

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Economía

El cambio climático y su impacto en el gasto público a través del  
rubro de salud. México 1980-2010

Que para obtener el título de Licenciada en economía

P R E S E N T A

Cynthia Sosa Gómez

Dirección: Dr. Fidel Aroche Reyes

México D.F. 2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Índice

Introducción.....	4
Capítulo I: Entendiendo el cambio climático .....	8
1.1 ¿Qué es el clima? .....	8
1.2 ¿Qué es el cambio climático? .....	9
1.3 ¿Es observable una evolución histórica en la concentración atmosférica de GEI? ¿Tiene esta evolución alguna relación real con cambios de temperatura relevantes? .....	13
Conclusión .....	15
Capítulo II: El cambio climático afecta en diferentes niveles al ser humano: consecuencias del cambio climático.....	17
2.1 Consecuencias del cambio climático sobre los diferentes aspectos ecosistémicos ....	18
2.1.1 Aumento en el nivel del mar e impacto en las costas.....	19
2.1.2 Ecosistemas y biodiversidad .....	21
2.1.3 Recursos acuáticos y desertificación.....	23
2.1.4 Agricultura y seguridad alimentaria.....	24
2.2 Consecuencias del cambio climático respecto a la salud de la población .....	26
Conclusión .....	30
Capítulo III: Cambio climático en México: vulnerabilidad y evidencia .....	32
3.1 México y las emisiones de GEI .....	33
3.2 Evidencia de cambio climático en México .....	36
3.3 Vulnerabilidad de México ante los efectos del cambio climático y algunos resultados visibles .....	39
3.3.1 Aumento en el nivel del mar e impacto en las costas.....	41

3.3.2 Ecosistemas y biodiversidad .....	42
3.3.3 Recursos acuáticos, sequía y desertificación.....	44
3.3.4 Agricultura y seguridad alimentaria.....	46
3.4 Salud .....	49
Conclusión .....	52
Capítulo IV: Gasto público en salud en México y los costos presentes y futuros del cambio climático .....	53
4.1 Comprendiendo el gasto público en México .....	54
4.2 Estructura de la administración pública mexicana .....	55
4.3 El sector salud en México: atención a la población y presupuesto.....	59
4.4 Futuros costos relacionados a la salud y al cambio climático .....	62
Conclusión .....	68
Capítulo V: Modelo y estimación de gasto de gobierno .....	69
5.1 Modelo econométrico ideal.....	70
5.1.1 Especificación del modelo ideal.....	71
5.2 Modelo posible: MCO estático .....	74
5.2.1 Modelo MCO estático .....	75
5.2.2 Supuestos del modelo MCO y otras cuestiones que hay que revisar en un modelo de series de tiempo .....	76
5.2.3 Especificación y justificación de variables .....	79
5.2.4 Resultados y pruebas.....	81
5.3 Cálculo de gasto de gobierno.....	93
5.3.1 Resumen de resultados .....	94
Conclusión .....	95
Capítulo VI: Conclusiones.....	98

Anexo I: Estimación del posible gasto de gobierno en salud.....	102
AI.1 Escenario moderado:.....	102
AI.2 Escenario extremo.....	106
Fuentes de información .....	108

## **Introducción**

Desde la década de los setenta en el mundo se comenzó a presenciar un cambio de valores sociales en torno al medio ambiente. Debido al gran aumento de la población y al cambio en los hábitos de consumo de ésta, se llevó a cabo una gran producción de basura, lo cual comenzó a afectar a la salud de la población de Estados Unidos. Desde ese momento, el medio ambiente pasó de ser un tema de interés exclusivo para biólogos a ser un tema universal y relevante para el desarrollo de todo país, llevándose a cabo, en 1972 la Conferencia de Estocolmo y la primera gran “Cumbre de la tierra” en donde se discutieron varios temas relacionados con el medio ambiente y el desarrollo económico. A medida que las investigaciones alrededor del tema medioambiental fueron evolucionando, se descubrieron una serie de problemas relacionados con la forma de vida y de producción de los diferentes países que afectaban los ecosistemas y por lo tanto a la población. Uno de estos problemas descubiertos fue el del calentamiento global y el cambio climático que éste produce.

A partir del descubrimiento del calentamiento global y del cambio climático, como ocurre con cualquier descubrimiento, las explicaciones que surgieron para éste fueron varias y, en este caso, se podían dividir entonces en dos bandos: aquellas que explicaban al cambio climático como un fenómeno natural cíclico y que se basaban en las eras de hielo y calentamiento que ha sufrido la Tierra a lo largo de su existencia, y por otro lado, aquellas que explicaban al cambio climático como un fenómeno causado por la actividad humana. Hoy en día esta discusión puede ser considerada como terminada, ya que la idea de que el cambio climático que se vive en el presente es consecuencia de la actividad humana ha sido aceptada por los más importantes organismos internacionales como la ONU y el Banco Mundial. Ahora bien, ¿cómo es que la humanidad ha podido alterar las condiciones climáticas del planeta? La respuesta aceptada a nivel mundial por la comunidad científica es: a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

A partir de la industrialización en el siglo XIX el modo de producción y de vida de las personas alrededor del mundo cambió. La tecnología que se desarrolló entonces se basaba

en la quema de carbón, el cual es un combustible fósil, y cuyo producto de combustión es, entre otros y como en el caso de la quema de cualquier combustible fósil, la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el GEI más importante para la generación del calentamiento global. A partir de esta tecnología, la humanidad logró encontrar otras fuentes de energía fósil, como el petróleo. Los motores de combustión interna se volvieron altamente populares, llegando a ser utilizados tanto para el uso personal de la población como es el caso de los automóviles, como para las más grandes máquinas en cualquier industria. Esta tecnología creó un impacto tan grande en la vida de la población mundial que se volvió la base de la tecnología que perdura aún en el presente, y aunque se ha logrado incorporar a la vida productiva mundial tecnología cuya base son las fuentes de energía alternativas (energía solar, nuclear, eólica, hídrica, entre otras), la principal fuente de energía utilizada sigue siendo la energía fósil debido a su alto potencial de generación energética incomparable con las demás fuentes de energía. Esta tecnología basada en las fuentes fósiles es la causante de las emisiones de GEI, emisiones que con el tiempo han incrementado debido al aumento de la actividad industrial mundial y del mismo aumento poblacional.

Ahora bien, ¿por qué representa el cambio climático un objeto de estudio para la comunidad científica mundial? La respuesta es sencilla pero esconde en si un nivel alto de complejidad. La respuesta a esta pregunta en un primer plano es porque al cambiar el clima de las diferentes regiones ecosistémicas del mundo, los mismos ecosistemas se alteran, alterándose así mismo los seres que en éstos habitan. La complejidad de la pregunta se descubre al incorporar las relaciones entre estos ecosistemas y la vida del ser humano. A diferencia de otros fenómenos estudiados por la ciencia, el cambio climático se ha incorporado a la agenda internacional debido a que éste afecta al ser humano en diferentes niveles y desde diferentes perspectivas. El cambio climático ha sido catalogado como uno de los principales riesgos del mundo de hoy en día y que en el futuro se prevé como una amenaza a la vida humana. Es importante mencionar que la amenaza no es de igual magnitud para todo el mundo, existen países más vulnerables que otros a los efectos del cambio climático debido a su situación geográfica y por lo tanto climática, y ecosistémica y debido también a su situación socioeconómica. El Panel Intergubernamental para el

Cambio Climático, en 2007 elaboró el *Fourth Assessment Report* en donde menciona que los países más vulnerables son aquellos con climas tropicales y que además tienen condiciones de pobreza graves. Tal es el caso de México.

En México es posible ubicar el comienzo del cambio de perspectiva sobre la importancia del medio ambiente en el año 1980, cuando surgió la Ley Forestal, la cual se formuló con el objetivo de evitar la rápida deforestación y la degradación del suelo mexicano. Con esta ley se aceptó públicamente la importancia de los bosques para la vida humana debido a los servicios ambientales que éstos ofrecen, entre ellos, la purificación del medio ambiente, la cual está latamente ligada al problema del cambio climático, debido a que los bosques absorben el CO<sub>2</sub>, disminuyendo los niveles de dicho gas en la atmósfera. A pesar de este intento de políticas ambientales, en el presente México se encuentra entre los países de mayor deforestación, y aunque se han introducido otras medidas para la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, estas no parecen tener el impacto suficiente sobre las fuentes de emisiones de GEI más importante, por lo tanto, se puede decir que las medidas tomadas por el país para la disminución del cambio climático no están atacando al problema de dicho fenómeno desde su raíz. ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de un ataque poco efectivo al cambio climático en México? Existen varias consecuencias resultantes del cambio climático tanto sobre el medio ambiente, como sobre la población. En este trabajo se estudian las consecuencias del cambio climático sobre la salud de la población de México, un país, que como se mencionó, es altamente vulnerable a los efectos de dicho fenómeno climático. Además de representar un impacto a la salud de la población, el cambio climático representa otro problema para México: la economía. Si la salud de la población empeora debido a la alteración de los diferentes ecosistemas del país, tomando en cuenta que existe una situación de pobreza importante en la sociedad mexicana, el Estado se convierte en un actor esencial en la lucha por la salud de la población. Es decir, además de ser la salud de la población una de sus responsabilidades, el Estado se ve aún más obligado a combatir el deterioro de dicha salud debido a la situación de pobreza que existe en México. Por lo tanto, la hipótesis del presente trabajo es que el cambio climático afecta a la salud de la población y por lo tanto genera un mayor gasto de gobierno, afectando de esta manera a la economía de México.

Sobre la relación entre las consecuencias del cambio climático y la salud de la población, Galindo (2010) encontró que el cambio climático aumenta los casos de malaria en un estudio hecho para México, así como la existencia de enfermedades relacionadas con el aumento de la exposición de la población al ozono. Otros estudios como es el Informe Stern (2006) encuentran una relación positiva entre el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el cambio climático y ciertas enfermedades como lo son las enfermedades diarreicas infecciosas y las cardiovasculares.

Para comprobar la presente hipótesis el presente trabajo comprende seis capítulos, el primero es una breve explicación de lo que es el cambio climático y cómo se genera éste, de la misma manera se exponen los conceptos suficientes y necesarios para la comprensión de dicho fenómeno. El segundo capítulo se enfoca a la explicación de los efectos del cambio climático tanto sobre el medio ambiente como sobre la salud de la población. Esta exposición se hace de manera general para después, en el siguiente capítulo (capítulo 3) hacer referencia de los efectos del cambio climático sobre el medio ambiente y la salud de la población para el caso específico de México, haciendo referencia a su grado de vulnerabilidad. El cuarto capítulo expone una breve explicación de cómo se comprende el presupuesto público, y del gasto que se hace en el presente en el ramo de salud, así como una breve exposición de los posibles costos futuros relacionados con la salud de la población que el cambio climático representa para el Estado. El siguiente capítulo, el capítulo cinco, expone una aproximación a la medición del aumento del gasto público de México resultado de los efectos del cambio climático sobre la población del país. Esta medición se hace a través de un cálculo en dos etapas. La primera es la estimación de un modelo econométrico al cual se nombra como *modelo posible* para estimar los efectos del cambio climático sobre la salud de la población de México. El nombre de *modelo posible* se da debido a que existe un *modelo ideal* que se acercaría más a medir los verdaderos efectos del cambio climático sobre la salud de la población; sin embargo, debido a la falta de información estadística, este *modelo ideal* se resume al *modelo posible*. De todos modos, el *modelo ideal* se expone de manera teórica en este mismo capítulo (capítulo V) para lograr un mejor entendimiento de la formulación del *modelo posible*. El segundo paso de la estimación del aumento del gasto público derivado de los efectos del cambio climático

sobre la población de México se basa en una estimación aritmética con “reglas de tres” del aumento del gasto público según el aumento en las variables tomada en cuenta en el *modelo posible*. En esta última estimación se muestran varios escenarios y casos dependiendo de la gravedad del cambio climático. Finalmente, el último capítulo (capítulo VI) expone las conclusiones del trabajo, así como un par de recomendaciones para el futuro de la investigación ambiental en México.

## **Capítulo I: Entendiendo el cambio climático**

Para comenzar, la comprensión del funcionamiento del sistema climático es importante para entender el origen de los problemas actuales que se generan como consecuencia de este fenómeno.

Es común que como individuos ajenos a un tema específico, al escuchar un concepto, aún entendiendo de forma general de qué se trata, no exista una reflexión profunda sobre éste, sobre las palabras que lo conforman, y por lo tanto, aunque quede claro cómo funciona, no es claro qué es. De manera que el primer paso evidente es saber ¿Qué es el clima? Para después dar lugar al entendimiento de cómo es que éste puede cambiar y definir entonces lo que es el cambio climático. Se finaliza esta sección con el objetivo inicial de saber si existen efectos del cambio climático sobre la población y cuáles son éstos.

### **1.1 ¿Qué es el clima?**

El clima es el promedio del tiempo atmosférico en el tiempo y espacio. El tiempo atmosférico es “...la forma en la que la atmósfera se está comportando, principalmente con respecto a sus efectos sobre la vida y actividades humanas... el tiempo atmosférico consiste en cambios de corto plazo (de minutos a meses) en la atmósfera. En la mayoría de los lugares, el tiempo atmosférico puede cambiar de minuto a minuto, hora a hora, día a día y época a época.” (NASA, 2005)

“Algunos científicos definen el clima como el tiempo atmosférico promedio para una región y periodo de tiempo particulares, usualmente tomado sobre 30 años... Cuando los científicos hablan de clima, ellos ven promedios de precipitación, temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento, fenómenos como la niebla, congelación, granizo y tormentas...” (NASA, 2005).

## **1.2 ¿Qué es el cambio climático?**

Según la definición brindada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Naciones Unidas, 1998), “cambio climático” se entiende como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”

El cambio climático proviene del calentamiento global, el cual tiene una relación estrecha con lo que se conoce como “efecto invernadero” (EI), ya que el aumento en la intensidad éste último causa al primero.

El término de “efecto invernadero” surge de la comparación de la actividad de la atmósfera (capa de gases que rodea a la Tierra) con la que desarrolla un invernadero, el cual es utilizado para mantener las plantas a una temperatura mayor a aquella a fuera de éste. Dicho efecto se basa en la radiación. La radiación es un conjunto de ondas electromagnéticas, las ondas que transmite el Sol, son los rayos visibles, los cuales se transmiten a aproximadamente 6,000 °C, mientras que las ondas que emite la Tierra suceden a alrededor de los 0°C (Garduño, 2004). El efecto invernadero sucede cuando la radiación del Sol llega a la Tierra y ésta es en parte atrapada por la atmósfera y otros cuerpos como los océanos, causando que éstos se calienten y a su vez generen una radiación, la cual es también absorbida por la atmósfera. Este efecto invernadero sucede gracias a los gases denominados *de efecto invernadero (GEI)*, los cuales tienen la capacidad de retener la radiación y almacenarla en la atmósfera para guardar una temperatura que permite la existencia de la vida como la conocemos.

Los gases que son considerados de efecto invernadero son los siguientes:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): “El dióxido de carbono se encuentra inmerso en un ciclo global complejo. Es producido en el interior de la tierra por la respiración de la biota<sup>1</sup>, microbios de la tierra, combustión de combustibles y la evaporación oceánica.” (Roger G. Barry, Richard J. Chorley, 2003)
- Metano (CH<sub>4</sub>): Es producido principalmente por la descomposición anaerobia de la materia orgánica en los sistemas biológicos. Los procesos agrícolas, como el cultivo del arroz inundado en agua, la fermentación entérica en los animales, la descomposición de los desechos de éstos y la descomposición de los desechos municipales. El metano también se emite durante la producción y distribución de gas natural y de petróleo, y es liberado como subproducto en la extracción del carbón y en la combustión incompleta de los energéticos fósiles. (Cuatecontzi & Gasca, 2004)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O): es producido principalmente por fertilizantes de nitrógeno (50 – 70 por ciento) y procesos industriales. Otras fuentes son los medios de transporte, la quema de biomasa, lotes de alimentación de ganado, y mecanismos biológicos en los océanos y los suelos. (Roger G. Barry, Richard J. Chorley, 2003)
- Halocarbonos y compuestos relacionados: Son sustancias producidas en su mayoría por el hombre. Los halocarbonos controlados por el protocolo de Kioto son los hidrofluorocarbonos (HFCs) y los perfluorocarbonos (PFCs). Los HFCs son gases utilizados para reemplazar las sustancias agotadoras de la capa de ozono mientras que los PFCs son utilizados principalmente en el proceso de fundición de aluminio y la fabricación de semiconductores. Los PFCs tienen una alta capacidad de absorción de rayos infrarrojos, por lo que aún en pequeñas cantidades puede llevar a grandes cambios en la temperatura atmosférica. A su vez, algunos de los compuestos pertenecientes a estos gases tienen una vida larga en la atmósfera. El CF<sub>4</sub> permanece en la atmósfera 50,000 años como mínimo. (Cuatecontzi & Gasca, 2004)
- Vapor de agua (H<sub>2</sub>O): es el GEI que tiene mayor presencia en la atmósfera y se genera mediante el ciclo hídrico y algunas actividades industriales.

---

<sup>1</sup> Conjunto de plantas, animales y otros organismos que habitan en un área determinada.

- Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ): se utiliza como aislante en interruptores y equipos eléctricos. Es generado también por fugas en procesos de fabricación de algunos semiconductores y manufacturación de magnesio.

