 2011, 59%; para Brasil, 20%; Nigeria, 35%; Malasia, 33%, y para la República Democrática del Congo, 46%. Esta situación, además del impacto negativo por la contribución al cambio climático, significa que estos países han deforestado sus ecosistemas. En todos estos casos las selvas tropicales, que

son los ecosistemas terrestres más biodiversos, son las principales afectadas, contribuyendo con ello también a otro cambio global primordial: la pérdida de biodiversidad y de los servicios ambientales.

En contraste con lo señalado, las acciones de forestación, reforestación y las plantaciones han creado sumideros terrestres que absorben CO<sub>2</sub>, el cual equivale a 1.7 GtCO<sub>2</sub>e de GEI. Los países que mayores volúmenes de CO<sub>2</sub> absorben por estas actividades son los Estados Unidos, China, Rusia, Japón, India y Alemania, los cuales en total absorben 70% de este volumen. Es interesante el caso de Costa Rica y Uruguay, que, gracias a la recuperación de la cobertura vegetal en sus países, compensan un poco más de 50% de las emisiones que generan, y de manera muy destacada es el caso de Bután (688%), Kirguistán (144%), Letonia (127%) y Serbia (115%).

No cabe duda de que existe una gran oportunidad para los países de disminuir sus emisiones de GEI si reducen la deforestación, lo cual además tendrá sinergias positivas con la reducción de la pérdida de biodiversidad, y si incrementan sus masas forestales tendrán cobeneficios ambientales y sociales significativos. Sin embargo, no puede perderse de vista que el incremento de la cobertura vegetal no siempre sucede de la forma deseable, ya que en muchas ocasiones no se toma en cuenta que las plantaciones comerciales monoespecíficas o con especies exóticas no contribuyen a la conservación de la biodiversidad, como en el caso de las extendidas plantaciones de palma africana.

Indonesia, Brasil y Malasia aportan aproximadamente 35% de las emisiones del planeta por la deforestación y el cambio de uso de suelo. Su impacto negativo no sólo radica en la contribución al cambio climático, sino en la pérdida de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos.

La medida de emisiones per cápita ayuda a visualizar la huella ecológica de emisiones de GEI por habitante. Se destaca que los países que más emiten CO<sub>2</sub> per cápita son países desarrollados como Australia, Estados Unidos, Canadá y Rusia.

Para comparar la diferencia entre Estados Unidos y China con base en el total de emisiones en términos absolutos anuales y emisiones per cápita, el reporte de las tendencias en emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial publicado en el 2015 por la PBL conjuntamente con el Centro de Investigación de la Unión Europea lo plantea claramente: China es hoy en día el

país que más emite CO<sub>2</sub> en términos absolutos; sin embargo, Estados Unidos es el país con mayor huella ecológica por ciudadano.

Según cálculos recientes, China contamina el doble que Estados Unidos, después de haberlo alcanzado en total de emisiones hace 10 años. Además, China es el principal emisor debido a su alta población, desarrollo económico y dependencia de la industria del carbón. Por otro lado, las emisiones per cápita de China son similares a los niveles de la Unión Europea, mientras que las emisiones per cápita de Estados Unidos son dos veces superiores a las de China y la Unión Europea.

## **2.7 La economía y el cambio climático**

Sin duda alguna el tema del cambio climático tomó relevancia en el mundo cuando quedó de manifiesto que se trata de un problema, además de ambiental, de grandes implicaciones económicas y sociales para la humanidad. Los impactos del cambio climático ya están ocurriendo en diversas regiones del mundo, y los costos económicos son patentes en muchos países debido, por ejemplo, a las sequías y a la ocurrencia más frecuente de eventos meteorológicos extremos, como tormentas y huracanes. De seguir las tendencias actuales de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los impactos ambientales pueden resultar en una catástrofe social y económica. Por ello, es imperativo transformar la economía con un nuevo modelo de producción de baja intensidad de carbono. Hoy existe suficiente evidencia científica para actuar decididamente a nivel internacional con el objetivo de reducir las emisiones y tomar acciones que disminuyan la vulnerabilidad de nuestras sociedades a los impactos del cambio climático.

En este capítulo abordaremos algunos conceptos fundamentales de la economía del cambio climático para entender los costos y beneficios de la mitigación y la adaptación. El mensaje es muy sencillo: debemos entender la política de cambio climático como un problema de manejo de riesgos. De la misma forma en que existe un acuerdo entre los científicos sobre el cambio climático y los riesgos ambientales, hay consenso entre los economistas que estudian este problema en el sentido de que es necesario tomar medidas inmediatas para reducir los riesgos y desarrollar las tecnologías necesarias. Así como nos preparamos para afrontar problemas como los accidentes o las enfermedades comprando seguros e invirtiendo en cuidados preventivos a fin de evitar repercusiones más serias (y más costosas), tratar el riesgo del cambio climático requiere de acciones hoy para reducir los

posibles impactos presentes y futuros potencialmente irreversibles y peligrosos que resultarían de dañar el equilibrio térmico de la Tierra.

Como veremos en este capítulo, tomar las acciones necesarias contra el cambio climático no sólo es la decisión adecuada desde el punto de vista ético, sino que además es claramente la decisión económica más inteligente, dado que los probables impactos del calentamiento global tendrían un costo muy superior al de las acciones necesarias para mitigar el riesgo.

El cambio climático se vincula directamente con el uso de combustibles fósiles y el crecimiento de la población mundial. A partir de la Revolución Industrial el uso del carbón y el petróleo creció exponencialmente, y con ello las emisiones de gases de efecto invernadero. Por una parte, el uso de la energía fósil ha permitido un gran desarrollo económico, con el que se ha logrado elevar los niveles de bienestar en muchas regiones del mundo. Por otra, sin embargo, el desarrollo industrial ha ocasionado diversos problemas ambientales, entre ellos el cambio climático. ¿Por qué la sociedad genera estos daños ambientales que pueden ocasionarle tantos problemas?

En general, la economía está basada en vender y comprar en el mercado en beneficio tanto de los vendedores como de los compradores. Pero ¿qué sucede cuando hay “efectos externos negativos” o “externalidades”, es decir, costos que los agentes económicos imponen a otros sin pagar un precio por sus acciones? La economía ambiental, un área de la economía, trata de dar respuesta a esta pregunta. Desde la última mitad del siglo XX los patrones de producción industrial y agrícola han seguido la lógica de maximizar la ganancia y minimizar los costos de producción, sin considerar el costo del daño al medio ambiente. De esta forma se ha ignorado una fracción importante de los costos de producción, como es el caso del costo social de arrojar ilimitadamente los desechos al aire y al agua, o de usar los recursos hasta su agotamiento. Al paso del tiempo, este “ahorro” de corto plazo se ha convertido en un severo incremento de los costos de la producción, algunos a corto plazo y otros transferidos a las siguientes generaciones.