Dichos gases tienen una alta capacidad de absorción térmica, y son necesarios para mantener estable la temperatura atmosférica, ya que sin éstos, dicha temperatura sería aproximadamente  $33^\circ \text{C}$  menor a la promedio actual (Green Peace México, 2010). De manera que, un aumento en la concentración de dichos gases se traduce en un aumento del efecto invernadero, el cual conlleva, por su parte, a un aumento en la temperatura atmosférica y de la superficie del planeta. Los GEI siempre han estado presentes en la naturaleza química de la atmósfera, sin embargo, su concentración ha aumentado dadas ciertas actividades humanas ligadas al modo de producción que nuestra sociedad presente lleva a cabo. Esta relación entre aumento de la concentración de GEI y la actividad humana se concentra sobre todo en aquellas actividades relacionadas con la quema de combustibles fósiles y la deforestación, las cuales han elevado, principalmente, los niveles de  $\text{CO}_2$ . Este aumento de temperatura se denomina *calentamiento global* y es éste calentamiento global el que altera los diferentes climas alrededor del mundo dando pie al fenómeno del cambio climático.

Es tan aprobada la idea de que el calentamiento global, y por ende, el cambio climático son de índole antropogénica, que existen actividades humanas específicas que se ha detectado que generan fuertes emisiones de GEI. El Protocolo de Kyoto establece que las principales actividades humanas fuente de GEI son (Naciones Unidas, 1998):

#### Energía

- Quema de combustible
  - Industrias de energía
  - Industria manufacturera y construcción
  - Transporte
  - Otros sectores
  - Otros

- Emisiones fugitivas de combustibles
  - Combustibles sólidos
  - Petróleo y gas natural
  - Otros

#### Procesos industriales

- Productos minerales
- Industria química
- Producción de metales
- Otra Producción
- Producción de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
- Consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
- Otros

#### Utilización de disolventes y otros productos

#### Agricultura

- Fermentación entérica
- Aprovechamiento del estiércol
- Cultivo del arroz
- Suelos agrícolas
- Quema prescrita de sabanas
- Quema en el campo de residuos agrícolas
- Otros

#### Desechos

- Eliminación de desechos sólidos en la tierra
- Tratamiento de las aguas residuales
- Incineración de desechos
- Otros

Entre las actividades que generan una mayor concentración de GEI en la atmósfera también se encuentra el cambio de uso de suelo y la deforestación, debido a que los árboles y plantas, como parte del proceso de fotosíntesis, absorben dióxido de carbono. De manera que la reducción de áreas forestales y selváticas genera una menor absorción de dicho gas, disipándose a la atmósfera.

### **1.3 ¿Es observable una evolución histórica en la concentración atmosférica de GEI?**

#### **¿Tiene esta evolución alguna relación real con cambios de temperatura relevantes?**

Como se mencionó en los puntos anteriores del presente trabajo, una mayor concentración de GEI genere un aumento en la temperatura atmosférica y por ende, dado el sistema de absorción de calor llevado a cabo por los océanos, éstos también presentan un aumento en su temperatura promedio. La discusión que se ha llevado a cabo durante los últimos años en torno al calentamiento global es si éste es generado en el presenta por el humano o si es más una cuestión de ciclos naturales del clima. Según el Instituto Godard para Estudios del Espacio de la NASA (2005), las temperaturas promedio han aumentado 0.8°C durante el último siglo. De este aumento, 75% ocurrió durante las tres últimas décadas (Rosenzweig & Rattinger, 2007). Algunos autores como Jeff Severinghaus (1999) mencionan que el cambio climático es un efecto natural de la atmósfera que no está realmente relacionado de manera proporcional con las emisiones antropogénicas de GEI, y que además es un cambio no gradual, sino un cambio “a saltos”. Sugiere también que estos cambios, dado que se han presentado después de eras glaciales y cuyo rastro ha sido observado mediante la práctica de buscar gas atrapado en las capas de hielo de Groelandia, no se espera que en un futuro próximo la temperatura se eleve a tal grado que sea posible un cambio en la vida como la conocemos hasta ahora.

Ahora bien, los estudios más recientes demuestran que la humanidad juega un papel crucial como generador directo del cambio climático global. Ante esto, varios autores toman el inicio de la Revolución Industrial como punto de partida para el estudio del fenómeno climático, ya que marca un cambio radical no sólo en el modo de producción que se había llevado a cabo durante siglos, el cual se basaba en la mano de obra directa a un modo de

producción basado más en la operación de máquinas, sino también es el origen de una manera diferente de contaminación ambiental dado el creciente uso de combustibles fósiles con los que se llevaba y aún se lleva a cabo dicha operación de máquinas de producción. Con el inicio de esta revolución, la concentración de los GEI mostró los siguientes incrementos (Fernández, 2004):

- Dióxido de carbono 31%
- Metano 151%
- Óxidos de nitrógeno 17%

Las actividades humanas están cambiando la composición atmosférica y sus propiedades. Desde la época pre industrial (alrededor de 1750) las concentraciones de dióxido de carbono han aumentado de 280 partes por millón (ppm)<sup>2</sup> a 380 ppm en el presente (Stern, 2006). A su vez, hoy en día la concentración de gases de efecto invernadero en general es de 430 ppm equivalentes de CO<sub>2</sub><sup>3</sup> y esta concentración aumenta a una tasa de alrededor de 2.3 ppm anuales. En el presente los niveles de gases de efecto invernadero son más altos que en cualquier otro momento en los últimos 650,000 años (Stern, 2006).

El GEI que tiene mayor capacidad calorífica es el vapor de agua, sin embargo, la proporción de éste generado por el humano no es suficientemente relevante para ser un generador antropogénico de grandes cambios en la temperatura atmosférica y su composición. El segundo GEI más importante en cuanto a su capacidad radiativa es el CO<sub>2</sub>, y es este el GEI de mayor emisión antropogénica (Kromp-Kolb & Formayer, 2008). Las emisiones de este gas se han incrementado al paso del tiempo a medida que ha incrementado el uso de combustibles fósiles en las actividades humanas. En el periodo entre 1971 y 2005 la emisión mundial de CO<sub>2</sub> aumentó en 90%, emitiéndose en ese último año un total de 27 millones de toneladas del dicho gas (Semarnat, 2009).

---

<sup>2</sup> La unidad de medida partes por millón (ppm) es una unidad de concentración y se refiere a una cierta cantidad de unidades de una sustancia en otra o en un conjunto de éstas.

<sup>3</sup> La equivalencia de los gases se hace con respecto al CO<sub>2</sub> para homogenizar la medida y comparación de la concentración de gases dadas sus diferentes capacidades radiativas. Es decir, se hace una equivalencia a medida de comparación de la radiatividad de un cierto gas en comparación con ésta misma del CO<sub>2</sub>.

Autores como Fidel Aroche y Luis Miguel Galindo (2000) señalan que existe una relación entre el crecimiento económico bajo el sistema reproductivo predominante en el presente y el consumo de energía, lo cual ha llevado al aumento en el uso de combustibles fósiles y por lo tanto al aumento en las emisiones sobre todo de CO<sub>2</sub>. Sobre esta misma línea, existen varios trabajos que señalan una relación entre el crecimiento económico y demográfico, el aumento de alteraciones en la composición atmosférica y la temperatura de ésta. Un considerable número de de investigaciones científicas basadas en observaciones, indicadores proxy y modelos numéricos ha demostrado que los cambios antropogénicos en la composición de la atmósfera ha resultado en cambios significativos en el clima global (IPCC en (Hidlago & Alfaro, 2012)). En el Rapport de Synthèse sobre el cambio climáticos de la universidad de Copenhague (2009) se hace mención a dichas pruebas científicas, y se señala que no existe duda alguna sobre la amenaza que representa el actual nivel de emisiones sobre la sociedad contemporánea debido a las afectaciones que esta comienza a sufrir y sufrirá en mayor alcance en un futuro debido al cambio climático que dichas emisiones propician, y que además, según el Panel Internacional sobre Cambio Climático (2007), existe el 90% de probabilidad de que dicho calentamiento es consecuencia de la actividad humana.

### **Conclusión**

A partir del entendimiento de los conceptos relacionados con el cambio climático y el calentamiento global, se observa que existen dos caras del efecto invernadero del cual parten ambos fenómenos (el calentamiento global y el cambio climático generado por éste último): la cara positiva, que es aquella que se refiere al efecto invernadero como el fenómeno necesario para la vida en el planeta y que sucede de manera natural como resultado de la interacción entre los gases de efecto invernadero contenidos en la atmósfera con la radiación solar y los océanos, y la cara negativa, que es aquella que se refiere al efecto invernadero “excesivo”, el cual parte de las mismas relaciones que aquel natural, pero que se vuelve excesivo debido al aumento en las emisiones de GEI que son resultado de la actividad humana relacionada con la quema de combustibles fósiles. Es esta cara negativa del efecto invernadero es el punto de partida para el calentamiento global y, por lo tanto, para el cambio climático.

Por otra parte, existen consecuencias que los cambios en la temperatura global, generados por el calentamiento global, tienen de manera intrínseca. Estas consecuencias son varias y se presentan en diferentes aspectos tanto humanos como ecosistémicos, alterando el modo de vida de diferentes especies, incluyendo nuestra sociedad. En el siguiente capítulo se analizan de manera general estas consecuencias.

## **Capítulo II: El cambio climático afecta en diferentes niveles al ser humano: consecuencias del cambio climático**

El cambio climático ha causado modificaciones en los ecosistemas, desde los polares hasta los tropicales (Gian-Reto, Post, Convey, & al, 2002), alterando el modo de vida de diferentes poblaciones tanto animales como humanas y amenazando la existencia de varias especies. Estas modificaciones, si bien pueden ser medidas a través de promedios, es importante mencionar que cada región se ha visto afectada de diferente manera debido a que las condiciones entre ecosistemas son muy diferentes (Gian-Reto, Post, Convey, & al, 2002). Sin embargo, es posible estudiar dichas modificaciones *grosso modo* a través de la observación de seis sectores diferentes (Gosling, Warren, Arnell, & al., 2011) que parten del *Fourth Assesment Report* del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático:

- Aumento en el nivel del mar (ANM) e impacto en las costas
- Acidificación de los océanos<sup>4</sup>
- Ecosistemas y biodiversidad
- Recursos acuáticos, desertificación<sup>5</sup> y sequías
- Agricultura y seguridad alimentaria
- Salud humana

A continuación se exponen detalladamente cada una de estas alteraciones al medio ambiente, y debido a que los cambios en el medio ambiente generan dichas alteraciones de manera directa a la forma de vida del ser humano, y sobre todo a su salud, estos seis rubros

---

<sup>4</sup> Para efectos de este trabajo no se desarrollará el tema de acidificación de los océanos debido a que éste es generado directamente como consecuencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> mas no por cuestiones del cambio climático per se.

<sup>5</sup> La cita original menciona únicamente el caso de la desertificación, sin embargo, en el presente trabajo se tomará en cuenta también el caso de las sequías.

se expondrán de manera en que el último sobre salud humana se presente como la consecuencia de las alteraciones causadas por el cambio climático en los otros cinco rubros, los cuales se expondrán como parte de un grupo, al cual se hará referencia como “consecuencias ambientales del cambio climático”. Ahora bien, dicha relación causal mencionada entre los rubros expuestos se asume dado que la vida en la Tierra genera cadenas de interrelación entre especies, ecosistemas, y regiones; de manera que, lo que afecta a una población, indirectamente afectará a otra, y ésta a su vez será causante de alteraciones en una tercera población y así continúa la cadena. Esta interrelación sucede debido a que no existe población alguna que no dependa de los servicios ambientales que brindan los diferentes ecosistemas para sobrevivir. Todo ser humano requiere de agua potable, aire y alimentos, entre otros, para sobrevivir, y son justamente estas necesidades las que se satisfacen a través de la naturaleza. De manera que si, por ejemplo, una ciudad cuyo abastecimiento de agua potable se basa en determinado pozo, contamina cierto río a través de su industria, tomando en cuenta el ciclo del agua, eventualmente el agua contaminada de dicho río se filtraría a los mantos freáticos (en parte) llegando al pozo que abastece a la ciudad de agua potable; mientras que, por otra parte, ese mismo río, podría abastecer también al campo, lo cual contaminaría los cultivos y el ganado, afectando a la población tanto urbana como rural, no sólo a través de la ingesta de agua contaminada, sino también a través de alimentos contaminados.

Finalmente, es importante destacar la relación que existe entre la modificación del medio ambiente y la economía. Esta relación se puede ver desde diferentes puntos de vista, sin embargo, en este trabajo se tocará enteramente la relación entre las consecuencias del cambio climático sobre la salud de la población, lo cual visto de manera económica representa un gasto para el gobierno, quien en sus bases teóricas debe responder a la protección de los derechos básicos de su población, entre estos, el derecho a la salud.

### **2.1 Consecuencias del cambio climático sobre los diferentes aspectos ecosistémicos**

Cuando el medio ambiente cambia, cambian con éste los ciclos naturales de vida en los diferentes ecosistemas. Las especies tienden siempre a la supervivencia, y por lo tanto éstas mutan para lograr adaptarse al medio en el que viven. Este proceso de adaptación es lento y

puede tardar miles de años, de manera que mientras éste sucede, las especies deben buscar la manera de sobrevivir el mayor tiempo posible. Este mismo comportamiento sucede en los humanos. El hombre intenta siempre sobrevivir y es a través del desarrollo tecnológico que busca salir adelante. Sin embargo, en los últimos años es éste desarrollo tecnológico y el mismo sistema de producción los que han generado la situación de riesgo para el mismo humano; es este desarrollo el que ha dado pie a fenómenos como el cambio climático.

Las consecuencias ambientales del cambio climático son de suma importancia económica ya que el hombre debe adaptarse a las nuevas formas del medio en el que se desarrolla mediante la inversión en instrumentos que logren su supervivencia. Las consecuencias ambientales del cambio climático son causantes directas de desplazamientos humanos por inundaciones y sequías, del aumento en la inseguridad alimentaria y de riesgos a la salud. Todo lo anterior representa un gasto para los diferentes gobiernos y naciones que deben asegurar los derechos básicos de salud, vivienda y vida digna a su población.

### **2.1.1 Aumento en el nivel del mar e impacto en las costas**

El aumento en el nivel del mar es un gran riesgo que corre la humanidad debido a las inundaciones que causa. Aunado al aumento en la recurrencia y potencia de fenómenos climáticos como huracanes y tormentas, las inundaciones se han convertido en un riesgo importante y sobre todo visible y palpable por la población mundial. Tanto países en desarrollo como aquellos desarrollados han sufrido las dificultades de contrarrestar los efectos de este fenómeno (Wilby & Keenan, 2012).

Cuando se toman en periodos de tiempo largos (más de una década), el aumento del promedio global de nivel del mar es consecuencia directa de factores ligados estrictamente con el cambio climático que aumentan el volumen de agua global en el océano. Estos factores son la expansión térmica<sup>6</sup> y el intercambio de agua entre el océano y otras reservas (glaciares y casquetes de hielo, las capas de hielo, otros depósitos de agua en la tierra,

---

<sup>6</sup> Entre mayor temperatura sea aplicada a un cuerpo (en este caso líquido), su moléculas tienen mayor energía y por lo tanto mayor movimiento, expandiéndose y generando que el cuerpo tenga mayor volumen. Esto es la expansión térmica.

incluyendo los efectos del cambio antropogénico de la hidrología de la tierra y la atmósfera). Estos procesos causan tanto un aumento del nivel del mar de manera no uniforme geográficamente, como un aumento en el promedio global de dicho nivel (IPCC, 2007).

Según datos del IPCC (2007), el nivel global del océano aumentó alrededor de 120m durante varios milenios que siguieron a la última era de hielo, y este nivel se estabilizó hace 2000 o 3000 años. Este nivel, durante el siglo XIX no se alteró, mientras que en el siglo XX el mismo organismo estima que hubo un aumento de 1.2mm anuales, y de manera más precisa, desde 1993 aumentó 3mm anuales. Sobre las causas que han generado dichos aumentos, los cálculos realizados por el IPCC resultaron en una aportación 50 – 50 entre la expansión térmica y el derretimiento de cuerpos de hielo.

El aumento en el nivel del mar representa un problema grave sobre todo para las zonas costeras y su población, la cual es una porción importante del total de la población mundial. 23% de dicha población mundial vive dentro de 100Km de distancia de las costas y a menos de 100m sobre el nivel del mar (IPCC, 2007) . El aumento del uso de las costas para actividades económicas como la acuicultura y el turismo ha aumentado también su importancia para el sistema económico de los países, y por lo tanto se han vuelto cada vez más atractivas para la población en general. De manera que el aumento de la población costera ha sido inminente tanto en países desarrollados como en aquellos en desarrollo. Según el *Fourth Assessment Report* del IPCC (2007), sesenta por ciento de las 39 metrópolis del mundo cuya población es mayor a los 5 millones de habitantes se localizan dentro de 100Km de la costa, incluyendo a 12 de las 16 ciudades con población mayor a 10 millones de habitantes. De manera que existe un gran número de individuos que se verían afectados por el aumento en el nivel del mar, así como por otras causas de inundaciones relacionadas con el cambio climático como es el fenómeno de El Niño, el cual se relaciona con altas temperaturas y aumento en el nivel del mar. Esta población, dado un mayor aumento del nivel del mar tendría que desplazarse, lo cual representa un gasto importante para el gobierno de los países en los que suceden dichos desplazamientos, ya que tendrían que garantizar la vivienda de esta población en una nueva ubicación, sin mencionar la necesidad

de re instalarlos en actividades laborales y la pérdida de producción que representa una disminución en la superficie costera.