En primer lugar, la economía ambiental estudia cómo podemos valorar los daños ambientales y, después, trata de proponer soluciones para que en las transacciones de mercado se consideren, o se “internalicen”, dichos costos. Así pues, el primer elemento para contestar por qué la sociedad genera daños ambientales que en su conjunto le ocasionan más

daños que beneficios, desde el punto de vista de la economía, es la falla del mercado como mecanismo de coordinación ante la presencia de costos que no son considerados por los agentes económicos. En otras palabras, para corregir el problema de las externalidades se requieren políticas para que las personas valoren el medio ambiente y paguen los costos necesarios para protegerlo.

Actualmente sabemos que la emisión de bióxido de carbono y otros GEI puede ocasionar impactos severos en la economía de muchos países, así como en el equilibrio ecológico, pero los países siguen produciendo GEI porque no enfrentan un costo económico por sus emisiones; esto constituye una externalidad. La mayoría de los economistas señalan que una medida necesaria para corregir el problema del cambio climático es poner un precio al CO<sub>2</sub>, de tal forma que las empresas y las personas consideren el costo de la contaminación. ¿Qué tipo de cambios podríamos esperar si hubiera un costo al CO<sub>2</sub>? Dependiendo del nivel del precio del CO<sub>2</sub> veríamos, por ejemplo, que algunas tecnologías limpias que actualmente no se ocupan por ser más caras que los combustibles fósiles podrían ser competitivas. Otro ejemplo es que las personas, al tener que pagar más por la gasolina, tratarían de usar otros medios de transporte, por ejemplo, el metro, la bicicleta o caminar cuando sea posible. Es decir, tanto las empresas como las personas deben cambiar formas de producción y hábitos de consumo.

El cambio climático es “la madre de todas las externalidades ambientales por su dimensión, por su complejidad y por las incertidumbres inherentes al problema”. No sólo se imponen costos a otras personas, sino que dichos costos se trasladan a diferentes países y momentos, afectando a las futuras generaciones. (Tudela, 2004). En adición, las personas que se benefician de la mitigación no son necesariamente aquellas que la deberían llevar a cabo. Por ejemplo, las emisiones de los países industrializados generan graves daños a países pobres que han contribuido muy poco al problema del cambio climático; tal es el caso de muchos países en el África subsahariana, donde ya sufren los efectos de las sequías en la agricultura, o de los habitantes de islas del Pacífico, donde se podría perder gran parte de su territorio debido al incremento del nivel del mar.

Un segundo elemento para entender por qué la sociedad sigue emitiendo gases de efecto invernadero a pesar de los graves daños que ocasiona es lo que en economía ambiental se conoce como el “problema de los bienes públicos”. En su famoso artículo “La tragedia de



los comunes”, Garrett Hardin describe el caso de un terreno común en el que varias personas llevan su ganado a pastar. Cada ganadero tiene incentivos para incrementar sus vacas ilimitadamente aun cuando la tierra común es limitada, lo que lleva a la degradación del campo común y a la ruina de todos los ganaderos. Esta analogía tan básica se ha aplicado a muchos problemas económicos (y políticos), pues ejemplifica una situación en la que la cooperación puede llevar a un mejor resultado, pero si se deja a los individuos actuar guiados únicamente por su beneficio individual, el resultado no será satisfactorio. Es decir, en estas situaciones se requiere de sistemas legales diferentes que fomenten la cooperación por el bien común.

Esta analogía es útil para entender el problema del cambio climático. Los países utilizan la atmósfera como un bien público arrojando sus emisiones de GEI ilimitadamente. Sobrepasar los límites de la atmósfera conlleva consecuencias trágicas para todos los países, pero el sistema internacional actual no ha logrado, a la fecha, un acuerdo que funcione efectivamente para reducir las emisiones. Un elemento fundamental por subrayar es que todos los países estarían mejor si cooperaran; el problema es que dicha cooperación no es de esperarse cuando hay bienes públicos, por lo que se requiere un cambio en el sistema legal o en las “reglas del juego” para reducir emisiones.

Finalmente, un tercer elemento asociado a los bienes públicos es el “problema del polizón”: los países tienen incentivos para dejar a otros pagar por la reducción de emisiones. En general, hay un acuerdo internacional de que debemos proteger la atmósfera, pero en el momento de definir el límite de emisión de cada uno de los países, hay incentivos para ir de “polizón” en el viaje y evitar los costos. Dado que todos nos beneficiaríamos de que se mantenga el equilibrio climático de la misma forma sin posibilidad de excluir a los países que no cooperen, nadie quiere pagar el costo. Es por ello que, para prevenir el cambio climático se requiere de la actuación coordinada de los gobiernos. Algunos economistas recomiendan castigar con medidas económicas a los países que no reduzcan sus emisiones para controlar el problema del polizón.

En conclusión, tanto las externalidades como los bienes públicos se consideran “fallas de mercado”. Es decir, los economistas consideran que los mercados no podrán resolver por sí mismos los problemas donde se tengan externalidades o donde los bienes presenten características de bienes públicos, puesto que las personas (o los países) no cuentan con los

incentivos necesarios para considerar todos los costos de sus acciones, o porque al no existir derechos claros de propiedad (por ejemplo, nadie posee la atmósfera) se enfrentan problemas para la acción colectiva, como el problema del polizón. Las recomendaciones de los economistas son: a) establecer un precio a las emisiones de CO<sub>2</sub> y b) asegurarnos de que todos los países cooperen a través de incentivos legales adecuados (y castigos a los polizones).

## **Capítulo III Soluciones**

### **3.1 La respuesta de las naciones y los acuerdos internacionales**

La primera Conferencia Mundial sobre el Clima, convocada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en Génova, Italia, en 1979, puso de manifiesto, por primera vez a nivel internacional, que el aumento de la temperatura y el cambio climático eran una amenaza real para el planeta. Esta Conferencia reunió a científicos de 185 países miembros de este organismo de las Naciones Unidas y tuvo como resultado el establecimiento de acciones concretas para prevenir y evitar los daños a los ecosistemas mediante objetivos establecidos en el Programa Mundial sobre el Clima (PMC).