### **2.1.2 Ecosistemas y biodiversidad**

Un ecosistema se define como un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y el medio ambiente no vivo que interactúan como una unidad funcional (Reid et al., 2005 en Fischlin, y otros, 2007). El equilibrio dentro de dichos ecosistemas así como el de la biodiversidad que en ellos reside es de suma importancia para la vida humana debido a que dependemos directamente de éstos. Los ecosistemas nos brindan hogar, alimentos y muchos otros servicios ambientales, mientras que la biodiversidad además de alimentos, asegura que el equilibrio de los ecosistemas permanezca, lo cual es fundamental para la existencia de vida en la Tierra. Lo anterior puede ser ilustrado en un breve ejemplo: si una zona forestal es reducida en cierta proporción para dar paso a tierra de uso agrícola, las especies que vivían en esa porción de bosque tendrán que migrar a donde aún existe este ecosistema boscoso, aumentando la densidad de población de las especies animales, lo cual pone en riesgo el abastecimiento de alimento para esa misma población animal, aumentando el consumo de ciertas especies vegetales llevándolas al límite y en algunos casos a su extinción. A su vez, la reducción de las zonas boscosas representa un grave riesgo para la humanidad debido a que son estas zonas las que tienen un mayor índice de captación de CO<sub>2</sub>, además es de donde proviene la mayor parte del abastecimiento de agua dulce, y sin árboles, la filtración del agua a los mantos freáticos disminuye, alentando el ciclo del agua. Sin agua dulce y sin aire limpio, el hombre, así como otras especies animales, no puede vivir. Son estas cadenas naturales las que mantienen la vida en el planeta.

Los ecosistemas brindan servicios ambientales, los cuales, Gretchen Daily en 1997 definió como “las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, sostienen y nutren a la vida humana”. Estos servicios pueden ser catalogados dentro de cuatro grupos dependiendo su objetivo (Fischlin, y otros, 2007):

- Servicios de soporte: son aquellos que proveen la base para los demás servicios. Como ejemplos están la producción primaria y secundaria y la biodiversidad.

- Servicios de aprovisionamiento: son los servicios que se reflejan en un consumo directo por el humano, como por ejemplo los alimentos, fibras (incluyendo madera y fibras textiles) y plantas medicinales y cosméticas.
- Servicios de regulación: estos servicios son los que regulan las condiciones ecosistémicas como son la absorción de dióxido de carbono, la regulación del clima y el agua, prevención y protección contra desastres naturales, purificación del aire y la regulación de plagas y enfermedades.
- Servicios culturales: son los servicios que satisfacen la apreciación humana estética de los ecosistemas y sus componentes. Es decir, son aquellos que brindan al hombre diversión y sentimientos de bienestar a través de la apreciación de los diferentes ecosistemas.

Los servicios ambientales descritos anteriormente funcionan como el vínculo entre los ecosistemas y la población humana, de manera que las alteraciones en el medio ambiente generan cambios en la cantidad y calidad de los servicios que se generan en éste, lo cual resulta en consecuencias que afectan al ser humano. Es importante mencionar que todos los ecosistemas tienen una capacidad de resiliencia, es decir, tienen cierta capacidad de absorber perturbaciones manteniendo hasta cierto punto el equilibrio de las especies y regresar al estado original una vez que la perturbación es procesada. El problema surge cuando dicha capacidad de resiliencia es rebasada por las actividades humanas y los ecosistemas no pueden regresar a su forma original. Es entonces cuando los servicios ambientales pueden presentar alteraciones irreversibles, afectando directa y permanentemente al hombre, quien debe idear maneras de resistir y sobreponerse a dichas variaciones. De manera que, un ecosistema resiliente es aquel que tiene la capacidad de resistir ciertos tipos de estrés como es el caso de la contaminación, y que además puede regresar a su estado original una vez que una perturbación sucede, como en el caso de una tormenta (National Research Council of the National Academies, Board on Life Sciences, 2008).

El fenómeno del cambio climático genera alteraciones directas en el medio ambiente, las cuales afectan al humano a través de las variaciones resultantes de dicho cambio climático

en los servicios ambientales. Aún cuando todo ecosistema tiene cierta capacidad de resiliencia a los cambios en la temperatura, existe una amplia gama de alteraciones que el cambio climático genera en los diferentes ecosistemas aún cuando las variaciones en la temperatura promedio de una región es mínima. Dichas alteraciones van desde aquellas más simples, hasta aquellas complejas en las cuales intervienen largas cadenas de agentes cuyas variaciones son importantes para varios procesos naturales. Las alteraciones más simples son aquellas que resultan directamente del cambio climático, como lo son las alteraciones en los sistemas de reproducción de diversas especies vegetales. Por ejemplo, los tiempos en los que algunas especies florecen y/o brindan frutos ocurren más temprano en el año debido al aumento en la temperatura promedio en algunas regiones. De la misma manera, las especies animales se ven afectadas, no sólo en cuanto a sus ciclos reproductivos, también varias se ven obligadas a migrar de sus regiones originales debido a que cada especie tiene cierto rango de temperaturas y climas a las cuales es tolerante. Esta migración forzosa aumenta el estrés en los ecosistemas. Otras alteraciones más complicadas se relacionan con el ciclo del agua y con el ciclo del carbono y con aquel del nitrógeno, entre otros.

### **2.1.3 Recursos acuáticos y desertificación**

El aumento en la temperatura atmosférica promedio puede causar que el ciclo global del agua se altere, incidiendo en una mayor evaporación. Dichas alteraciones resultan en variaciones en los tiempos naturales de dicho ciclo acuático, afectando a su vez las tasas de filtración a los mantos freáticos, de inundaciones y de sequías (Frederik, 1997). Entre estos resultados se encuentra también la desertificación.

Las sequías son fenómenos climáticos en los que la tasa pluvial disminuye y en algunos casos llega a ser cero. Estas sequías son uno de los principales causantes del fenómeno de la desertificación que es la degradación de la tierra (pérdida de su función y servicios ecosistémicos) especialmente en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas a causa de varios factores tanto climáticos como por alteraciones humanas en su uso.

Las sequías son períodos en los que la tasa pluvial disminuye de manera importante por debajo de los niveles normales, dando como resultado la escasez de agua en general en una

región. Cuando estas sequías dan como resultado un proceso de desertificación, el resultado es caótico para la población. El aumento de las temperaturas en una zona en proceso de desertificación genera una mayor demanda de agua tanto para consumo en los hogares como para la agricultura y la ganadería, éstas últimas quedando en un segundo plano en cuestión de prioridades, cuando la desertificación es extrema. Lo anterior, a su vez, resulta en una disminución importante de la producción alimenticia y de otras materias primas en la región afectada, consecuencia que se agudiza debido a la degradación del suelo, el cual se torna, paulatinamente, estéril. Esto se refleja claramente en un “círculo vicioso” en el que a mayor temperatura, mayor demanda de agua, mayor detrimento de los cuerpos acuíferos, causando una aportación grande al proceso de desertificación, con lo cual la demanda de agua aumenta una vez más.

#### **2.1.4 Agricultura y seguridad alimentaria**

La alimentación, más que ser un derecho, es una necesidad básica para todo individuo. La seguridad alimentaria, por lo tanto, es fundamental para garantizar, más allá del desarrollo y bienestar de una población, su propia supervivencia. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) define la seguridad alimentaria como “Situación existente cuando todas las personas tienen en todo momento el acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana” (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001).

La producción alimentaria depende de tres factores básicos; éstos son la disponibilidad del agua, la fertilidad de la tierra y la biodiversidad. El cambio climático afecta a estos factores y a las dimensiones de la seguridad alimenticia, las cuales son la (i) disponibilidad de alimentos, (ii) el acceso a éstos, (iii) la estabilidad en su suministro y (iv) la capacidad de los consumidores de utilizar los alimentos con base en su inocuidad y su valor nutricional (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012). Como se ha explicado en este apartado sobre las consecuencias ambientales del cambio climático, éste provoca fenómenos naturales como inundaciones, sequías, cambios bruscos de temperatura reflejados en ondas cálidas y frías, y así como se verá más adelante, la

incidencia de pestes y enfermedades. Son estos fenómenos los que amenazan a los factores básicos de la producción alimentaria.

Hoy en día, tendencias de los efectos del cambio climático sobre la producción agrícola se pueden comenzar a observar. Tal es el caso de la enfermedad que invadió en 2003 los campos de siembra de papa en Perú, en la región de Challabamba y que generó la destrucción de gran parte de la cosecha de papa en ese año. Esta enfermedad fue causada por el mismo tipo de hongo (*Phytophthora infestans*) responsable de la gran hambruna irlandesa en el periodo de 1845-1849. El factor que logró que dicha enfermedad se desarrollara a cuatrocientos metros de altura y por primera vez desde que los pobladores de la región comenzaran a plantar este tubérculo hace millones de años, fue el cambio de clima (Halweil, 2005). El clima en la región se volvió más caluroso y húmedo, sentando las condiciones para la reproducción de dicho hongo.

Un efecto indirecto del cambio climático sobre la seguridad alimentaria es la alteración en el nivel de precios de los alimentos. Dada la definición de seguridad alimentaria proporcionada anteriormente, el aumento en los precios de los alimentos generado de la disminución en la oferta de éstos lleva a la población a poder consumir menor cantidad de alimentos, atentando contra dicha seguridad alimentaria. En 2002, las tormentas de viento en Estados Unidos fueron tan catastróficas que resultaron en una disminución de la producción de granos, afectando también su calidad. Esto generó el aumento de precios de dichos granos, lo cual a su vez, tuvo efecto sobre la producción ganadera, la cual se mantiene con alimentación a base de dicho alimento. De manera que, como resultado de una alteración en el clima, la población de E.U. se vio afectada por el lado de la adquisición de granos y también de productos ganaderos, cuyos precios aumentaron como consecuencia del aumento en el precio de los granos (Halweil, 2005).

De manera que el cambio climático afecta a la población mundial desde un punto de vista ecológico afectando las condiciones ecosistémicas necesarias para la producción y

distribución de alimentos, así como desde un punto de vista socio-económico, afectando la capacidad de compra de los individuos e influyendo en el desempleo<sup>7</sup>.

## **2.2 Consecuencias del cambio climático respecto a la salud de la población**

En principio es importante aclarar que aunque existe una relación entre el cambio climático y ciertas enfermedades, es difícil saber hasta qué grado el cambio climático es responsable de cierta enfermedad. Es decir, que si en efecto el cambio climático puede hacer que aumenten las condiciones para que una enfermedad *X* se desarrolle, esto no quiere decir que el 100% de los casos de esta enfermedad *X* que se presenten en cierto periodo se deben al cambio climático. Una vez señalado este punto, se analiza a continuación el efecto del cambio climático sobre la salud de la población.

La salud es uno de los derechos básicos de cualquier individuo. La Organización mundial de la Salud (OMS) define la salud humana como “un estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente como la ausencia de enfermedad o malestar”. El fenómeno del cambio climático impacta a este estado de bienestar de diferentes maneras; se habla de efectos directos y efectos indirectos. Los primeros siendo aquellos que suceden directamente de alteraciones en los valores de una o más variables climáticas como lo son la temperatura, el nivel de precipitación y la radiación solar, entre otros. Por su parte, los efectos indirectos son aquellos que suceden, como se mencionó anteriormente, como consecuencia de las alteraciones generadas por el cambio climático sobre las condiciones ecosistémicas de una región, como son las diferentes consecuencias del cambio climático expuestas en el apartado anterior.

Partiendo del análisis de los efectos directos, los estudios se concentran mayormente en las consecuencias de las olas de calor y las olas de frío. Las olas de calor están relacionadas a aumentos de corto plazo de la tasa de mortalidad, afectando sobre todo a personas enfermas y adultos mayores. En el caso de las olas de frío, éstas son un problema particular de las

---

<sup>7</sup> Si la producción agrícola disminuye, los requerimientos de mano de obra en este sector disminuyen también, generando desempleo en las poblaciones rurales-campesinas.

regiones en las latitudes más al norte. Las olas de frío generan mayormente muertes por hipotermia y los individuos afectados son, en su mayoría, gente sin hogar que permanece mucho tiempo a la intemperie. Es importante mencionar que el grado de afectación de cualquiera de las olas mencionadas está estrictamente ligado a la capacidad de respuesta de la región en cuanto a servicios de salud y nivel de salud.

Un claro ejemplo de las repercusiones sobre la salud humana de dichas olas es el caso de la ola de calor que atacó a Europa en el año 2003, en donde se reportaron 35,000 muertes como suma de los decesos en Alemania, Bélgica, República Checa, Italia, Portugal, España, Suiza, Holanda, y el Reino Unido. Sólo en Francia las muertes ascendieron a 14,800 casos (Confalonieri, y otros, 2007).

En el caso de los factores indirectos, según la Organización Mundial de la Salud (2009), el cambio climático tiene consecuencias negativas sobre los requisitos básicos que se deben cumplir en el medio ambiente para asegurar la salud de la población de una región. Estos requisitos son el aire, la disponibilidad de agua potable, suficiente disponibilidad de alimentos, un albergue adecuado y la disminución en la incidencia de enfermedades.

**Aire:** Altas temperaturas del aire como aquellas alcanzadas en las olas de calor, pueden matar directamente, además, generan un mayor nivel de contaminantes aéreos como es el caso del ozono troposférico, particularmente en áreas donde ya existe un nivel de contaminación importante. Esta contaminación aumenta la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Altos niveles de ozono en el aire están relacionados con el aumento de casos de neumonía, obstrucción pulmonar crónica, asma y rinitis alérgica, así como con muertes prematuras (Confalonieri, y otros, 2007). Otra enfermedad relacionada con la calidad del aire y la contaminación es el cáncer pulmonar.

**Disponibilidad de agua potable de calidad:** dados los cambios en los patrones de lluvia, existen zonas que se ven más afectadas por inundaciones, lo cual conlleva a estancamiento de agua que es transporte de enfermedades como el cólera. Además, estos estancamientos de agua son el medio perfecto para la reproducción de mosquitos que pueden ser portadores de dengue y malaria. Por otra parte, existen zonas afectadas de manera inversa a la ya

expuesta, es decir, zonas en las que el nivel de precipitaciones disminuye, secando el terreno y disminuyendo la disponibilidad de agua en general. Aproximadamente el 90% de las enfermedades diarreicas infecciosas<sup>8</sup> se atribuye al acceso pobre a fuentes de agua potable y la higiene (Organización Mundial de la Salud, 2009). Además, se estima que el 4% del total de las muertes está relacionada con el agua, la higiene y el saneamiento (Prüss, Kay, Fewtrell, & Bartram, 2002), y a nivel mundial, 1.4 millones de niños mueren por enfermedades diarreicas que pueden ser prevenidas, de las cuales 88% se relacionan con mala calidad del agua (Cheng, et al, 2012). Prüss *et al* en su estudio de 2002 exponen la siguiente lista de enfermedades relacionadas con la calidad del agua, la higiene y el saneamiento:

- Diarrea infecciosa (gastrointestinal)
- Fiebres tifoidea y paratifoidea (gastrointestinal)
- Hepatitis aguda tipo A, E y F (hepática)
- Arsenosis (envenenamiento por arsénico)
- Legionelosis (respiratoria)
- Metahemoglobinemia (sanguínea)
- Esquistosomiasis (cutánea parasitaria)
- Tracoma (cutánea parasitaria)
- Ascariasis (gastrointestinal)
- Trichuriasis (gastrointestinal)
- Anquilostoma (cutánea parasitaria)
- Dracontosis (cutánea parasitaria)
- Scabies (cutánea parasitaria)

---

<sup>8</sup> Cólera, salmonelosis y amibiasis

- Dengue (viral)
- Filariasis (gastrointestinal)
- Malaria (debilitante)
- Encefalitis japonesa (viral y congénita)
- Fiebre amarilla (viral)
- Oncocercosis (cutánea parasitaria)
- Leishmaniosis (cutánea parasitaria)
- Impétigo (cutánea)

**Suficiente disponibilidad de alimentos:** Como se expuso ya en el apartado anterior, la seguridad alimentaria es necesaria para la supervivencia humana. Se mencionaron los efectos del cambio climático en torno a dicha seguridad alimentaria y ahora se observan las consecuencias directas de estos efectos sobre la salud de la población:

Al no tener acceso a una alimentación funcional y suficiente, el ser humano sufre de desnutrición. Esta desnutrición conlleva disminución en las defensas naturales del organismo, con lo cual los individuos se vuelven más vulnerables a contraer enfermedades infecciosas como aquellas mencionadas en el caso de la existencia de mala calidad en el agua, así como otras que afectan al sistema respiratorio. La desnutrición afecta con mayor intensidad a niños menores de cinco años y a adultos mayores (de 65 años en adelante). A nivel mundial, según un estudio realizado por la Food and Agriculture Organization (FAO) hay mil millones de individuos en estado de subnutrición y cada año hay 680,000 muertes infantiles debido a la desnutrición (Cheng, Schuster-Wallace, Watt, Newbold, & Mente, 2012).

**Albergue adecuado:** las inundaciones y sequías pueden producir el desplazamiento forzoso de la población, la cual puede no encontrar albergue, además de que estos desplazamientos pueden generar problemas en la salud debido a varios factores, entre ellos, la pérdida de asistencia médica por parte del gobierno del país o región de origen de los migrantes, la pérdida de condiciones de salubridad y el aumento en el contacto entre

personas vulnerables a enfermedades (niños, mujeres y adultos mayores) y personas ya enfermas. Según McMichael et al (2012) la tendencia migratoria relacionada con el cambio climático estará asociada en su mayoría al aumento en la frecuencia e intensidad de los desastres climáticos extremos, disminución de la oferta alimentaria y de la existencia de agua potable. “Entre los refugiados y la gente desplazada en países en desarrollo, las enfermedades infecciosas son la principal causa de morbilidad y mortalidad” (McMichael, Barnett, & McMichael, 2012). Las enfermedades infecciosas más comunes en los lugares en donde se da albergue a una cantidad importante de personas, generalmente son las infecciones diarreicas, sarampión, meningitis, enfermedades respiratorias, tuberculosis y malaria. El contagio de enfermedades se vuelve aún más peligroso debido a la falta de alimentos suficientes para generar las defensas básicas en los cuerpos humanos. Esta falta de alimentos se genera debido a que cuando existen desastres naturales, además de que la producción alimenticia local se ve afectada, muchas veces, el acceso de la ayuda (de otros países, regiones y organizaciones) a las regiones perjudicadas se torna difícil.

**Libertad de las enfermedades:** el aumento de la temperatura, el cambio en el patrón de lluvias y el aumento de la humedad facilitan la dispersión de enfermedades por vectores. Además, los diferentes ecosistemas nos brindan insumos para elaborar medicamentos. Al presionar la biodiversidad con el cambio climático, estos insumos pueden llegar a extinguirse y por lo tanto, amenazar la producción de varios productos incluyendo los medicamentos.

### **Conclusión**

En síntesis, el cambio climático afecta el medio ambiente en diferentes dimensiones, las cuales pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Aumento en el nivel del mar (ANM) e impacto en las costas
- Ecosistemas y biodiversidad

- Recursos acuáticos, desertificación<sup>9</sup> y sequías
- Agricultura y seguridad alimentaria
- Salud humana

Estas alteraciones a los diferentes ecosistemas en los que se desarrolla el ser humano y de los cuales depende para sobrevivir, afectan directa e indirectamente a éste en varias dimensiones, entre éstas, una serie de enfermedades que se desarrollan como resultado de la alteración climática, así como de las condiciones básicas necesarias para que el ser humano pueda desarrollarse sanamente (aire limpio, agua potable, albergue adecuado, disponibilidad de alimentos y libertad de enfermedades) arriesgando a la población mundial. Al mismo tiempo, existen una serie de enfermedades que según la OMS (2009) están ligadas al cambio climático, siendo las más relevantes la malaria, las enfermedades respiratorias como el asma, el cólera, tifoidea, dengue, leishmaniasis, tuberculosis, sarampión y la desnutrición. Lo anteriormente exhibido es un panorama general, en la realidad, como se expone en el siguiente capítulo (Capítulo III) el grado en el cual una región se ve afectada por el cambio climático depende altamente de las características tanto geográficas y climatológicas, como aquellas socioeconómicas con las que cuenta dicha región. A continuación, se muestra el panorama específico para el caso de México, país que debido a su situación actual, es altamente vulnerable a los efectos del cambio climático.

---

<sup>9</sup> La cita original menciona únicamente el caso de la desertificación, sin embargo, en el presente trabajo se tomará en cuenta también el caso de las sequías.

### **Capítulo III: Cambio climático en México: vulnerabilidad y evidencia**

Una vez comprendido el fenómeno del cambio climático, se puede dar paso al estudio específico del caso mexicano. La economía de México es altamente dependiente de los ingresos que genera la producción de petróleo, es también un país que basa sus actividades en el consumo de combustibles derivados de éste y es el uso de dichos combustibles la fuente principal de emisiones de GEI. Así como sucede con las grandes ciudades, la ciudad de México, se caracteriza por un aumento rápido y constante de la flota automovilística, lo cual conlleva al aumento también del consumo de energéticos y de emisiones de GEI. Lo anterior junto con otras fuentes de GEI como el nivel de contaminación sólida y la disminución de áreas forestales hacen de la Ciudad de México un contribuidor importante al cambio climático. Sin embargo, la Ciudad de México es sólo la punta del iceberg. Varios procesos que ayudan a reforzar el efecto invernadero se llevan a cabo en todo el país. Estos efectos están ligados a la vida diaria de todo mexicano y van desde el mismo aumento en la producción de desechos sólidos y la quema y tala forestal ya mencionadas para el caso de la Ciudad de México, hasta el aumento en la actividad industrial, el cambio en el uso del suelo, el aumento en los requerimientos de energía eléctrica y por supuesto, el rápido crecimiento poblacional y la concentración de dicha población en las grandes ciudades. El simple hecho de ser el segundo país en América Latina en cuanto a la superficie de bosques talados, hace de México un país importante en la contribución al fenómeno del cambio climático.

Ahora bien, el cambio climático no afecta a todos los países por igual. Las mayores consecuencias las tienen aquellos cuya adaptabilidad a las condiciones generadas por el cambio climático se ve limitada debido a las condiciones presentes en las que vive la población. Es decir, aquellos países cuyas situaciones de pobreza, salud, inversión, agotamiento de recursos naturales, crecimiento poblacional, crecimiento urbano desmesurado y degradación ambiental son delicadas, tienden a verse mayormente afectados por los efectos del cambio climático. Cabe entonces mencionar que México encuentra una posición dentro de la categoría de estos países que enfrentan una mayor dificultad en la adaptación. De manera que, además de ser propenso a contribuir con el fenómeno del

cambio climático, México afronta consecuencias más rigurosas resultado de dicho fenómeno.

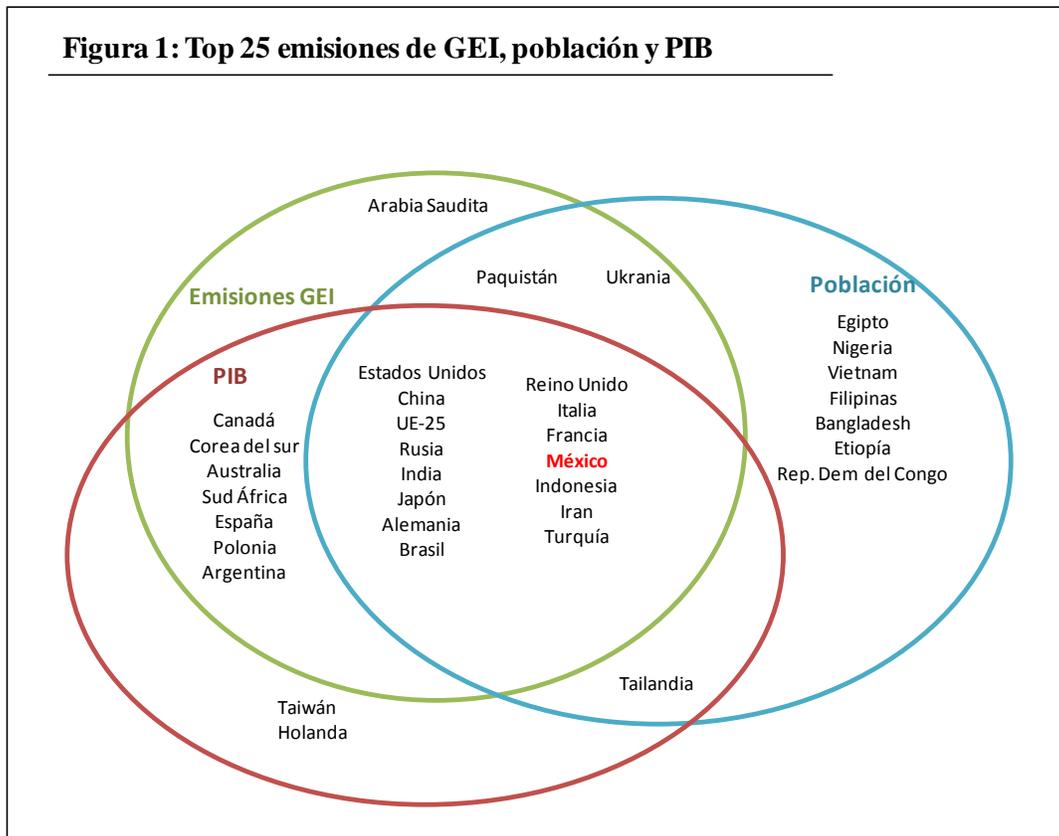
Hemos visto ya las características y funcionamiento del fenómeno del cambio climático, así como las consecuencias tanto para el medio ambiente como para la salud de la población. Ahora bien, ¿Cómo está afectando dicho cambio climático a México? ¿Existen resultados visibles en el presente? ¿Se pueden observar cambios en la situación de salud de la población mexicana a consecuencia del cambio climático? ¿Qué tan vulnerables somos como país a los efectos del cambio climático? Estas preguntas ponen la guía para el presente capítulo.

Comencemos por estudiar la aportación que hace México al cambio climático a través de sus procesos productivos y la vida diaria mexicana en general. Como se señaló ya en el capítulo anterior, el cambio climático es generado por el calentamiento global, el cual a su vez es resultado del aumento en la intensidad del efecto invernadero derivado de la concentración de los GEI en la atmósfera. Partamos entonces de la contribución que México hace al nivel global de GEI.

### **3.1 México y las emisiones de GEI**

En el año 2000 México produjo alrededor del 1.5% del total de las emisiones mundiales de GEI, lo cual es equiparable al mismo nivel para Francia. Con este hecho México se posicionó en el lugar decimocuarto de la lista de los principales países emisores de GEI, encabezada por Estados Unidos (Rosenzweig & Rattinger, 2007).

El World Resources Institute (WRI) coloca a México dentro de la lista de los principales países en cuanto a tamaño de la población y emisión de GEI en relación al PIB. La figura que se muestra a continuación es el resumen del WRI en torno a dicha lista.



Fuente: World Resources Institute 2005.

UE-25 se refiere a los siguientes países de la Unión Europea: Bélgica, Grecia, Luxemburgo, Dinamarca, Holanda, España, Alemania, Francia, Portugal, Reino Unido, Irlanda, Austria, Finlandia, Suecia, Polonia, República Checa, Chipre, Letonia, Lituania, Eslovenia, Estonia, Eslovaquia, Hungría y Malta en conjunto. Además se mencionan algunos de estos países de manera particular debido a la importancia que tienen dentro de cada clasificación

Se observa en la *Figura 1* que México se encuentra en el mismo grupo en cuanto a la relación entre el tamaño de la población, las emisiones de GEI y el producto interno bruto que países que son punta de lanza en el desarrollo económico como es el caso de Estados Unidos y China. Esta relación es importante ya que se ha observado durante las últimas décadas, un vínculo (positivo) entre el nivel de crecimiento de un país y el nivel de emisiones de GEI producidas por éste. En el caso de México, aunque no es éste un país considerado “desarrollado”, sino más bien uno en vías de desarrollo, el posicionamiento de éste que se observa en la *Figura 1* podría ser explicado debido al aumento de la población

de dicho país. Entre 1990 y 2002 las emisiones de México aumentaron aproximadamente 30 por ciento, lo cual, según Rosenzweig y Rattinger (2007), se explica en su mayoría por el crecimiento poblacional en la década de 1990, en la cual la población pasó de 84 a más de 94 millones de habitantes.

Se ha visto ya que las emisiones de GEI son resultado de diferentes actividades. Para México, el *Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero* realizado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) en 2005, muestra que la mayor fuente emisora de GEI es el rubro llamado “energía” el cual se relaciona con la generación y transformación de energía. Este rubro contribuyó, en promedio, con el 72% del total de las emisiones de GEI en el período de 1990-2002 siendo en su mayoría (89%) emisiones de CO<sub>2</sub>, y aumentando 25% en 2002 con respecto a 1990. En éste participan el consumo de combustibles fósiles y las emisiones fugitivas de metano, tomando en cuenta la generación de energía eléctrica, la cual generó 24% del total de las emisiones para el rubro, el sector de transporte, el cual tuvo una participación de 18% y el sector de manufactura y de construcción, con un resultado de 8% del total de las emisiones catalogadas bajo “energía”. La segunda fuente emisora de GEI en México, para 2002 fue el cambio de uso de suelo y la silvicultura, el cual generó 14% de dichas emisiones, seguido por los desechos, los cuales contribuyeron con el 10% de las emisiones, mientras que los diferentes procesos industriales generaron 8% del volumen total de GEI y finalmente, 7% de dicho volumen fue resultado de las actividades agrícolas (Instituto Nacional de Ecología, 2005). La siguiente tabla, *Tabla 1* muestra el resumen de esta información:

**Tabla 1: Fuentes emisoras de GEI. México 1990-2002**

Rubro	Contribución promedio a las emisiones de GEI para el periodo 1990-2002	Subrubro	Participación de subrubro en rubro
Energía	72%	Generación de energía eléctrica	24%
		Sector transporte	18%
		Sector manufactura y construcción	8%
Cambio de uso de suelo y silvicultura	14%		
Desechos	10%		
Procesos industriales	8%		
Actividades agrícolas	7%		

*Fuente: Elaborado con datos del Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. Instituto Nacional de Ecología, 2005*

En particular, el rubro de energía, para 2006 presentó cambios importantes. El transporte pasó a generar 34% del total de las emisiones de GEI para el concepto de energía, superando la generación de energía eléctrica, la cual representó 26% del volumen de emisiones de GEI (Semarnat - Cambio climático, 2010).

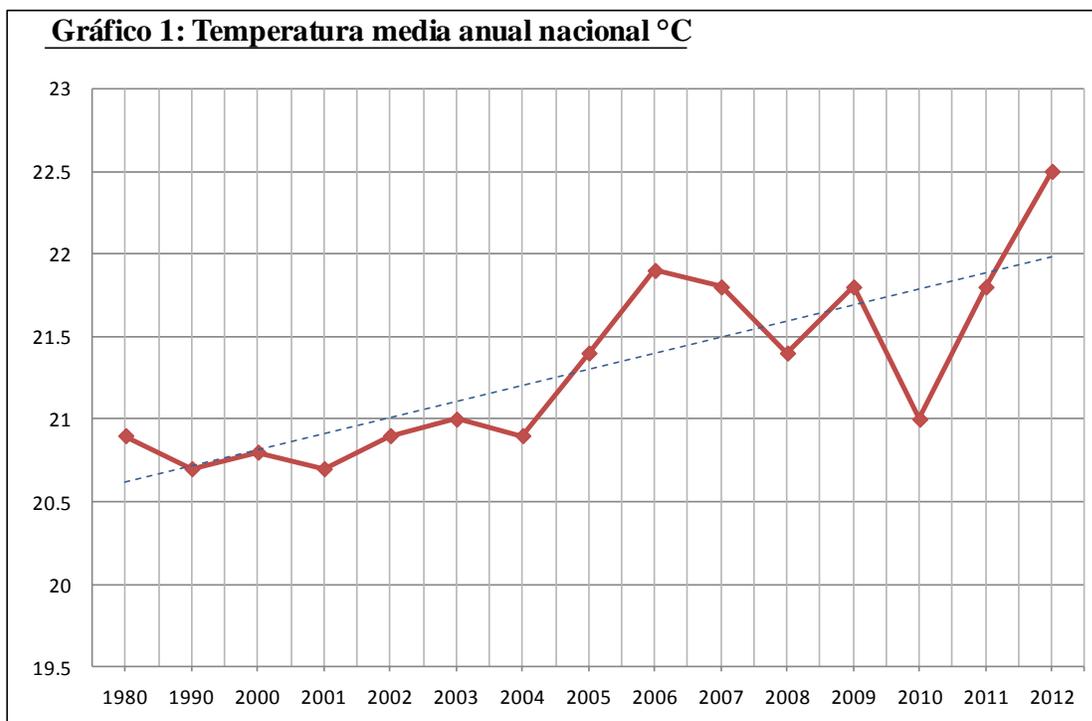
En general existe una tendencia creciente para las emisiones de GEI en México, en la cual el sector de transporte toma cada vez mayor importancia. Este hecho parece obvio si como antecedente se tiene que el INEGI estimó en 1980 que la flota vehicular en México ascendía a 5 millones de automóviles, mientras que para el año 2010, esta flota había llegado a 32 millones (Centro de Transporte Sustentable de México A.C., 2010).

Si este es el comportamiento de las emisiones de GEI en México, según lo expuesto anteriormente, debería existir también un comportamiento similar en cuanto a aumentos y decrementos de la temperatura promedio en el país, dando pie a fenómenos climáticos diferentes, lo cual forma la evidencia de que el cambio climático está afectando a México.

### **3.2 Evidencia de cambio climático en México**

Se ha expuesto ya cómo el aumento de la temperatura global da pie al cambio climático. La primera evidencia de la existencia del fenómeno de cambio climático en México sería

entonces la existencia de un aumento en la temperatura promedio registrado en los últimos años. El siguiente gráfico muestra el comportamiento de la temperatura promedio a nivel nacional de 1980 a 1990 y de 2000 a 2012<sup>10</sup>.