Tal como se ha mencionado con anterioridad, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es un panel creado en 1988, el cual está conformado por científicos de alto nivel de diversas nacionalidades y disciplinas cuya misión es revisar, validar y actualizar las evidencias científicas sobre los fenómenos del cambio climático. Los resultados de las investigaciones son presentados en informes de evaluación, lo que genera información para los diferentes sectores de la sociedad y facilita la toma de decisiones de los responsables de los diversos países.

El Primer informe de evaluación presentado por el IPCC en 1990 estableció las bases para las negociaciones que más tarde darían cabida a la integración de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), firmada por 154 países, en la llamada Cumbre de la Tierra, realizada en Rio de Janeiro, Brasil, en 1992. Esta Convención, que entró en vigor en 1994 y que en ese momento fue ratificada por 184 países, integró los principios discutidos durante la segunda Conferencia Mundial del Clima realizada

en 1990. En ella se definió al cambio climático como una “preocupación común de la humanidad”, así como la importancia de la equidad y las responsabilidades comunes, pero diferenciadas, entre los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo, además del desarrollo sostenible y el principio precautorio. Asimismo, durante la Cumbre de Río se adoptaron otros acuerdos que incluyen la Declaración de Río, la Agenda 21, la Convención sobre Diversidad Biológica y la Declaración de Principios sobre los Bosques.

La CMNUCC tiene como objetivo estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel tal que las actividades humanas no generen una condición peligrosa al equilibrio del planeta y en un plazo suficiente para que los ecosistemas puedan adaptarse naturalmente al cambio que ya se ha dado en el clima. Entre otras cosas, se busca garantizar que la producción de alimentos no sea amenazada, manteniendo un desarrollo económico sustentable.

Con el propósito de conservar un espacio abierto para la discusión y el diálogo entre todos los países que forman parte de esta Convención Marco, cada año se realiza la llamada Conferencia de las Partes (COP). La primera se llevó a cabo en 1995 en Berlín, con 117 países como asistentes, quienes firmaron el llamado Mandato de Berlín, mediante el cual se dio inicio a un periodo de dos años y medio de negociaciones para reducir en una cantidad específica las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados, dentro de un plazo establecido. La primera serie de negociaciones culminó con la firma en 1997 del Protocolo de Kioto, la cual se llevó a cabo dentro del marco de la COP 3 realizada en la ciudad japonesa del mismo nombre, y que entró en operación en 2005, con la firma y ratificación de 184 países, siendo los Estados Unidos y Kazajistán los únicos que no lo ratificaron.

Reunión	Lugar y fecha
Primera Conferencia Mundial sobre el Clima	Génova, 1979
Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima	Ginebra, 1990
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)	Rio de Janeiro, 1992
COP 1	Berlín, 1995
COP 2	Ginebra, 1996
COP 3	Kioto, 1997
COP 4	Buenos Aires, 1998
COP 5	Bonn, 1999
COP 6	La Haya, 2000; Bonn, 2001
COP 7	Marrakech, 2001
COP 8	Nueva Delhi, 2002
COP 9	Milán, 2003
COP 10	Buenos Aires, 2004
COP 11	Montreal, 2005
COP 12	Nairobi, 2006
COP 13	Bali, 2007
COP 14	Poznan, 2008
COP 15	Copenhague, 2009
COP 16	Cancún, 2010
COP 17	Durban, 2011
COP 18	Doha, 2012
COP 19	Varsovia, 2013
COP 20	Lima, 2014
COP 21	París, 2015
COP 22	Marrakech, 2016

Tabla 3.

Cronología de atención internacional al cambio climático. La conferencia de las partes (COP, por sus siglas en inglés) es el órgano rector de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y entró en vigor en 1994 con el objetivo de reducir las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

El objetivo del Protocolo de Kioto fue reducir, en al menos 5.5%, las emisiones de los gases de efecto invernadero entre 2008 y 2012, en relación con las emisiones registradas en 1990 a nivel global. Este compromiso era obligatorio únicamente para los países industrializados, ya que, como se mencionó anteriormente, de acuerdo con la Convención Marco, “las responsabilidades son compartidas pero diferenciadas”.

En términos generales, los países desarrollados se comprometieron a tomar medidas para limitar las emisiones y compartir información sobre sus programas de acción climática e inventarios de gases de efecto invernadero; a promover la transferencia de tecnología; a cooperar en investigación científica y técnica; a concientizar a la población, y a promover la educación y el entrenamiento en este tema, además de reiterar la necesidad de proveer

recursos financieros adicionales para solventar el costo de estos deberes en los países en desarrollo.

Esto provocó grandes controversias entre los países firmantes, ya que, si bien los países desarrollados reconocieron que han contribuido mayormente a la emisión de gases de efecto invernadero y al cambio climático, los países en vías de desarrollo también han contribuido significativamente al problema, como es el caso de China, India o Brasil, los cuales, dado el crecimiento económico que han tenido, se han convertido en importantes emisores.

El Protocolo de Kioto fue considerado como un primer paso hacia un sistema multilateral de reducción de emisiones de GEI. No obstante, las metas obligatorias por país en objetivos fijos y tiempos límite generaron dificultades al implementarlas. Es importante señalar que los Estados Unidos no ratificaron el Protocolo de Kioto, y que, años después, Canadá y Japón se retiraron al darse cuenta de que no alcanzarían las metas comprometidas. (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 1998)

Durante los siguientes años (entre la COP 4 y la COP 10) la discusión global se centró principalmente en los mecanismos de apoyo financiero y de transferencia de tecnología, desde los países industrializados hacia los países en vías de desarrollo, así como en la construcción de capacidades para los países en desarrollo. Cabe destacar que, en 2001, durante la COP 7, realizada en la ciudad de Marrakech, se estableció un esquema de regulación y operación para el comercio de emisiones (permisos de emisión, implementación conjunta, mecanismos de desarrollo limpio), el cual quedó plasmado en el Plan de Marrakech.

En 2005 se realizó la COP 11 en Montreal, donde se adoptaron oficialmente los Acuerdos de Marrakech e iniciaron las negociaciones para definir las acciones por realizarse en 2012, una vez cumplido el periodo estipulado por el Protocolo de Kioto. Estas negociaciones se conocen como “poskioto”.

En el año 2007 se presentó el Plan Estratégico de Bali en el marco de la COP 13, con miras a la definición de acciones concretas para la cooperación poskioto; los principales temas que se abordaron fueron: la mitigación, la adaptación, las finanzas y la tecnología. También en este año el IPCC presentó su cuarto informe sobre el cambio climático, en el que publicó información que valida que el calentamiento global está fuertemente asociado a las

actividades humanas y la estimación de que, de seguir con la tendencia actual, la temperatura del planeta podría aumentar entre 1.1 y 6.4 °C durante el presente siglo.

Manteniendo el liderazgo mostrado con respecto al cambio climático, durante la reunión del G8 (los países más ricos del mundo) realizada en Roma en 2009, México propuso la creación de un “fondo verde”, mediante el cual todos los países deberán aportar, de acuerdo con su capacidad, recursos económicos en un fondo común para financiar proyectos de adaptación, transferencia tecnológica y construcción de capacidades.

En la COP 15, realizada en Copenhague en diciembre de 2009, se llegó al consenso de que es necesario mantener el incremento de la temperatura promedio mundial por debajo de 2 °C, y se tomó nota del denominado Acuerdo de Copenhague, que establece el compromiso de reducir las emisiones hasta un nivel que permita alcanzar los objetivos de no incrementar la temperatura más de 2 °C y la propuesta de crear un “Fondo Verde”. No fue sino hasta diciembre de 2010, en la COP 16, realizada en Cancún, México, cuando se estableció formalmente la meta común de mantener el incremento de la temperatura global por debajo de los 2 °C. Además, se avanzó en la creación de un mecanismo que permite que todos los países, desarrollados o no, puedan contar con tecnología amigable con el medio ambiente, y así reducir las emisiones contaminantes que genera su actividad económica. Se establecieron los Centros Regionales de Investigación y Desarrollo y el Mecanismo de Cancún para la Adaptación, mediante el cual se apoya a los países menos desarrollados y más vulnerables para que puedan tomar medidas frente al cambio climático. Finalmente, se comprometió un fondo climático, el Fondo Verde, para financiar proyectos de mitigación y adaptación en todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo.

En la COP 17 se aprobó la Plataforma de Durban, en la cual se definió la ruta de las negociaciones que deberían seguirse para lograr un acuerdo global en la COP 21, negociaciones que continuaron durante la COP 18, 19 y 20.

### **El Acuerdo De París**

La COP 21 se llevó a cabo en París en diciembre de 2015. Con este evento culminó un intenso proceso de negociación que logró la adopción de un acuerdo que marca un giro en la historia de las negociaciones sobre el cambio climático en varios sentidos: el llamado Acuerdo de París es el más exhaustivo, universal y balanceado que se haya firmado en la historia de las Conferencias de las Partes, por lo que sienta finalmente las bases para detener el cambio

climático y enfrentar sus consecuencias a escala global. Dispone que todos los países, de manera voluntaria y sin distinción alguna, definan su contribución nacional en términos de reducción de emisiones y se comprometan a comunicar e implementar sus compromisos, que deben ser ambiciosos. También, precisa mecanismos de transparencia y rendición de cuentas para verificar los compromisos, no sólo en términos de reducción de emisiones y esfuerzos de adaptación, sino también de apoyos en términos de financiamiento, transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades. Por otra parte, es flexible y contempla procesos de revisión periódicos, al menos cada cinco años, con miras a aumentar su nivel de exigencia; aspira a la equidad, al construirse sobre la base del principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, incorporando preceptos encaminados a apoyar a los países menos desarrollados y a los más vulnerables ante los impactos del cambio climático.

El Acuerdo de París se encamina a lograr la meta deseada de no sobrepasar 2 °C el calentamiento promedio de la superficie del planeta respecto de la era preindustrial, que como se mencionó anteriormente fue la meta previamente acordada en la COP 16, en Cancún, en el año 2010. (Cognuck y Numer, 2020).

El conjunto de las INDC debería de sumar, en un principio, lo suficiente para poder llegar a la meta establecida respecto al límite de 2 °C de alza de la temperatura global. Sin embargo, de acuerdo con diferentes análisis y estudios, las INDC presentadas en la COP 21 no limitarán el incremento de temperatura de la superficie a 2 °C para el año 2100, aunque sí disminuye el riesgo de que aumente más de 4 o 5 grados. La expectativa es que se examinen y refuercen las INDC cada 5 años para así poder lograr la meta deseada. (Cognuck y Numer, 2020).

El 4 de noviembre de 2016 entró en vigor el Acuerdo de París. Para ello se requirió la ratificación de al menos 55 miembros de la CMNUCC, equivalentes a un 55% de las emisiones globales de GEI; más de 80 países lo ratificaron en 2016.

Para cumplir con las metas establecidas en el acuerdo, habrá que fomentar cambios profundos en la manera como la sociedad produce y consume energía y otros bienes, y en última instancia en su modelo de desarrollo. Además, será importante consolidar el financiamiento necesario tanto para reducir las emisiones como para adaptarse a aquellos impactos del cambio climático que ya son inevitables.

Aunque el costo económico relacionado con las medidas requeridas por el acuerdo es importante, es mucho menor que el costo probable de los impactos que ocasionaría el cambio climático, si no se implementaran dichas medidas.

Enfrentar el cambio climático con determinación exige transitar hacia una economía de bajas emisiones de GEI, más eficiente en el uso de recursos, y más resistente a los impactos del cambio climático. Esta transformación presenta la oportunidad de un estímulo al crecimiento económico que, en resumidas cuentas, logre un mayor bienestar social.

La expectativa es que todas las partes puedan hacerle frente al cambio climático tratando de evitar un aumento de 2 °C en el calentamiento del planeta.

Existen varios instrumentos de política internacional además de la CMNUCC, como el Protocolo de Montreal, la Agenda 2030 sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y la Organización Internacional de Aviación Civil, que intentan que los gobiernos de los países se comprometan a reducir de manera conjunta sus emisiones. Sin embargo, la ambición debe ir más allá de los gobiernos; las organizaciones de la sociedad civil y el sector privado, entre otros, tendrán que sumarse a la lucha para implementar iniciativas de mitigación más ambiciosas. La CMNUCC se encuentra formada por 192 Estados miembros de las Naciones Unidas. (Cognuck y Numer, 2020).

### **3.2 Políticas para enfrentar el cambio climático: ENCC y PECC**

Con la finalidad de contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para alcanzar la meta de mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 2 °C, México ha planteado en su política interna y en la Ley General de Cambio Climático que en el año 2050 habrá reducido 50% de las emisiones con respecto al año 2000, lo cual significa disminuir el consumo de energía per cápita a 2.8 tCO<sub>2</sub>e anuales.