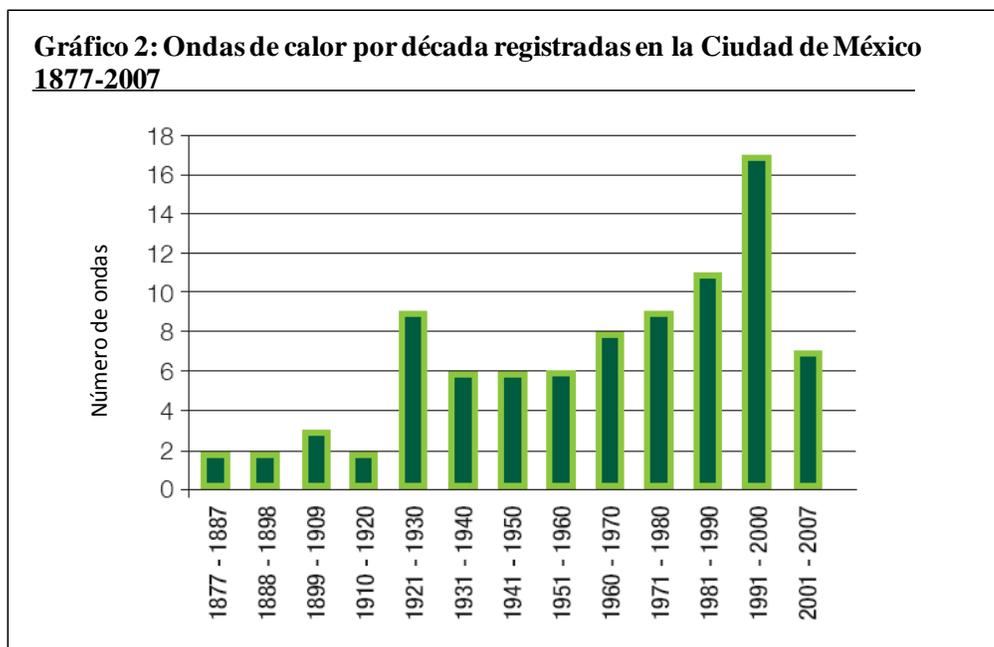
*Fuente: Elaboración con base en datos del Sistema Nacional Meteorológico*

En el *Gráfico 1* se muestra una gráfica sobre la temperatura media anual a nivel nacional en grados centígrados. A simple vista es fácil observar la tendencia creciente de dicha temperatura y más allá, parece alarmante el resultado de la comparación entre el año 1980 y el 2012, ya que la temperatura aumenta de 20.9°C a 22.5°C. ¿Qué consecuencias tiene este aumento de temperatura? Los cambios en la temperatura global pueden afectar severamente los diferentes ciclos naturales cambiando la frecuencia y magnitud en la que los diferentes fenómenos climáticos se presentan en diferentes regiones del mundo. En México estas alteraciones climatológicas se han presentado ya y las consecuencias son evidentes.

---

<sup>10</sup>Los datos para 2012 contemplan sólo hasta el mes de septiembre

Es común escuchar alrededor a la gente decir comentarios como que cada vez las lluvias son más fuertes, que el verano pasado no parecía tan caluroso como este, que el periodo de lluvias ya no parece ser tan fácil de predecir, que los huracanes y tormentas parecen ser cada vez más fuertes y muchas otras aseveraciones como estas. Pues la observación es la madre de toda investigación y estas aseveraciones se han comprobado, a través de la investigación, verdaderas. En un ejemplo visible se expone el caso de los huracanes y las tormentas tropicales que han azotado al Golfo de México y al Caribe. Según Rosenzweig y Rattinger (2007) el año 2004 fue el año más activo desde 1950 en lo referente a estos dos fenómenos climatológicos y en 2005 se vivieron más eventos de este tipo que nunca. Se ha registrado también un mayor número de ondas de calor en la Ciudad de México, definidas éstas por Juárezgui (2000) como temperaturas de más de 30°C que persisten por más de dos días. El *Gráfico 2* muestra la frecuencia de ondas de calor en la Ciudad de México.



Los datos fueron registrados en Tacubaya en la Ciudad de México  
Fuente: Greenpeace México 2009

Es notable el incremento en dicha frecuencia, sobre todo desde la década de 1960-1970, en la cual se observa una tendencia creciente de la aparición de ondas de calor en la Ciudad de México, hasta llegar al periodo de 1991-2000 en donde se aprecia el aumento excesivo en

el número de ondas, y aunque para 2001-2007 la frecuencia decrece a comparación de la década anterior, muestra un valor igualmente elevado.

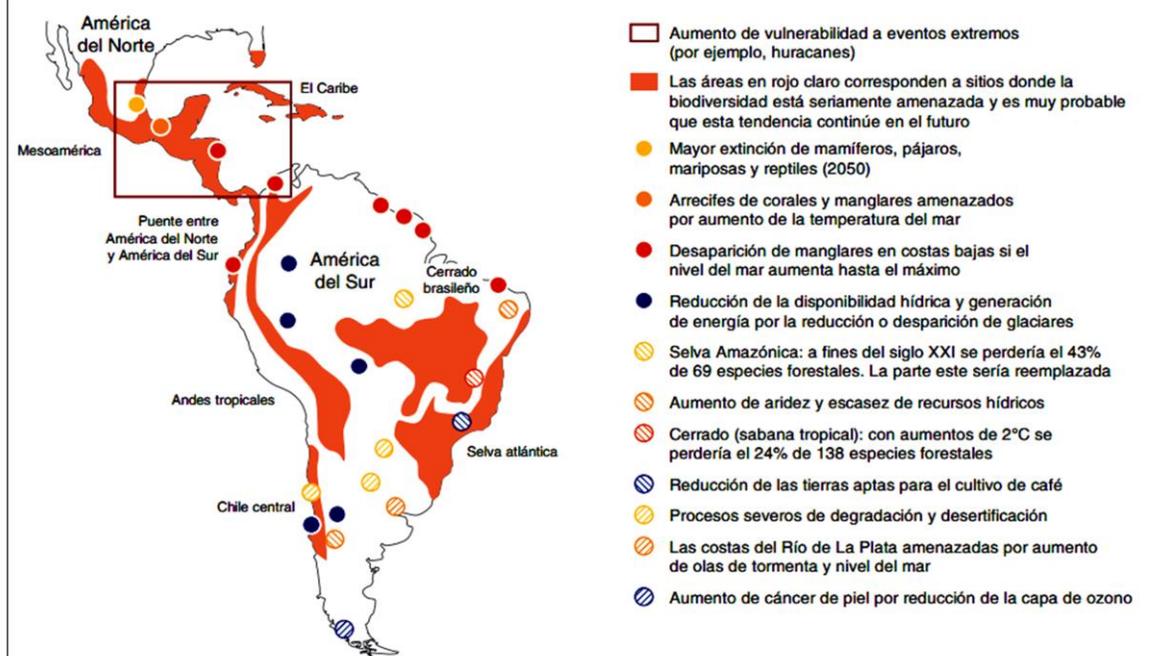
Estos ejemplos son suficientes para señalar la existencia de efectos generados por los cambios en la temperatura. Bajo el entendimiento logrado con la descripción general de las causas y consecuencias del cambio climático anteriormente en el presente trabajo, de que estos efectos generan a su vez consecuencias en los diferentes elementos ecosistémicos, es entonces previsible que existan también afectaciones al medio ambiente en México, las cuales a su vez impactan en el bienestar de la población.

### **3.3 Vulnerabilidad de México ante los efectos del cambio climático y algunos resultados visibles**

Las consecuencias del cambio climático sobre el medio ambiente en México son varias y afectan la vida de la población desde diferentes aspectos, desde los más sencillos y directos, hasta aquellos que son parte de una cadena de repercusiones, la cual termina en severas alteraciones para la vida del ser humano.

México está entre los países más vulnerables al cambio climático en América Latina. La siguiente figura (*Figura 2*) muestra la vulnerabilidad de México y de los demás países en dicha región a las consecuencias del cambio climático.

Figura 2: América Latina y el Caribe: áreas más vulnerables



Fuente: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC)

La vulnerabilidad de México a los efectos del cambio climático se explica tanto por su ubicación geográfica y el clima relacionado a ésta como por la situación de desarrollo que enfrenta (o subdesarrollo). Anteriormente se comentó cómo el cambio climático afecta en diferentes magnitudes a los diferentes países de acuerdo a la capacidad que tienen éstos de adaptarse a las nuevas condiciones medioambientales que surgen de la alteración de los ecosistemas. Pues bien, México es un país en desarrollo que tiene un alto nivel de pobreza. Es un país en el que un alto porcentaje de la población vive en zonas de peligro mayor ante cambios en el régimen de precipitación, como son las costas y las barrancas. Además, las viviendas en las que reside la población, muchas veces no tienen las condiciones necesarias para soportar las diferentes condiciones climáticas. Aunada a esta situación socioeconómica de desarrollo, por su ubicación geográfica, México cuenta con varios elementos que aumentan su vulnerabilidad.

Las mismas consecuencias del cambio climático sobre los diferentes elementos ecosistémicos que se expusieron anteriormente de manera general, son las mismas que afectan o pueden llegar a afectar al territorio mexicano. El grado en el que dichas

consecuencias llegan a afectar el país depende de las características del territorio dada dicha ubicación geográfica, así como de las características de los ecosistemas y la vida en ellos.

### **3.3.1 Aumento en el nivel del mar e impacto en las costas**

El territorio mexicano tiene una extensión de 1,964,375 km<sup>2</sup> de los cuales, alrededor de 430,000 km<sup>2</sup> cubren la zona costera terrestre. Al mismo tiempo, 17 de las 32 entidades federativas que componen la estructura del país, tienen frente litoral, sumando en conjunto 263 municipios costeros (Lara-Lara, y otros, 2008). En 2011 estos 17 estados alojaban a un total de 49,906,173 individuos, y para 2030, según las estimaciones del Consejo Nacional de Población (2010), serán 55,126,909, es decir, el 45.59% de la población total para ese mismo año.

Dentro del área costera mexicana existen diversos ecosistemas que brindan una gran variedad de servicios a la población. Entre éstos se encuentran los humedales, los cuales son porciones de tierra alrededor de las zonas acuáticas que se inundan de manera permanente o intermitente dependiendo del nivel del cuerpo acuático al que se exponen. Los manglares son un tipo de humedal que existe en el terreno costero entre el mar y la tierra. Según cálculos de la CONABIO (2009) hechos para 2008, México cuenta con alrededor de 770,057 ha de manglares, esto es, 0.39% del territorio del país. Los manglares son uno de los ecosistemas más importantes del mundo debido a los servicios ecosistémicos que proveen: son sumideros de carbono, estabilizan la línea costera, y forman barreras naturales contra los huracanes, además de ser albergue de diferentes especies animales.

En general, los humedales son grandes centros pesqueros y leñeros, además de regular la salinidad del agua en zonas en donde el mar se junta con otros cuerpos de agua y ser una barrera contra inundaciones que actúa como regulador de los cambios en el nivel de los cuerpos acuáticos. En los últimos años, el aumento de la sequía y de la intensidad y número de huracanes y tormentas generado por el cambio climático, ha resultado en fluctuaciones en el nivel de agua del cual dependen los humedales, afectándolos severamente, lo cual no sólo afecta a las actividades económicas que se llevan a cabo en la región, sino también a la protección natural contra huracanes e inundaciones que los humedales representan. De este modo, el territorio no sólo se ve afectado por las tormentas y huracanes *per se*, también, al

reducir los escudos naturales con los que cuenta, es más vulnerable a las inundaciones causadas no sólo como consecuencia directa de las mismas tormentas, sino también del aumento en el nivel de los cuerpos acuáticos, debido a que los humedales, como ya se mencionó anteriormente, ayudan a contrarrestar los efectos del aumento y disminución de dicho nivel.

El aumento en el nivel del mar afectaría directamente a la población de los estados costeros. Las repercusiones son varias: falta de hogar, disminución del terreno agrícola, aumento en enfermedades como el cólera y la malaria, disminución de la disposición de agua potable, migración forzada, entre otras. Debido a que alrededor del 45% de la población total de México vive en los estados costeros (Consejo Nacional de Población, 2006), la proporción de población afectada es importante, y es aún más significativo el número de posibles damnificados si se toman en cuenta aquellos estados que recibirían mayor migración por el desplazamiento forzado de la población costera. Estos desplazamientos implican dificultades en torno a la satisfacción de oferta de mano de obra en el mercado laboral, así como de la demanda de vivienda, de alimentos, y de otros servicios básicos.

### **3.3.2 Ecosistemas y biodiversidad**

En 1807 Alexander von Humboldt publicó su *Ansichten Der Pflanze-Geografie*, o *Ensayo sobre la geografía de las plantas*, en el cual hacía una relación entre los tipos de vegetación de una región y la altitud y latitud de ésta, las cuales dan pie a diferentes condiciones de temperatura y precipitación. En lo que hoy parece una época tan lejana en nuestra historia, la relación clima-biodiversidad ya estaba dentro de la consciencia de los naturalistas y científicos; negar esta relación sería entonces retroceder por lo menos 200 años en la evolución del conocimiento científico. Basado en lo anterior, dado el cambio climático que se hace presente de manera cada vez más evidente, se podría pensar en una posible alteración de la biodiversidad en los diferentes países, incluyendo México. Pero, ¿qué hace a México un caso destacable? La respuesta empieza con la descripción de su biodiversidad.

Alrededor del 70 por ciento de la biodiversidad del mundo se encuentra entre 12 y 17 países a los cuales se les denomina *megadiversos*. México es uno de estos países. De esta lista de países, México ocupa el quinto lugar en cuanto a número de especies de plantas vasculares,

el tercero en mamíferos, el octavo en aves, el segundo en reptiles y el quinto en anfibios (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009), además, es cuna de miles de especies endémicas de alto valor tanto ecosistémico como cultural y social.

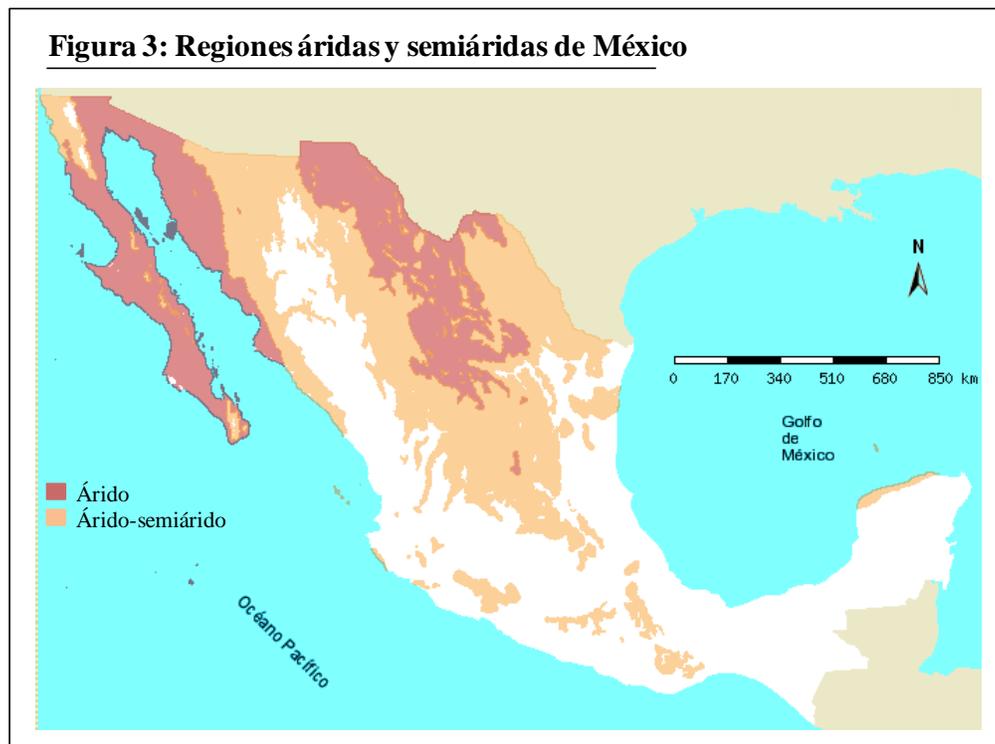
A pesar de este privilegiado lugar en la lista de países megadiversos, en México no parece haber una cultura de cuidado de dicha biodiversidad, ya que, según Ella Vázquez del Instituto de Ecología de la UNAM, debido a la devastación ambiental, se han perdido ya casi 125 especies endémicas de mamíferos, 130 de aves, casi 400 de reptiles, cerca de 170 de anfibios, y de 10 mil a 15 mil de plantas (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2012). La pérdida de especies endémicas representa la pérdida de la especie para siempre, ya que, al ser endémica, no puede ser encontrada en ningún otro ecosistema. ¿Por qué esta biodiversidad aumenta la vulnerabilidad de México? Porque en las manos del país está que las demás especies endémicas no desaparezcan, ya que esto generaría alteraciones en los diferentes aspectos ecosistémicos y sería imposible restablecer éstos a su condición original, lo cual haría permanentes las consecuencias que toda esta cadena de efectos tiene sobre la población.

Por otra parte, en cuanto a la flora del país, México se encuentra dentro de los cinco países con mayor nivel de deforestación en el mundo, y es el segundo lugar en América Latina después de Brasil, perdiendo alrededor de medio millón de hectáreas anuales de selvas y bosques. El 90% de los bosques en Veracruz han sido deforestados debido a las políticas de impulso agropecuario sin bases sustentables. En 1940 49% del territorio de Tabasco era selva tropical, actualmente ésta sólo representa el 2% (Green Peace, 2011). La pérdida de bosques y selvas además de implicar pérdida de biodiversidad vegetal, implica la pérdida de los servicios ambientales que éstos brindan a la población en México, entre estos, el abastecimiento de agua dulce por la filtración a los mantos freáticos y la absorción de CO<sub>2</sub>, gas que juega el rol principal en la generación del calentamiento global y por lo tanto del fenómeno del cambio climático, resultando en un aumento de la vulnerabilidad de México ante el cambio climático, reduciendo las posibilidades del país de aminorar la magnitud de este fenómeno.

Lo anteriormente descrito es el panorama actual de México en cuanto a ecosistemas y biodiversidad. Es un panorama que parece desalentador, en el cual el cuidado de las especies y del medioambiente por parte de la sociedad mexicana parecería no estar en la consciencia de la población. Es un panorama que deja a los mexicanos desprotegidos ante cualquier fenómeno climatológico que pueda suceder, ya que cada especie juega un papel importante e irremplazable en el ecosistema.

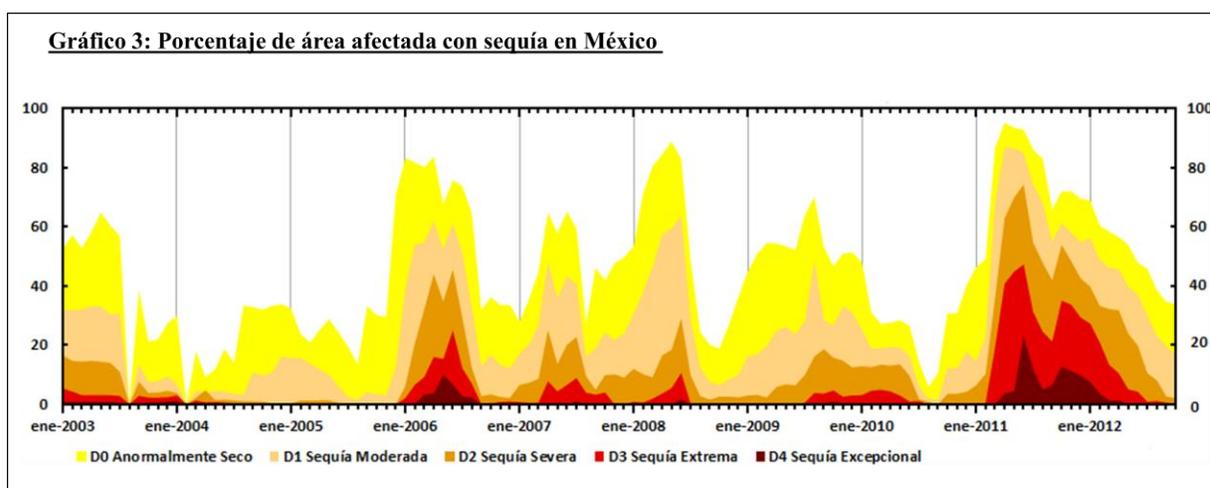
### 3.3.3 Recursos acuáticos, sequía y desertificación

En la *Figura 3* se puede observar como gran parte del territorio de México pertenece a la única zona de América Latina en la que existe un riesgo grande derivado del aumento de fenómenos climatológicos como huracanes y tormentas debido al cambio climático. Por otra parte, una vasta parte del territorio es de clima árido o semiárido, casi 40% (Instituto Nacional de Geografía y Estadística, 2011) por lo tanto, las alteraciones que el cambio climático puede causar en el régimen pluvial aumentan el riesgo de sequía y desertificación, sobre todo en el norte del país.



Fuente: INEGI. Sitio en internet: Cuéntame..., mapoteca digital, 2011

En el presente existe ya una evolución visible sobre la proporción del territorio nacional que se ha visto afectada por la sequía, siendo esta proporción cada vez mayor. En el siguiente gráfico (*Gráfico 3*) se muestra dicha evolución. Se observa como la proporción de territorio que presenta sequía extrema es cada vez mayor, situación que es preocupante debido a que afecta directamente a la producción agrícola y ganadera. Sólo en 2011 se registró una pérdida de 3.2 millones de toneladas de maíz, 600 mil de frijol y 60 mil cabezas de ganado a causa de la sequía (Romero Polanco, 2012).



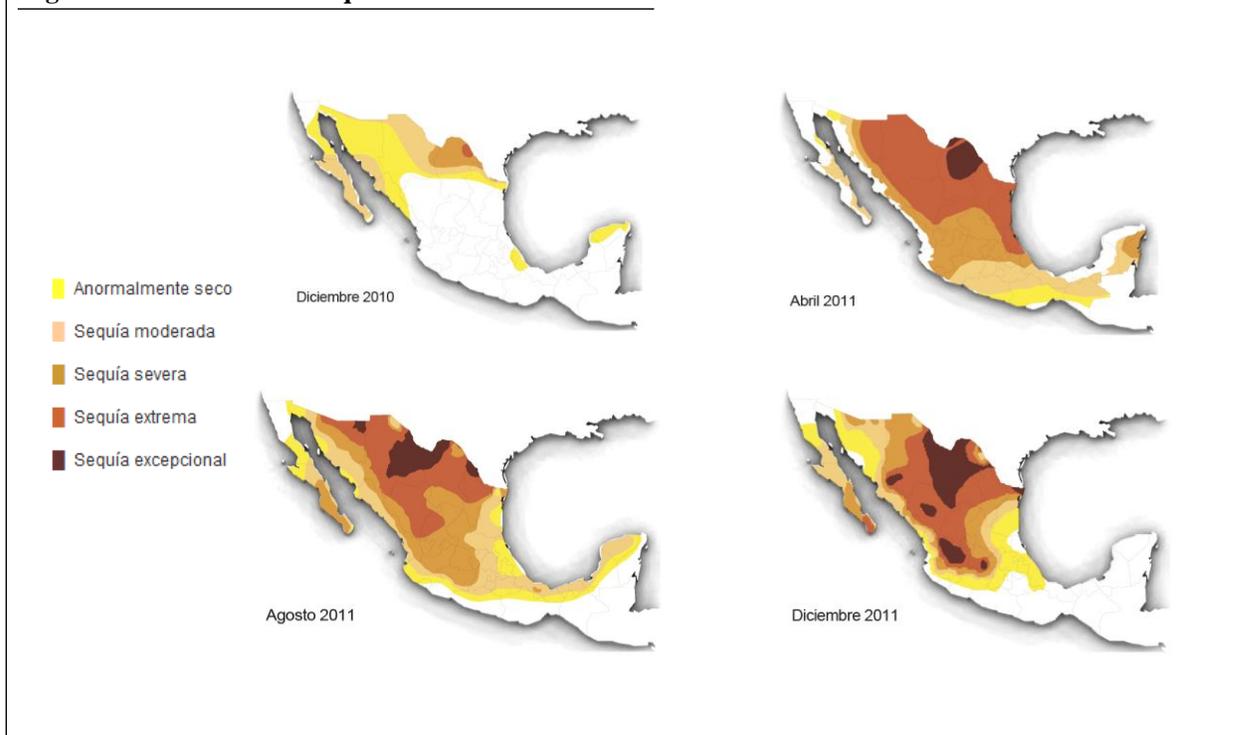
Fuente: SEMARNAT- CONAGUA, <http://smn.cna.gob.mx>

Mientras que en el norte del país se ha registrado un aumento en la sequía, en el sur del país, en los últimos años, se ha registrado un mayor número de casos de inundaciones severas. Los Estados más afectados por las fuertes lluvias son siempre Tabasco, Oaxaca, Chiapas y Veracruz. En septiembre de 2010 las lluvias torrenciales causaron inundaciones severas en los estados mencionados, siendo Tabasco el más afectado, ya que el nivel pluvial recibido ese año en esa región fue tres y media veces más alto que el promedio recibido cada año en esa época en esa misma región, según el entonces Presidente Felipe Calderón.

La sequía entre 2010 y 2012 tuvo una gran evolución, reportándose la más severa en setenta años en enero de 2012. Según Juan Elvira (Enciso, 2012), el entonces titular de la SEMARNAT, más del 50% de los municipios del país fueron declarados en sequía. Además señaló que con esto la seguridad alimentaria del país se encontraba bajo gran riesgo. Sobre este mismo caso, el periódico *New York Times* señaló que una de las

comunidades más afectadas era la Tarahumara, cuya población está entre las más pobres del país. Ante esta situación el gobierno autorizó una ayuda de \$2.6 miles de millones de pesos. La *Figura 4* muestra la evolución de la sequía para el periodo de 2010 a finales de 2011. Se observa claramente el aumento del territorio que sufre de sequía, y sobre todo, la aparición de niveles de sequía más profundos para diciembre de 2011.

**Figura 4: Evolución de la sequía en México 2010-2011**



Fuente: CONAGUA-INEGI

### 3.3.4 Agricultura y seguridad alimentaria

Una vez expuestos los efectos del cambio climático anteriores, parece obvia la existencia de dificultades en la producción agrícola debido al deterioro de la tierra, la escasez de agua, la sequía, los cambios en la temperatura y la pérdida de especies vegetales, por mencionar algunos reactivos. Se exhibió ya el caso de pérdida de cosecha y de animales de ganado debido a la sequía. Sin embargo existen otros factores que hacen a México vulnerable ante la situación de escasez alimentaria.

En México la agricultura se divide en agricultura de riego y de temporal. La del primer tipo es aquella que utiliza sistemas de distribución de agua, como canales y tuberías para regar

los cultivos, logrando que se pueda cosechar por lo menos dos veces al año, dependiendo del cultivo, mientras que aquella de temporal utiliza el nivel pluvial natural de una región para abastecer el cultivo. Con éste último sistema, la cosecha puede darse hasta dos veces al año. Según un estudio hecho en abril de 2011 por Grupo Consultor de Mercados Agrícolas para la SAGARPA (2011), la superficie nacional dedicada a la agricultura es de 29.3 millones de ha, de las cuales, 24.6 millones son de temporal y 5.3 de riego. Ya que como se mencionó varias veces en este trabajo, la alteración de régimen pluvial es un aspecto primordial del cambio climático, la vulnerabilidad de la producción agrícola mexicana parece obvia, debido a que la mayor parte de ésta depende de la lluvia al ser agricultura de temporal. Por otra parte, las zonas que gozan de sistemas de riego son aquellas ubicadas en el norte del país, región que se considera altamente vulnerable a la sequía y la desertificación y en donde la escasez de agua ya es una realidad. Con este panorama, la disminución en el abastecimiento de agua en la región del norte pone en peligro a la agricultura, aun suponiendo que la región contara con los más modernos sistemas de riego.

Se expuso en el punto anterior, como consecuencia de la sequía, la pérdida de cosecha y de ganado en México. Aunado a esta situación, la producción de granos básicos en México es pobre y no satisface la demanda de la población. En la *Tabla 2* se muestra esta situación de “falta de mercado”<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> Según SAGARPA los granos básicos son frijol, maíz, trigo y arroz. En este caso se sustituye el arroz por el sorgo.

**Tabla 2: Balance nacional consumo-producción de granos básicos en México**

Miles de toneladas

<b>Maíz*</b>	Producción	22,234
	Consumo	29,966
	Balance	-7,732
<b>Trigo**</b>	Producción	4,242
	Consumo	6,640
	Balance	-2,398
<b>Sorgo</b>	Producción	7,456
	Consumo	9,771
	Balance	-2,315
<b>Arroz</b>	Producción	172
	Consumo	1,101
	Balance	-929
<b>Frijol</b>	Producción	1,045
	Consumo	1,161
	Balance	-116
<b>Total</b>	Producción	35,150
	Consumo	48,639
	Balance	-13,490

\*Maíz blanco y amarillo

\*\*Trigo panificable (duro y suave) y cristalino

Fuente: Grupo consultor en Mercados Agrícolas, 2011 y SAGARPA, 2011. Datos para 2011

Obsérvese como en el caso de los granos básicos existe siempre un déficit en la producción, es decir, lo que México produce no es suficiente para abastecer la demanda de su población. El caso más peligroso de los presentados en la *Tabla 2* es el del maíz, ya que además de ser el grano básico que mayor déficit presentó en 2011, es el alimento básico de la población mexicana, digamos que de los granos básicos, el maíz es el que mayor importancia toma en la dieta nacional. De manera que su escasez representa un grave riesgo para la alimentación de la población. Este déficit en el mercado de granos básicos de México se suma a los problemas de escasez de agua y régimen pluvial causados por el cambio climático en lo que es la vulnerabilidad de México desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. Es decir, si en el presente, la producción nacional de granos no es suficiente para satisfacer las necesidades de la población, en un futuro en donde el cambio climático cree un ambiente difícil para la agricultura, la seguridad alimentaria del país entrará en riesgo inminente. Al mismo tiempo, se suma a la situación mexicana la situación mundial, la cual se prevé difícil en cuanto a la misma producción alimentaria, haciendo cada vez más difícil la satisfacción del mercado mexicano de alimentos a través de las importaciones. Ante esta situación, no sobra decir que el aumento de precios de los

alimentos dada su creciente escasez, hará aún más difícil para México lograr alimentar a su población.

Por otra parte, es importante señalar que la población más pobre se dedica a la agricultura. Si esta actividad es mermada por el cambio climático, esta población resulta altamente vulnerable, ya que al disminuir la producción, disminuye su ingreso, lo cual trae consigo una serie de dificultades tales como el desplazamiento de esta población a zonas urbanas, el aumento del desempleo, problemas de salud y claramente, malnutrición. Esta situación representa un granito de arena más en el desierto de la vulnerabilidad de México al cambio climático.

### **3.4 Salud**

Ha quedado entendido ya que la vulnerabilidad de un país ante el cambio climático surge de dos elementos, aquellos socio-económicos, y aquellos ambientales, estos últimos dados por la ubicación geográfica de la región. La vulnerabilidad respecto a los elementos ambientales en México ha sido ya expuesta; es momento entonces de atender la cuestión socio-económica del problema, lo cual, para fines de este trabajo, se logra a través del estudio de la situación de salud en el país y de su vulnerabilidad. De manera que, la vulnerabilidad de México a los efectos sobre la salud de la población que el cambio climático puede tener, comienza desde el panorama actual de salud que goza la población.

Según el IPCC (2007), la población más vulnerable es aquella que se encuentra en estado de pobreza y desnutrición crónica, que además se encuentra en constante exposición a enfermedades infecciosas. En México, según cifras del CONEVAL (2011), la población en situación de pobreza pasó de 48.8 millones de personas en 2008 a 52 millones en 2010, representando el 46.3% del total de la población. Por su parte, la pobreza extrema<sup>12</sup> en 2010 representó 10.4% de la población, mientras que la población vulnerable por cuestiones de ingreso aumentó de 4.9 millones en 2008 a 6.5 millones en 2010. Además en ese último año, 28 millones de personas sufren carencia por acceso a la alimentación, aumentando un

---

<sup>12</sup> Se denomina pobreza extrema a la situación de tres o más carencias sociales.

total de 4.2 millones de personas entre 2008 y 2010. Por su parte, el aumento del porcentaje de la población rural que se encuentra por debajo de la línea de bienestar pasó de 63.1% a 66% en el mismo periodo.

En lo que a desnutrición respecta, en México, según datos del UNICEF México (2010), el 7.25% de los niños entre 5 y 14 años de edad que residen en zonas urbanas sufren de desnutrición crónica, mientras que en la zonas rurales este porcentaje se duplica. Para este último grupo de infantes, la probabilidad de morir de desnutrición, anemia o diarrea es tres veces mayor que aquella en la población no indígena.

Ahora bien, para terminar el perfil de vulnerabilidad propuesto por el IPCC, la exposición de la población a enfermedades contagiosas es difícil de calcular, sin embargo, puede lograrse una aproximación a través de la descripción de las enfermedades en el país y los elementos que ayudan al contagio de éstas.

En primer lugar, México cuenta con clima tropical en gran parte de su territorio, lo cual aumenta la probabilidad de esparcimiento de enfermedades contagiosas por vectores, como es el caso de la malaria. En 2009 México concentró el 0.49% de los casos de malaria registrados en el continente americano “Se estima que 16.66% de su población (la población de México) se encuentra con algún riesgo de adquirir la malaria” (Betanzos Reyes, 2011). Es importante señalar que la población que se encuentra en mayor riesgo de contraer malaria es aquella que forma parte de las comunidades endémicas del país, de las cuales, el 4.18% se encuentra en el nivel más alto de riesgo de transmisión, concentrando el 44.45% de los casos de malaria registrados entre 1999 y 2008 (Betanzos Reyes, 2011). En total, las comunidades endémicas acumulan el 63.4% de los casos registrados de malaria entre 1999 y 2008. El foco principal de contagio se encuentra en la frontera entre Chiapas y Guatemala donde se concentró alrededor de 58.3% de los casos de malaria entre 2006 y 2008. Por otra parte, en algunas regiones, como es el caso de la Ciudad de México, la calidad pobre, la cual se debe a que existen ciertos patrones climáticos que ayudan a que sucedan reacciones químicas que transforman las emisiones y dan lugar al aumento del nivel de ozono troposférico, así como la topografía del valle de México, la cual dificulta la dispersión de los contaminantes, dan pie a la contracción de enfermedades cardiovasculares

y respiratorias, así como a reacciones alérgicas entre la población. En el *Programa para mejorar la calidad del aire* realizado por la SEMARNAT y el INE (2010), se calcula que en la zona metropolitana del Valle de México, por cada aumento de 0.01ppm de ozono en la atmósfera, el porcentaje de aumento en las visitas a hospitales por casos de problemas respiratorios es de 3.76% y por problemas cardiovasculares es de 0.98%, además de aumentar 2.45% los ataques de asma. Otra situación que aumenta la vulnerabilidad de la salud de la población mexicana ante el cambio climático es la condición presente de los recursos de agua potable. En conjunto con las dificultades que la población, sobre todo en el norte del país, tiene en cuanto al abastecimiento de agua potable, los recursos hídricos mexicanos se encuentran altamente dañados por la misma sociedad. Las actividades industriales, agrícolas no sustentables y en sí la misma forma de vida de la sociedad mexicana han deteriorado los cuerpos acuáticos tanto aquellos superficiales como aquellos bajo tierra (mantos freáticos). La sobreexplotación de ríos y lagos, así como la eliminación de desechos industriales y caseros en éstos ha aumentado la dificultad en el abastecimiento de agua potable a las diferentes regiones del país. Por último, 6.5% de la población presenta carencia en el servicio básico de las viviendas<sup>13</sup> (CONEVAL, 2011), lo cual, según la OMS (2009) es un detonante para el contagio de enfermedades.