México elaboró su primera Estrategia Nacional sobre Cambio Climático (ENCC) en 2007 (actualizada en 2013) y posteriormente el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2008-2012 y 2014-2018, así como los programas respectivos de las entidades federativas. Además, en 2012 promulgó la Ley General de Cambio Climático, cuyos objetivos incluyen la regulación de las acciones para la mitigación y la adaptación, así como



la reducción de la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático.

La ENCC 2013 (DOF, 2013) es el instrumento rector de la política nacional en el mediano y el largo plazos para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. En ésta se describen los ejes temáticos y las líneas estratégicas de acción para orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno y fomentar la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad. Está basada en los siguientes pilares:

Contar con políticas y acciones climáticas transversales, articuladas, coordinadas e incluyentes, desarrollar políticas fiscales e instrumentos económicos y financieros con enfoque climático, implementar una plataforma de investigación, innovación, desarrollo y adecuación de tecnologías climáticas y fortalecimiento de capacidades institucionales, promover el desarrollo de una cultura climática, instrumentar mecanismos de medición, reporte, verificación monitoreo y evaluación así como también fortalecer la cooperación estratégica y el liderazgo internacional.

Por su parte el PECC 2014-2018 concreta y desarrolla las orientaciones contenidas en la ENCC, y define objetivos y metas específicas en mitigación y adaptación, con responsabilidades para cada sector y fechas concretas de acatamiento. Los cinco objetivos que se definen en el PECC son los siguientes:

Objetivo 1. Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos, e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica.

Objetivo 2. Conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Objetivo 3. Reducir emisiones de GEI para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones.

Objetivo 4. Reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, propiciando cobeneficios de salud y bienestar.

Objetivo 5. Consolidar la política nacional de cambio climático mediante instrumentos eficaces y en coordinación con las entidades federativas, los municipios, el poder legislativo y la sociedad.

### **3.3 Acciones conjuntas con la Agenda Nacional de Desarrollo: los beneficios instituciones gubernamentales.**

Es importante resaltar que las actividades que México se propone desarrollar para enfrentar las tareas de mitigación y de adaptación, descarbonizar la economía y contribuir a la estabilización del régimen climático global constituyen además beneficios directos para el desarrollo nacional de las presentes y futuras generaciones, ya que conllevan soluciones a problemas ambientales, sociales y económicos locales: contribuyen a la seguridad energética y alimentaria; promueven procesos productivos más limpios que detienen la contaminación de aire, agua y suelo y disminuyen la deforestación; previenen y atienden problemas de salud pública, y atienden la seguridad física de la población y de la infraestructura.

Por ello, la amenaza del cambio climático debe convertirse en una oportunidad para que México, país con una situación de desarrollo intermedio, impulse el desarrollo sustentable basado en tecnologías limpias y bajas en carbono.

Para lograrlo, es indispensable cuidar que cada una de las acciones comprometidas no contravenga los principios de sustentabilidad ambiental, particularmente la conservación de los ecosistemas naturales, ya que es muy frecuente que, en aras de una meta productiva, energética o de servicios, se sacrifiquen los ecosistemas naturales y sus servicios ambientales como parte del costo del desarrollo. Todas y cada una de las acciones propuestas en el PECC deben estar sujetas a las más estrictas evaluaciones de impacto ambiental. Por ejemplo, sería un gran error irremediable que en nombre de energías más limpias se impulsen las hidroeléctricas en sitios que afecten los ecosistemas acuáticos naturales de alta importancia por su biodiversidad.

La amenaza del cambio climático debe convertirse en una oportunidad para que México, país con una situación de desarrollo intermedio, impulse el desarrollo sustentable basado en tecnologías limpias y bajas en carbono.

Por otro lado, muchas de las acciones planteadas en el PECC lograrán una mayor eficiencia si se concentran en áreas prioritarias y se evita su dispersión. Por ejemplo, el ordenamiento territorial de una región junto con la conservación de ecosistemas naturales, el establecimiento de corredores biológicos, la reforestación en microcuencas, el establecimiento de plantaciones comerciales forestales, el manejo sustentable forestal y de la

vida silvestre, la reconversión productiva, entre otras acciones, pueden constituir verdaderos procesos regionales de desarrollo rural sustentable.

Las Naciones Unidas y la Organización Meteorológica Mundial, entre otras, han apoyado la creación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), en donde participa un gran número de científicos de todo el mundo, incluyendo destacados científicos mexicanos. El Panel recopila cada cuatro años los resultados científicos más avanzados, evidencias del proceso de cambio climático en la actualidad y difunde en todos los países sus resultados.

La ONU también ha impulsado la creación de la Convención Marco para el Cambio Climático, en donde los países establecen acuerdos, tratados, protocolos para combatir el posible cambio climático. Esta Convención realiza una reunión anual llamada la Conferencia de las Partes (COP) desde hace 16 años. Con lo anterior se busca que los países se comprometan a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, realizando sus procesos industriales con más eficiencia y limpieza. También se espera detener la destrucción irracional de los bosques, preservando y extendiendo la cubierta vegetal en todo el planeta.

### **Instituciones Gubernamentales**

El tema del cambio climático ha sido atendido principalmente desde las instituciones del sector ambiental, primero desde el Instituto Nacional de Ecología (1992-1994), cuando éste formaba parte de la Secretaría de Desarrollo Social, después desde la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap, 1994-2000), y actualmente desde la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2000 a la fecha). Sin embargo, debido a que se trata de un tema que compete a diversos sectores de la administración pública, otras secretarías de Estado fueron creando estructuras a su interior para atender el tema y vincularse con la Semarnap/Semarnat.

En 1997, con la finalidad de unificar en una sola instancia la acción de los distintos sectores del gobierno, se creó el Comité Intersecretarial para el Cambio Climático, el cual elaboró el Plan de Acción Climática en el año 2000; el 25 de abril de 2005 se creó, por decreto presidencial, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) para coordinar las políticas públicas nacionales de acción climática que en su inicio estaba presidida por la Semarnat. La CICC ha sido un espacio de análisis transversal del tema y formuló los dos documentos estratégicos, mencionados anteriormente, que orientan la política pública

mexicana en esta materia: la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático (ENCC) y el Programa Especial de Cambio Climático (PECC). La Ley General de Cambio Climático redefinió a la CICC y estableció que será presidida por el titular del Ejecutivo Federal, quien podrá designar en su representación al secretario de Gobernación o al secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales. El nuevo estatuto jurídico de la comisión eleva su capacidad de resolución en el ámbito del Ejecutivo Federal para promover una mayor y mejor integración de políticas, programas e instrumentos para la mitigación y la adaptación. La CICC se integra por los titulares de las secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa); Comunicaciones y Transportes (SCT); Economía (SE); Desarrollo Social (Sedesol); Energía (Sener); Relaciones Exteriores (SRE); Hacienda y Crédito Público (SHCP); Marina (Semar); Salud (Ssa); Gobernación (Segob); Turismo (Sectur), y Educación Pública (SEP) (Semarnat, 2006).