Una vez entendido el panorama de contagio de las diversas enfermedades en el país, la última pieza para entender el grado de vulnerabilidad de la población mexicana ante los efectos del cambio climático sobre la salud es la observación de la recepción de servicios de salud por parte de dicha población: según los datos más actuales del CONEVAL (2011), 31.8% de la población no cuenta con acceso a ninguna institución o programa de salud

---

<sup>13</sup> Según los estándares tomados por el CONEVAL, las personas se encuentran en carencia del servicio básico de vivienda si residen en viviendas que cuentan con al menos una de las siguientes características:

1. El agua se obtiene de un pozo, río, lago, arroyo, pipa; o bien, el agua entubada la obtienen por acarreo de otra vivienda, o de la llave pública o hidrante.
2. No cuentan con servicio de drenaje, o el desagüe tiene conexión a una tubería que va a dar a un río, lago, mar, barranca o grieta.
3. No disponen de energía eléctrica.
4. El combustible que se usa para cocinar o calentar los alimentos es leña o carbón sin chimenea.

público o privado, conjuntamente, 60.7% de la población no tiene acceso a la seguridad social.

### **Conclusión**

De manera que es fácil observar que México es un país altamente vulnerable al cambio climático debido, no sólo a sus características geográficas, sino también a aquellas socioeconómicas, y en el presente es posible observar algunos cambios en el clima resultantes del calentamiento global. Con esto es posible concluir que los problemas de salud que se han relacionado a los efectos del cambio climático, en el caso de México, podrían derivar en dificultades sociales, debido a que la población en este país es altamente vulnerable según los parámetros tomados en cuenta. Estas dificultades sociales reflejadas en una serie de necesidades tendrían que ser, según las obligaciones del gobierno mexicano, cubiertas por el Estado, ya que dentro de sus responsabilidades básicas está la de mantener la seguridad social y la salud de su población. Teniendo esto en mente, dado el aumento de las enfermedades derivadas del cambio climático, el Estado tendría que actuar a través de su presupuesto, para asegurar que las instituciones de salud pública cuentan con la capacidad de atención de dichas enfermedades crecientes, procurando el bienestar de la población. Esta actuación del Estado se tendría que ver reflejada en las cuentas de éste, ya que se tendría que hacer un mayor gasto en el sector salud.

En el siguiente capítulo se muestra una evaluación del gasto público otorgado a la salud de la población, y se hace una primera estimación sobre los futuros costos que el cambio climático traería consigo de seguir aumentando éste a la escala actual, con base en diferentes investigaciones y trabajos de otros autores.

## **Capítulo IV: Gasto público en salud en México y los costos presentes y futuros del cambio climático**

“El presupuesto de un gobierno, lejos de ser un proceso aislado, está ligado al orden social y económico de un país, y forma parte de su desarrollo político-administrativo. A su vez, el presupuesto plasma los postulados, metas y prioridades de un sistema administrativo, en un periodo determinado, y los expresa en cifras y montos, tanto de los objetivos buscados como de los recursos financieros necesarios para lograrlos. Al ser una estimación de los resultados previstos por planes y políticas, el presupuesto se convierte en el instrumento de política económica que mejor revela a la agenda sociopolítica del gobierno.” (Guerrero, et al, 2008).

Lo anterior señala claramente cómo el gasto de un gobierno responde a la situación socioeconómica de la población y a sus necesidades. La vulnerabilidad de México ante el cambio climático en los aspectos mencionados en el capítulo anterior (Capítulo III) representan nuevas necesidades para la población que se traducen en costos no sólo para los individuos afectados, sino para el Estado, debido a que dentro de las responsabilidades de éste se encuentra la de mantener la seguridad social y la salud de la población. Los costos creados en general por la actividad de la población en México son subsanados a través del gasto público y a través de la inversión privada; sin embargo, los costos generados por el cambio climático son más propensos a ser cubiertos por el Estado que por la inversión privada, debido a que son costos sociales, es decir, costos que afectan socialmente a la población, como lo es la pérdida de vivienda, el aumento de las enfermedades, la disminución de la biodiversidad y los riesgos sobre la seguridad alimentaria. Además, como se vio anteriormente, gran parte de la población en el país se encuentra en situación de pobreza, por lo cual, ante el cambio climático, a esta población solamente le resta esperar a recibir ayuda por parte de las instituciones públicas, ya que es difícil para ella desembolsar dinero para el sector privado, y subsanar sus necesidades de esta manera.

A lo largo del presente trabajo se ha logrado explicar la relación entre el cambio climático y la salud de la población, siendo ésta de gran importancia, ya que es uno de los derechos

básicos de todo individuo, así como un elemento fundamental para la supervivencia de la especie humana y desde el punto de vista económico, la raíz de un buen desempeño en cualquier actividad productiva. Es por esto que el Estado se ve en la necesidad de mantener a su población sana, ofreciendo a la sociedad con las instituciones necesarias para asegurar dicho derecho básico. En el presente capítulo se hace una evaluación sobre el comportamiento del gasto público en salud en México y se presentan algunas estimaciones hechas por varios autores sobre los posibles costos que representarían los efectos del cambio climático sobre la salud de la población para el gobierno mexicano. Al mismo tiempo, se hace la mención general sobre otros costos derivados del mismo cambio climático en cuestiones que igualmente afectan a la salud de la población y que el Estado tendría que absorber en un futuro. Esto último con el objetivo de entender la magnitud del problema que representa el cambio climático para un país tan vulnerable a sus efectos como lo es México.

Comencemos entonces con una explicación general del funcionamiento del presupuesto público en México, para después centrar la mira al gasto en salud y la exposición de las diferentes estimaciones de los posibles costos en los que el gobierno incurriría en salud y otros temas relacionados todos con el cambio climático.

#### **4.1 Comprendiendo el gasto público en México**

El Presupuesto Público en México se maneja “por programas” es decir, los fondos se destinan según las metas y objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, las cuales se alcanzan a través de programas y cuyo cumplimiento debe darse en el lapso de un sexenio. Este presupuesto se genera anualmente y tiene varias firmas de clasificación. Dicha clasificación se realiza desde diferentes enfoques, de manera que existen tres tipos de clasificación: (i) administrativa, que es la clasificación que responde a la pregunta de ¿Quién gasta? En cuanto a Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, (ii) económica la cual responde a la pregunta ¿En qué se gasta?, es decir, cuales son los montos de gasto corriente y gasto de capital, (iii) funcional, responde la pregunta ¿Para qué se gasta?, es decir, cómo se gasta el presupuesto público con base en programas, actividades, objetivos, proyectos y metas.

A continuación se expone la estructura de la administración pública mexicana para tener conocimiento de las responsabilidades del Estado en materia de servicios a la población, y sobre todo para localizar las responsabilidades de éste en cuanto a la salud de la sociedad.

#### **4.2 Estructura de la administración pública mexicana**

La Administración Pública Federal está clasificada en dos grandes grupos. En el primer grupo se encuentran las dependencias de la administración centralizada, integradas por diecisiete secretarías de Estado y la Consejería Jurídica del Ejecutivo Federal. El segundo grupo consta de las entidades de la administración paraestatal que reúne a un total de doscientas trece organismos desconcentrados, empresas de participación estatal, instituciones de crédito, institucionales nacionales de seguros y fianzas y fideicomisos públicos. De manera que el Presupuesto Público se divide por ramos como se muestra en la *Tabla 3*.

**Tabla 3: Distribución del gasto de acuerdo con la clasificación administrativa**

Ramo	Destino del Presupuesto Público	Ramo	Destino del Presupuesto Público
Ramos de la Administración Pública centralizada		Poderes y Órganos Autónomos	
2	Presidencia	1	Pder Legislativo
4	Gobernación	3	Poder Judicial
5	Relaciones Exteriores	22	IFE
6	SHCP	31	Tribunales Agrarios
7	Defensa Nacional	32	Tribunal Fiscal
8	SAGAR	35	CNDH
9	SCT	Ramos Generales	
10	SECOFI	19	Aportaciones a Seguridad Social
11	Educación Pública	23	Provisiones Salariales y Económicas
12	Salud	24	Deuda Pública
13	Marina	25	Aportaciones para los sistemas de educación Básica y Normal
14	Trabajo	28	Participaciones a Entidades Federativas y Municipios
15	Reforma Agraria	30	ADEFAS
16	SEMARNAP	33	Aportaciones para Entidades Federativas y Municipios
17	PGR	34	Programas de Apoyo a Ahorradores y Deudores de la Banca
18	Energía	Entidades Paraestatales de Control Presupuestario Directo	
20	Desarrollo Social	-	ISSSTE
21	Turismo	-	IMSS
27	SECODAM	-	Lotería Nacional
		-	CAPUFE
		-	CFE
		-	PEMEX

Fuente: Catálogo de ramos, dependencias y entidades de la administración pública federal. Secretaría de egresos

A su vez, el gasto público se divide en gasto programable y gasto no programable. El primero se refiere a las erogaciones programadas con el objetivo de que las instituciones, dependencias y Entidades del Gobierno Federal que están sujetas a control presupuestario directo y dirigido a programas definidos, cumplan sus objetivos. El segundo, se refiere a erogaciones que no es posible relacionar con algún programa específico.

Este Presupuesto Público es de suma importancia para el aspecto económico de un país dado que influye directamente sobre los indicadores macroeconómicos, los cuales miden el desarrollo de éste. De manera que, si dicho gasto se ve alterado por cualquier tipo de externalidad, causando cambios en la planeación original de éste, dicha alteración generará un impacto sobre la economía y el desarrollo esperado de dicho país. Si como se mencionó

anteriormente, el gobierno debe hacerse cargo de asegurar la salud de su población, entonces, cualquier elemento que se presente en un país, en un determinado momento, y que genere daños a la salud de la población debería traducirse en un aumento del gasto público en comparación con periodos anteriores, generando una serie de movimientos en los indicadores macroeconómicos que podrían reflejar un atraso en el desarrollo de la economía de dicho país. Por lo tanto, si el cambio climático afecta a la salud de la población, el presupuesto destinado a cada ramo debería ajustarse a las necesidades generadas por dicho fenómeno climático.

En la *Tabla 4* se muestra una tabla con la serie de tiempo anual del presupuesto público tanto por el lado de los ingresos como de los egresos y el balance entre éstos para el periodo 1980-2008. Lo relevante de esta tabla es la tercera columna “Déficit/superávit” debido a que en todos los años tomados en cuenta se ha registrado un déficit del presupuesto, es decir, el gobierno gasta más de los ingresos con los que cuenta. ¿Por qué es esto importante para el presente trabajo? Pues porque dado un aumento en los impactos del cambio climático en la salud de la población, tendría que aumentar el gasto público en salud, contando con ingresos similares a los de los últimos años, suponiendo que la estructura tributaria y de otras fuentes de ingresos del gobierno no se alteraran. Esta situación incurriría en un déficit mayor al que se ha presentado en los últimos años, incurriendo, de manera obvia, en endeudamiento.

**Tabla 4: Ingresos y egresos ejercidos del gobierno federal**

Miles de millones de pesos

Año	Ingresos presupuestales	Egresos	Déficit/Superávit
1980	684.00	910.00	-226.00
1981	932.00	1,556.00	-624.00
1982	1,515.40	3,377.00	-1,861.60
1983	3,397.00	5,601.00	-2,204.00
1984	5,089.00	8,258.00	-3,169.00
1985	8,218.30	13,660.00	-5,441.70
1986	13,111.30	37,023.00	-23,911.70
1987	34,885.00	79,219.00	-44,334.00
1988	71,481.20	172,132.00	-100,650.80
1989	96,273.00	129,896.00	-33,623.00
1990	122,666.20	156,816.00	-34,149.80
1991	177,286.80	160,908.00	16,378.80
1992	214,947.20	235,475.90	-20,528.70
1993	193,746.20	202,770.00	-9,023.80
1994	220,102.30	232,138.50	-12,036.20
1995	280,144.40	298,795.80	-18,651.40
1996	392,566.00	401,595.80	-9,029.80
1997	508,743.80	542,498.50	-33,754.70
1998	545,175.70	605,369.20	-60,193.50
1999	674,348.10	762,163.90	-87,815.80
2000	868,267.60	950,429.70	-82,162.10
2001	939,114.50	1,000,391.00	-61,276.50
2002	989,353.40	1,135,785.70	-146,432.30
2003	1,132,985.10	1,227,233.40	-94,248.30
2004	1,270,211.10	1,370,196.70	-99,985.60
2005	1,412,505.00	1,514,918.60	-102,413.60
2006	1,558,808.00	1,738,738.30	-179,930.30
2007	1,711,220.60	1,925,530.80	-214,310.20
2008	2,049,936.30	2,241,831.20	-191,894.90

\* A partir de 1993 las cifras son nuevos millones de pesos

Fuente: INEGI. Estadísticas históricas de México 2009

Diferentes teorías económicas tienen opiniones distintas en cuanto a lo favorable o desfavorable del déficit y la deuda de un país. Sin embargo, para los fines de este trabajo, el objetivo no es el de optar por alguno de estos puntos de vista e intentar defenderlo. El objetivo es demostrar que existirían alteraciones en el presupuesto público y en el manejo de éste, de incrementar las afectaciones del cambio climático sobre la salud de la población; situación que parece lógica, y que se intenta comprobar en el siguiente capítulo (Capítulo 5) a través de la estimación de un modelo económico pertinente.

Teniendo lo anterior en mente, centremos la mira al ramo 12 en conjunto con las instituciones de salud Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) e Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE).

### **4.3 El sector salud en México: atención a la población y presupuesto**

“México invierte 6.5% de su producto interno bruto (PIB) en salud. Aunque se ha incrementado en los últimos años, este porcentaje es todavía insuficiente para atender las demandas relacionadas con la transición epidemiológica y está por debajo del porcentaje del PIB que otros países de ingresos medios de América Latina le dedican a la salud. Este gasto es predominantemente privado y, en su gran mayoría, gasto de bolsillo<sup>14</sup>. Para poder atender los nuevos retos que enfrenta el país en materia de salud, será necesario seguir ampliando el gasto en salud, en particular el gasto público, y fortalecer la protección social en esta materia.” (Secretaría de Salud, 2007)

En el presente el gasto público destinado a salud, no satisface completamente las necesidades de la población, además, mucha gente que vive en zonas rurales aisladas no tiene acceso a los servicios de salud. Estas dos situaciones pintan un panorama pobre en cuestión de salud, el cual sin duda alguna empeoraría en gran escala si los impactos del cambio climático se volvieran más fuertes. Ahora bien, parece importante profundizar en el manejo presente del sector salud en el país. La pregunta que surge entonces es: ¿cómo atiende el gobierno las demandas de servicios de salud de la población?

Las instituciones y programas del Estado que ofrecen servicios de salud para la población se clasifican de la siguiente manera: el primer nivel de clasificación es si éstas brindan servicios de salud y seguridad social o de salud pública. El siguiente cuadro (*Cuadro 1*) muestra las instituciones de salud que entran en el primer grupo y aquellas que entran en la clasificación del segundo.

---

<sup>14</sup> Se refiere al dinero desembolsado por un individuo para el pago directo de servicios de salud

**Cuadro 1: Clasificación de instituciones de salud pública**

Salud y seguridad social	Salud Pública
<ul style="list-style-type: none"><li>• Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)</li><li>• Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado (ISSSTE)</li><li>• Instituciones de Salud y/o Seguridad Social de los Gobiernos Estatales</li><li>• Instituciones de salud de Petróleos Mexicanos (PEMEX)</li><li>• Instituciones de Salud de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA)</li><li>• Instituciones de Salud de la Secretaría de Marina (SEMAR)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Secretaría de Salud (SSA)</li><li>• IMSS-oportunidades</li><li>• Unidades médicas del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (SNDIF)</li></ul>

Fuente: INEGI 2007

Según los últimos datos de la Secretaría de Salud (2007), en total, el sector público de salud cuenta con 57,338 consultorios entre las siguientes instituciones: Instituto Mexicano del Seguro Social-oportunidades (IMSS-oportunidades), la Secretaría de Salud (SSA), Universidades, Instituto Mexicano del Seguro (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y Secretaría de Marina (SEMAR). Sin embargo, no todos los consultorios están abiertos al público en general. Las instituciones que brindan servicios de salud y seguridad social reciben solamente al público afiliado a éstas a través de las empresas u organizaciones en las cuales laboral, y en algunos casos por participación voluntaria a través de programas como es el Seguro popular, así como a las familias de éstos (derechohabientes). En 2010 el total de derechohabientes para cada institución de salud y seguridad social se distribuyó de la siguiente manera:

**Tabla 5: Derechohabientes de las instituciones públicas de salud y seguridad social**

Institución	Derechohabientes
IMSS	52,310,086.00
ISSSTE	11,993,354.00
PEMEX	742,556.00
SEDENA	1,048,136.00
SEMAR	239,568.00
Total	66,333,700.00

Fuente: INEGI 2012

Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO), el total de habitantes del país es de 116,901,761 (CONAPO, 2010); de manera que, las instituciones en cuestión atienden al 56.7% del total de la población. ¿Qué sucede con el otro 43.3%? Existen muchas razones por las cuales existe este 43.7%, la principal, la falta de trabajo formal, y por otra parte, aunque existen programas como es el Seguro popular y el programa de Oportunidades, los cuales brindan a la población la posibilidad de asistir a instituciones de salud pública, éstos no llegan a toda la población por igual, ya que el trámite exige documentos como un comprobante de domicilio y acta de nacimiento que, tristemente, mucha gente en el país no tiene. Además, claro está, de la dificultad para realizar este mismo trámite en el caso de individuos que viven en zonas rurales aisladas o muy alejadas de las ciudades en donde el trámite se puede llevar a cabo. Por otra parte, en una situación igualmente relacionada con la pobreza, el programa Oportunidades da servicios de salud a las familias rurales, con una única condición de permanencia en el programa: que asistan a las revisiones de salud regulares que son exigidas por el programa y que los hijos de dichas familias vayan a la escuela. El problema con este programa radica en que muchas veces las familias rurales utilizan a sus hijos como mano de obra, ya que se da mayor importancia a la producción y al posible ingreso, que al estudio debido a la gran necesidad económica de la cual padecen.