La CICC cuenta con un Consejo Consultivo de Cambio Climático, creado en el mismo decreto presidencial, e integrado por un mínimo de 24 especialistas que representan a los sectores social, privado y académico dedicados a los temas de cambio climático.

En 2012 la Ley General de Cambio Climático transformó al Instituto Nacional de Ecología en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) con el propósito de fortalecer la investigación científica y tecnológica para la toma de decisiones y la elaboración de las políticas públicas en materia de cambio climático.

### **3.4 Qué futuro le espera a la humanidad**

El cambio climático natural se está presentando el cambio climático global por las actividades humanas, el uso de combustibles fósiles (como el petróleo y el gas) y la destrucción de la vegetación del planeta están produciendo ese cambio climático, la quema de combustibles fósiles y la deforestación están cambiando la composición de la atmósfera terrestre, ya que se emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero (como el bióxido de carbono) que el planeta no puede absorber y regresar a su condición normal en periodos cortos, el efecto invernadero es un fenómeno natural que se da también en planetas como Venus y Marte. Este efecto posibilitó que la Tierra adquiriera una temperatura ideal para la proliferación de la vida, mientras que en Venus y Marte no permite que haya condiciones para ello. La Tierra se ha calentado en los últimos 100 años alrededor de 0.74 grados centígrados. De seguir esta

tendencia, para el 2100 el planeta se calentaría entre 1.8 y 4.0 grados centígrados centígrados, se incrementaría con ello el nivel del mar, cambiando los patrones de lluvia y aumentando los eventos climáticos como las ondas de calor, las lluvias torrenciales y las sequías. Para adaptarnos a un clima futuro diferente necesitamos, claro está, tener más idea de hacia dónde irá el clima en nuestros países. Se requiere también difundir esta información a los posibles afectados y discutir y acordar con ellos las medidas y estrategias para enfrentar ese posible futuro. Como país requerimos aumentar nuestra capacidad de prevención y acción frente a los desastres climáticos.

El 2020 nos trajo nuevos motivos de esperanza respecto al cambio climático. Tras la elección de Joe Biden como presidente, Estados Unidos está preparado para recuperar el liderazgo en este campo. China se ha fijado el ambicioso objetivo de alcanzar la neutralidad de carbono antes de 2060. En 2021, la ONU celebrará otra importante cumbre sobre el cambio climático en Escocia. Nada de esto garantiza que obtengamos progresos, por supuesto, pero abre numerosas oportunidades. Cuando gobiernos, investigadores y empresas farmacéuticas han trabajado hombro con hombro contra la COVID-19, el mundo ha realizado avances extraordinarios, como por ejemplo el desarrollo y el ensayo de vacunas en un tiempo récord. En cambio, cuando hemos demonizado a otros países o nos hemos negado a aceptar que las mascarillas y la distancia social frenan la propagación del virus, en vez de aprender los unos de los otros, hemos agravado la situación. Lo mismo ocurre con el cambio climático. Si los países ricos solo se preocupan de reducir sus propias emisiones sin tener en cuenta que las tecnologías limpias deben ser viables para todos, nunca llegaremos a la reducción de las emisiones de carbono y a la eliminación de la problemática del Cambio Climático Global. En segundo lugar, debemos permitir que la ciencia o, para ser más precisos, muchas ciencias distintas nos iluminen el camino. En el caso del nuevo coronavirus, nos han servido de guía la biología, la virología y la farmacología, así como las ciencias políticas y la economía, pues, al fin y al cabo, decidir cómo distribuir las vacunas de forma equitativa es un acto eminentemente político. Del mismo modo que la epidemiología nos señala los riesgos de la COVID-19 pero no cómo combatirla, la climatología nos indica por qué debemos cambiar de rumbo, pero no cómo hacerlo. Para ello, debemos recurrir a la ingeniería, la física, las ciencias ambientales, la economía y otras disciplinas. En tercer lugar, los habitantes de las zonas desfavorecidas necesitan ayuda para adaptarse a un mundo más caluroso. Y los países

privilegiados deben ser conscientes de que la transición energética ocasionará perjuicios a las comunidades cuya economía se basa en los sistemas de energía actuales: los lugares donde la principal industria es la minería del carbón, o aquellos en los que se elabora cemento, se funde acero o se fabrican coches. Además, mucha gente ocupa empleos vinculados de forma indirecta a estos sectores; cuando haya menos carbón y combustible que transportar, habrá menos trabajo para camioneros y ferroviarios. Una porción significativa de la economía de la clase trabajadora se verá afectada, por lo que es imperativo poner en marcha un plan de transición para dichas comunidades. Por último, podemos tomar medidas que rescaten las economías castigadas por la COVID-19 y, al mismo tiempo, estimulen la innovación necesaria para evitar un desastre climático. Al invertir en investigación y desarrollo de energías limpias, los gobiernos pueden impulsar una recuperación económica que a su vez contribuya a aminorar las emisiones. Durante la próxima década, debemos centrarnos en las tecnologías, las políticas y las estructuras de mercado que nos encaminen hacia la eliminación de los gases de efecto invernadero antes de 2050. No se me ocurre una mejor respuesta al nefasto 2020 que dedicar los próximos diez años a perseguir esta ambiciosa meta.

## **Conclusiones**

Los gobiernos pueden desempeñar un papel muy importante si adoptan políticas de bajas emisiones y determinan la manera en que los mercados captan dinero para estos proyectos. He aquí algunos principios: las políticas gubernamentales deben ser tecnológicamente neutras (es decir, apoyar todas las soluciones que reduzcan las emisiones, en vez de mostrar favoritismo hacia solo unas pocas), predecibles (en lugar de tener una vigencia que expira y se prorroga de forma continua, como sucede con frecuencia en la actualidad) y flexibles (para que beneficien no solo a quienes pagan muchos impuestos, sino también a numerosas empresas e inversores de todo tipo). Necesitamos transformar la manera en que fabricamos y cultivamos sin dejar de proveer al mundo de carreteras, puentes y los alimentos de los que dependemos. Llego a la conclusión de que no hay un solo gobierno capaz de implementar en su totalidad un plan de ruta para solucionar por completo la problemática del Cambio Climático Global; la autoridad para la toma de decisiones está demasiado repartida. Necesitaremos que intervengan todos los niveles de la administración, desde los planificadores de transporte locales hasta los parlamentos nacionales y los reguladores del medio ambiente. El grado exacto de intervención de cada administración variará de un país a otro. Los gobiernos municipales desempeñan un papel importante en determinar cómo se construyen los edificios y qué clases de energía utilizan, si los autobuses y vehículos policiales funcionan o no con electricidad, si existe una infraestructura de carga para los automóviles eléctricos y cómo se gestionan los residuos. La mayor parte de los gobiernos estatales o provinciales desempeñan una función relevante en la regulación de la electricidad, la planificación de infraestructuras como carreteras y puentes, y la selección de los materiales que se emplean en estos proyectos. Por lo general, los gobiernos nacionales tienen autoridad sobre las actividades que atraviesan las fronteras regionales o internacionales, por lo que dictan las reglas que configuran los mercados de la electricidad, adoptan normativas sobre la contaminación y fijan los criterios en torno a vehículos y combustibles. Por otro lado, ejercen un poder enorme en las contrataciones públicas, son la principal fuente de estímulos fiscales. Tenemos que invertir más en investigación, así como adoptar políticas que orienten los mercados hacia productos basados en energías limpias que, hoy por hoy, son más caros que sus equivalentes con altas huellas de carbono. Resulta útil fijarse metas ambiciosas y

comprometerse a alcanzarlas, como hicieron muchos países del mundo con el Acuerdo de París de 2015. Mofarse de los convenios internacionales es muy fácil, pero desempeñan una función en el progreso: quienes se alegren de que siga habiendo una capa de ozono deben agradecerse a un acuerdo internacional denominado Protocolo de Montreal y reitero que cuando los gobiernos del mundo están de acuerdo en que la reducción de emisiones vale la pena, será más difícil atacar la problemática.

Cuando uno como individuo se pregunta qué puede hacer para frenar el cambio climático, lo más normal es pensar en medidas como conducir un vehículo eléctrico o comer menos carne, este tipo de acciones personales son importantes por el mensaje que transmiten al mercado, pero el grueso de nuestras emisiones procede de sistemas más amplios en los que se desenvuelve nuestra vida cotidiana, no obstante, la implementación de este nuevo sistema energético requiere acciones políticas concertadas. Por eso implicarse en el proceso político es el paso más importante que pueden dar las personas de todas las condiciones sociales para ayudar a evitar un desastre climático. Como ciudadanos al margen de los recursos con los que cada uno pueda contar, siempre podemos utilizar nuestra voz y nuestro voto para conseguir cambios. Hacer llamadas, escribir cartas y asistir a los plenos municipales. Podemos ayudar a los gobernantes a entender que es tan importante que piensen en el problema a largo plazo del cambio climático como en el empleo, la educación o la sanidad.

Otro punto importante a resaltar es que el mercado está dominado por la oferta y la demanda, así que, como consumidores, tenemos la posibilidad de ejercer un impacto enorme en el lado de la demanda de la ecuación. Si cada uno de nosotros modifica sus costumbres respecto a lo que compra y utiliza, podemos conseguir grandes avances, siempre y cuando nos centremos en cambios trascendentales. Por ejemplo, si puedes permitirte instalar un pequeño termostato para disminuir el consumo de energía cuando no estás en casa, no dudes en hacerlo. Reducirás la factura de la luz y tus emisiones de gases de efecto invernadero. Si suficientes personas envían el mismo mensaje, las empresas responderán, y con bastante rapidez, invertirán más dinero y tiempo en la fabricación de productos bajos en emisiones, lo que contribuirá a que se consuman en mayor número. Esto reforzará la confianza de los inversores en las empresas nuevas que nos ayudaran a reducir las emisiones de carbono. Ya sea como empleados o como accionistas, podemos presionar a nuestra empresa para que ponga su granito de arena. Aunque, como es lógico, las acciones de las multinacionales son



las que más repercuten en muchos de estos campos, las empresas pequeñas también pueden contribuir mucho a mejorar las cosas, sobre todo si colaboran a través de organizaciones como las cámaras de comercio locales. Algunos pasos son más fáciles que otros. Las cosas sencillas sí importan: plantar árboles, por ejemplo, es bueno por razones políticas y medioambientales. Demuestra una preocupación por el cambio climático. Limitarnos a lo fácil, sin embargo, no resolverá el problema. El sector privado también deberá adoptar medidas más duras. En primer lugar, eso significa asumir más riesgos, como financiar proyectos que cabe que fracasen, pero podrían convertirse en un logro para la ciencia de las energías limpias. Accionistas y directivos tendrán que estar dispuestos a asumir parte de esos riesgos asegurando a los ejecutivos que financiarán proyectos innovadores, aunque no acaben rindiendo frutos. Debe recompensarse a las compañías y a sus líderes por apostar para que avancemos en la lucha contra el cambio climático. Las empresas también pueden colaborar unas con otras identificando e intentando dar respuesta a los mayores desafíos del clima. Sin embargo, realzo que la exigencia por parte de los gobiernos será clave para establecer estructuras de regulación que permitan que las nuevas tecnologías obtengan éxito para atacar la problemática del Cambio Climático Global puesto que al implementar una regulación que incluya sanciones y multas tanto para personas individuales, como a las empresas públicas y privadas harán más efectivos los resultados. Como otro punto importante a resaltar considero que ofrecer becas y programas de formación para emprendedores, invertir en tecnologías nuevas, crear departamentos especializados en la innovación baja en carbono y financiar nuevos proyectos de bajas emisiones son también otras soluciones efectivas para acabar con la problemática del Cambio Climático Global. Con la amenaza del cambio climático cerniéndose sobre nosotros, puede resultar difícil mostrarse optimista respecto al futuro. Sin embargo, Cuando tenemos una visión del cambio climático basada en los hechos, tomamos conciencia de que disponemos de algunos de los instrumentos que necesitamos para evitar un desastre climático, pero no de todos. Tomamos conciencia de qué nos impide implementar las soluciones con que contamos y desarrollar los avances que nos hacen falta. Y tomamos conciencia de todos los esfuerzos que debemos realizar para superar esos obstáculos, soy optimista pues está en nuestras manos conseguir que el clima sea soportable para todos, ayudar a cientos de millones de personas de bajos recursos a aprovechar la vida al máximo y conservar el planeta para las generaciones futuras.

## Referencias

- AIE, WEO,(2015). *Emisiones Globales de CO<sub>2</sub>, derivadas de la quema de combustibles fósiles, por región, y de contenedores marinos y de la aviación*. Figura 6. Recuperado de <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/29942/1/TFM000893.pdf>
- Asahi Glass Foundation, (2009). *Crecimiento exponencial de la población*. Figura 1. Recuperado de <https://repositorio.comillas.edu/jspui/bitstream/11531/29942/1/TFM000893.pdf>
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC). (2007). *Estrategia nacional de cambio climático*, Semarnat: México. Recuperado de [https://www.concyteq.edu.mx/amjb/repositorio/documentos/polit\\_doc/nacionales/Esstrategia\\_Nacional\\_de\\_Cambio\\_Climatico\\_sintesis\\_ejecutiva.pdf](https://www.concyteq.edu.mx/amjb/repositorio/documentos/polit_doc/nacionales/Esstrategia_Nacional_de_Cambio_Climatico_sintesis_ejecutiva.pdf)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2002). *La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*, ONU, Santiago de Chile.
- Carabias, J. & Landa, V. (2005). *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. México: UNAM-COLMEX-Fundación Gonzalo Río Arronte
- Commonwealth of Australia, (2010). *Número de huracanes intensos (categoría 4 y 5) en todos los mares de 1976 a 2015*. Bureau of Meteorology (ABN 92637533532); National Oceanic and Atmospheric Administration National Hurricane Center; National Oceanic and Atmospheric Administration; India Meteorological Department:WMO Regional Specialized Meteorological Centre-Tropical Cyclones, New Delhi;Météo France (RSMC La Réunion). Figura 2. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2010.pdf>
- CAIT. (2015). *Emisiones de GEI por sector, en gigatoneladas por año*. Figura 3. Recuperado de [https://wesr.unep.org/media/docs/theme/13/EGR\\_2015\\_Technical\\_Report\\_ES.pdf](https://wesr.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_Technical_Report_ES.pdf)

- CAIT. (2015). *Emisiones de GEI del subsector energía, en gigatoneladas por año*. Figura 4. Recuperado de [https://wesr.unep.org/media/docs/theme/13/EGR\\_2015\\_Technical\\_Report\\_ES.pdf](https://wesr.unep.org/media/docs/theme/13/EGR_2015_Technical_Report_ES.pdf)
- CICC. (2014). *Municipios más vulnerables a los impactos del cambio climático*. Figura 5. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014#gsc.tab=0)
- CAIT.(2015). *Climate Data Explorer. Principales países emisores de GEI en América Latina y el Caribe*. Tabla 2. Recuperado de <https://www.elagoradiario.com/agorapedia/paises-emisores-gases-de-efecto-invernadero/>
- Cognuck, S.,& Numer, E.(2020).Acuerdo de París para jóvenes. Fondo de las Naciones Unidas para la infancia (UNICEF): Panamá.
- Del Nogal, A. (2020). La resiliencia ambiental es vital para sobrevivir. Recuperado de <https://lacontaminacion.org/la-resiliencia-ambiental-es-vital-para-sobrevivir/>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012). “*Ley General de Cambio Climático*”, DOF, 6 de junio de 2012. [Última reforma publicada: DOF, 2 de abril de 2015.] Recuperado de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php%3Fcodigo%3D5249899%26fecha%3D06/06/2012#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php%3Fcodigo%3D5249899%26fecha%3D06/06/2012#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1988). “*Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*”, DOF, México, 28 de enero de 1988. [Última reforma publicada: DOF, 9 de enero de 2015.] Recuperado de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4718573&fecha=28/01/1988#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4718573&fecha=28/01/1988#gsc.tab=0)
- Diario Oficial de la Federación. (2012). “*Ley General de Protección Civil*”, DOF, 6 de junio de 2012. [Última reforma publicada: DOF, 3 de junio de 2014.] Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5249857&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249857&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0)
- EDGAR. (2015). Emisiones de CO2 por uso de combustible fósiles y cemento en los principales cinco países y en la Unión Europea. Tabla 1.

- Gore, A. (2007). *Una verdad incómoda, la crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*. Barcelona: Gedisa.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014). *Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.
- Gates, D. (1993). *Climate Change and Its Biological Consequences*, Sinauer Associates: Massachusetts.
- Landa, V. (2008). *Agua y clima. Elementos para la adaptación al cambio climático*. Semarnat. UNAM: México.
- Ley General de Cambio Climático. 11 de mayo 2022. DOF.  
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.diputados.gob.mx%2FleyesBiblio%2Fdoc%2FLGCC.doc&wdOrigin=BROWSELINK>
- Molina, M., Sarukhán, J., & Carabias, J. (2017). *El Cambio Climático, causas, efectos y soluciones*. Fondo de cultura Económica: México. Pp. 1-193.
- Magaña, V. (2004). *Los impactos de El Niño en México*, Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM Segob: México.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU).(1998). *Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, ONU, Kioto. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2015). *Informe de 2015 sobre la disparidad en las emisiones*, PNUMA, Nairobi. Recuperado de <https://unfccc.int/es/news/informe-del-pnuma-sobre-la-disparidad-en-las-emisiones-urge-a-aumentar-el-nivel-de-ambicion-para-lograr-el-objetivo-de-los-dos-grados-centigrados>
- Provencio, E. (2006). “Desastres: de la gestión de crisis a la reducción de riesgos”, Foreign Affairs en español, 6 (2) pp.102-106.

Pachauri, R. K. & Reisinger, A. (2007). Climate change 2007. *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report*. Switzerland. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/944235>

Solomon, S; Qin, D; Manning, M; Marquis, M; Averyt, K; Tignor, M M.B.; Miller, Jr, H L. (2007). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/944236>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (2009). *México. Cuarta comunicación nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, INECC-Semarnat, México. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/666958/cuarta\\_Comunicacion.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/666958/cuarta_Comunicacion.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2012). *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. Semarnat: México. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001364.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). (2006). *La gestión ambiental en México*. Semarnat: México. Recuperado de [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Gestion\\_Ambiental.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Gestion_Ambiental.pdf)

Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P. M. Midgley. (2013). *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York.

Tudela, F. (2004). “México y la participación de países en desarrollo en el régimen climático”, en *Cambio climático: una visión desde México*. Semarnat: México, pp. 155-175.