Ahora bien, ¿Cuánto gasta el Estado en brindar servicios de salud a ese 56.7% de la población? En 2011 el gasto público total en salud fue de \$436,946,934.4 miles de pesos,

de los cuales, 42% fue dirigido al IMSS, 11% al ISSSTE, 2.7% a PEMEX y 2% al programa IMSS-oportunidades, lo cual equivale al 57.7% del gasto público total en salud. En comparación con los demás países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la proporción de gasto público en el gasto total ejercido en el sector salud en estos países es de 72.2%, mientras que el de México es de 47.3%. Además, el suministro de atención médica es bajo, según los estándares de la OCDE (OCDE, 2012).

En conclusión, es fácil notar que los servicios de salud públicos no son suficientes en el presente, y parece obvio inferir que el Estado no está preparado para el aumento del cambio climático y sus efectos sobre la salud, ya que existe un gran número de personas que no son derechohabientes a las instituciones públicas de salud, además de que en regiones rurales aisladas, el acercamiento a dichas instituciones es prácticamente imposible, debido no sólo a su situación geográfica, sino también al costo que presentaría para la población en estas zonas el hecho de ir a una ciudad a hacer el trámite, al grado de analfabetismo en el país, que dificulta el mismo proceso de trámite, y a otras situaciones como la falta de actas de nacimiento y de algún documento que sirva como comprobante de domicilio. Esto último afecta no sólo a la población en zonas rurales aislada, pero también a aquellos que no viven en hogares dados de alta legalmente (individuos que se conocen como *paracaidistas*).

Esto es solamente el panorama en cuestiones de salud, sin embargo, como ya se expuso anteriormente, el cambio climático tiene efectos sobre una amplia gama de elementos ecosistémicos que afectan al ser humano. Muchos de los costos generados por estos efectos tendrían que ser cubiertos por el Estado, de manera que no sólo tendría que hacerse un mayor gasto en salud específicamente, sino en las cuestiones que la afectan directamente.

#### **4.4 Futuros costos relacionados a la salud y al cambio climático**

Se ha expuesto ya el grupo de elementos ecosistémicos que tienen efecto sobre la situación de salud de una población. En este punto del trabajo se pretenderá hacer un acercamiento a la observación y entendimiento de la magnitud del cambio climático en tanto al problema que éste representa para el gobierno de un país a través de la afectación a estos elementos ecosistémicos y los costos que por lo tanto se generan. Estos costos, por su naturaleza,

tendrían que ser en gran parte subsanados por el Estado, debido a que son costos que interfieren en el desarrollo de la sociedad y por lo tanto, del país. A continuación se mencionan diferentes estimaciones de algunos futuros costos, realizadas por varios autores.

Comencemos con la agricultura, la cual es la base de la alimentación de la humanidad, ésta es necesaria para mantener la seguridad alimenticia de un país. Se ha visto ya como el cambio climático afecta a esta actividad, y específicamente como la afectaría en México. Una estimación realizada por María Eugenia Ibarrarán y Melisa Rodríguez Segura (2007) de la Universidad Iberoamericana en conjunto con el INE señala que los costos relacionados a la agricultura generados por el cambio climático van de \$16 a \$32 mil millones de pesos, esto tomando en cuenta solamente la pérdida en la producción derivada del rendimiento de los cultivos y el cambio resultante en el valor de la producción. Es decir, es una estimación básica que no toma en cuenta otros efectos como la afectación permanente y futura de la productividad de la tierra, los costos directos e indirectos por las afectaciones a las comunidades campesinas, ni costos de reubicación de estas comunidades, entre otros factores importantes. Por su parte, Luis Miguel Galindo (2010) hace varias estimaciones sobre los posibles costos relacionados al cambio climático. En su reporte *La economía del cambio climático en México* muestra la estimación de los costos relacionados al cambio climático como porcentaje del PIB para los años 2050 y 2100 utilizando tres modelos diferentes bajo diferentes valoraciones de una tasa de descuento y diferentes características relacionadas a la cantidad de emisiones de GEI generadas (diferentes niveles de emisiones). En cuanto a agricultura, en este estudio se calculan los costos dependiendo del tipo de producción o especie que se cultiva. En el peor de los escenarios, las estimaciones de Galindo muestran los siguientes costos para el rendimiento de granos básicos (*Tabla 6*):

**Tabla 6: Costo del cambio climático sobre el rendimiento de la producción de granos básicos en México**

Porcentaje del PIB

Producto	2050		2100	
	desde	hasta	desde	hasta
Maíz	0.56%	1.59%	1.39%	10.97%
Frijol	0.01%	0.01%	0.11%	1.50%
Trigo	0.04%	0.12%	0.08%	0.54%
Sorgo	0.13%	0.13%	0.17%	0.18%

*Fuente: La economía del cambio climático en México*

De la *Tabla 6* se concluye que el cambio climático afecta la producción de granos básicos y que esta afectación puede ser calculada como un costo, el cual en un futuro, según las estimaciones presentadas (Galindo, 2010) es muy alto, sobre todo para el caso del maíz. Es decir que, en el peor de los casos, de seguir el aumento en el nivel de emisiones de GEI como hasta el presente, para el año 2100, la producción de maíz se verá altamente afectada, ya que los efectos del cambio climático se reflejarán en un costo de 10.97% del rendimiento de la producción de dicho grano básico. Esta generación de costos resulta importante ya que al ser el maíz el grano más importante de la dieta mexicana, el posible aumento del precio de éste que resultaría del aumento en los costos de su producción, representan una dificultad seria para la población en general y sobre todo para aquella de escasos recursos.

Igualmente relacionada con la seguridad alimentaria, la producción pecuaria presenta alteraciones derivadas del cambio climático y por lo tanto existe también una estimación sobre los posibles costos generados por estas alteraciones. Galindo (2010) muestra las siguientes estimaciones:

**Tabla 7: Costo del cambio climático sobre la producción Pecuaria en México**

Porcentaje del PIB

Tipo de ganado	2050		2100	
	desde	hasta	desde	hasta
Bovino	0.35%	0.94%	0.64%	3.85%
Caprino	0.03%	0.08%	0.05%	0.31%
Ovino	0.03%	0.07%	0.05%	0.31%
Porcino	0.08%	0.20%	0.14%	0.90%

*Fuente: La economía del cambio climático en México*

En la *Tabla 7* se observa que existe claramente un costo sobre la producción pecuaria en México debido al cambio climático futuro, siendo el caso más serio el del ganado bovino, cuyos costos pueden llegar a representar hasta el 3.85% de la producción ganadera de este tipo. El aumento en los costos en este caso, deriva, como se mencionó anteriormente, en el posible aumento del precio de la carne, haciéndola aún más inalcanzable para la población de escasos recursos.

Se puede observar como en un futuro relativamente próximo (hasta 88 años) el costo del resultado del cambio climático sobre la producción alimentaria del país es importante, sobre todo en el caso de la producción bovina y del maíz.

Otro efecto del aumento de la temperatura es el aumento en el número e intensidad de los incendios forestales, los cuales afectan a la salud de la población ya que privan a ésta de los servicios ecosistémicos que los bosques brindan, además de ser una fuente importante de CO<sub>2</sub> que termina disipándose a la atmósfera. En el mismo estudio mencionado, María Eugenia Ibararán y Melisa Rodríguez Segura (2007) señalan que el costo estimado generado por el aumento en el número de incendios forestales es de \$17 millones de pesos anuales, sin incluir la pérdida de biodiversidad, de servicios ambientales, ni las muertes y lesiones causadas por dichos incendios. Estos últimos factores siendo de gran importancia para la salud y bienestar humano; además, estos factores naturalmente, elevarían este mismo costo anual. Por otra parte, se hizo gran énfasis anteriormente en la vulnerabilidad de México a las tormentas tropicales y huracanes. Las autoras mencionadas, estiman que el

costo derivado del aumento en el número y magnitud de tormentas y huracanes en México se encuentra alrededor de \$56 mil millones de pesos.

En una aproximación, Galindo estima el posible costo por el abastecimiento público del agua, a la agricultura y a la industria tomando en cuenta los efectos del cambio climático. Los resultados son los siguientes:

Para el abastecimiento público, el autor hace una estimación del costo promedio de producción, la recaudación que recibiría el Estado a través del pago por el servicio de abastecimiento y el subsidio que éste otorgaría a dicho servicio. Estas estimaciones se generan con base en datos del 2006. En la siguiente figura (*Figura 14*) se muestran los resultados de estas estimaciones.

**Tabla 8: Costo del cambio climático sobre el abastecimiento público de agua, recaudación y subsidios**

Concepto	2006	2050	2100	Incremento porcentual	
				2006 - 2050	2050 - 2100
Costo de producción promedio (\$/m <sup>3</sup> )	3.69	4.61	4.80	25%	4.12%
Costo total nacional *	42,129	91,136	114,468	116%	25.60%
Recaudación*	1,535	2,517	3,022	64%	20.06%
Subsidio*	40,594	88,619	111,446	118%	25.75%

\* millones de pesos a precios de 2006

Fuente: *La economía del cambio climático en México*

Los primeros datos que saltan a la vista en la *Tabla 8* son el incremento del costo total nacional de abastecimiento público de agua entre 2006 y 2050, el cual es de 116%, al igual que el incremento del subsidio en este mismo periodo, el cual es de 118%. En el periodo entre 2050 y 2100 se observa una estabilización del incremento tanto de los costos como de la recaudación y el subsidio, sin embargo, en cada caso el subsidio es siempre mayor a la recaudación, lo cual indica que en cuanto al abastecimiento público de agua, el Estado tiene una deuda.

En cuanto al abastecimiento de agua para la agricultura, los resultados son los siguientes:

**Tabla 9: Costo del cambio climático sobre el abastecimiento agrícola de agua, recaudación y subsidios**

Concepto	2006	2050	2100	Incremento porcentual	
				2006 - 2050	2050 - 2100
Costo de producción promedio (4/m3)	0.214	0.27	0.28	26%	4%
Costo total nacional *	13,203	29,891	45,205	126%	51%
Recaudación*	151	266	384	75%	44%
Subsidio*	13,052	29,625	44,821	127%	51%

\* millones de pesos a precios de 2006

Fuente: *La economía del cambio climático en México*

En la *Tabla 9* se puede observar un comportamiento parecido al de los costos, recaudación y subsidios del abastecimiento público de agua. El costo nacional total del abastecimiento agrícola muestra un crecimiento muy alto en el primer periodo (2006 a 2050) al igual que lo hacen los subsidios. La posible causa de este comportamiento es que la agricultura utiliza la mayor parte del agua disponible en el país, además de que al ser la mayoría de los cultivos de tipo temporal, el cambio en el régimen pluvial causado por el cambio climático afecta la irrigación de dichos cultivos, por lo que tendría que aumentar la red de distribución de agua a los cultivos para satisfacer las necesidades de riego. Al mismo tiempo, la actividad agrícola está fuertemente concentrada en el norte del país, el cual en su mayoría es territorio árido y semiárido (*ver Figura 5 en capítulo III*), haciéndolo altamente vulnerable a las sequías y por lo tanto, a la pérdida de producción agrícola. De manera que para mantener el balance de la producción, el aumento en el abastecimiento del agua es necesario.

Finalmente, para la distribución de agua para la industria, Galindo (2010) estima que el costo como porcentaje del PIB se encuentra entre 2.20% y 7.59% para 2050, mientras que para 2100 este intervalo es de 4.50% y 18.85.

Claramente, el abastecimiento de agua es uno de los principales obstáculos que supone el cambio climático no solo para la continuidad de la producción alimentaria e industrial, sino para la misma salud de la población, ya que el aumento de las temperaturas y de la frecuencia de ondas de calor conllevan un alto riesgo de deshidratación, mientras que el aumento de tormentas y ciclones trae consigo un riesgo alto de contaminación del agua potable y de transmisión de enfermedades como el paludismo, el dengue y el cólera.

En la actualidad el cambio climático cuesta a México 60 mil millones de dólares al año según un artículo publicado por el periódico *El Universal* el 10 de octubre de 2011 basado en datos dados por la Presidencia de la República, lo cual representa 6% del PIB. En general, según Galindo (2010), bajo el esquema más dramático, contemplando una tasa de descuento de 4%, el costo promedio total del cambio climático para 2100, de seguir funcionando la economía mexicana *business as usual (BAU)* o como lo hace ahora, será de 6.2% del PIB.

### **Conclusión**

Se observa que el cambio climático es capaz de generar una serie de costos en diferentes áreas tales como la producción alimentaria y el abastecimiento de agua tanto público como al campo. Una vez tomados en cuenta dichos costos, resulta fácil entender la preocupación de la comunidad internacional respecto a la emisión de GEI. Estos costos son importantes para el presente trabajo debido a que se generan por cuestiones relacionadas con la salud de la población. Es decir, que además del costo que el cambio climático genera que se puede contabilizar directamente como “costos para la salud” (la aproximación de éstos se presenta en el siguiente capítulo. Capítulo V) existen estos otros costos que suceden por la deficiencia de la producción alimentaria y de la pobre existencia, y por lo tanto del abastecimiento, de agua potable que se suman a los mencionados en primer lugar. De manera que, la contabilización de los costos del cambio climático relacionados con la salud de la población es muy amplia si se toman en cuenta todas las circunstancias relacionadas.

Ahora bien, en el caso de México, incurrir en costos “extra” a aquellos existentes en el presente es sumamente peligroso debido a las condiciones socioeconómicas del país, como se vio en el capítulo anterior (capítulo III) por lo que, de aumentar el cambio climático, México se vería presionado por estos nuevos costos mencionados. En el siguiente capítulo (capítulo V) se hace una primera aproximación a la estimación de los costos generados por el cambio climático a través de sus efectos sobre la salud de la población en México, observando la posible cantidad monetaria que el gobierno tendría que cubrir.

## Capítulo V: Modelo y estimación de gasto de gobierno

En el presente capítulo se expone un modelo econométrico que pretende ser una primera aproximación al cálculo real del costo en el que incurriría el Estado mexicano debido al cambio climático y las afectaciones de éste sobre la salud de la población del país. Dicho modelo es una regresión lineal estática a través del método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Es un modelo sencillo que, a falta de información, toma solamente algunas de las variables que podrían resultar significativas en el estudio de los impactos del cambio climático sobre la salud. Al mismo tiempo, se expone el modelo ideal que lograría hacer una mejor aproximación a dichos costos, con dos propósitos importantes. El primero es que el modelo sencillo se logre explicar mejor ya que resulta ser parte de un modelo ideal más amplio, y el segundo es que en un futuro, de darse una mayor importancia al problema del cambio climático y ampliar la base de datos existente, pueda ser tomado este modelo ideal como una base para un análisis de los costos del cambio climático más cercano a la realidad. Es importante mencionar que ambos modelos son realmente una aproximación a la medición de los efectos del cambio climático sobre la salud de la población, debido a que, como se señaló anteriormente en el *Capítulo II* del presente trabajo, medir el grado de influencia o impacto que tiene el cambio climático sobre el aumento de los casos de cierta enfermedad, es difícil, ya que cualquier enfermedad puede tener inicios diferentes. Es decir, no todos los casos registrados de una enfermedad *X* que está relacionada con el cambio climático se desataron 100% por este fenómeno climático, puede existir una serie de fuentes de esa misma enfermedad.

El análisis que se presenta consta de dos partes, la primera es la presentación de la regresión de MCO con la cual se observan los efectos del aumento de la temperatura media, de las emisiones de CO<sub>2</sub> y de la producción pecuaria y de granos básicos sobre la salud de la población mexicana. En la segunda parte se presenta un sencillo cálculo de los posibles costos en los que incurriría el Estado de aumentar la magnitud del cambio climático en los términos en los que la regresión de la primera parte fue realizada (y claro está, en caso de que el Estado acepte la responsabilidad de cubrir dichos costos). Se presentan, para este último cálculo, dos escenarios que simulan dos magnitudes diferentes de cambio climático

un escenario moderado y uno extremo. Para cada escenario se presentan, a su vez, dos variaciones, una en donde sólo muestran cambios dos de las variables comprometidas en el modelo y otra en donde todas las variables son alteradas, y varios casos dependiendo del nivel de aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En el apartado 5.3 (Cálculo del gasto de gobierno) del presente capítulo se explica de manera detallada el cálculo de cada escenario y cada variante.

Ahora bien, el motivo de esta estimación es demostrar e intentar que la sociedad mexicana abra los ojos al hecho de que el cambio climático puede causar efectos negativos en la economía de México desde varias situaciones, siendo una de éstas la salud de la población. Es importante mencionar que en el presente trabajo sólo se muestra la parte pública del costo que representan los efectos del cambio climático sobre la salud. Una adición interesante a este cálculo sería la parte privada de este gasto, es decir, los costos en los que tendría que incurrir el sector privado debido al deterioro de la salud de la fuerza de trabajo.

En primer lugar se muestra el modelo econométrico ideal para después pasar a aquel que “posible”, es decir, el que fue realizado para el presente trabajo con base en la información disponible. A continuación se muestran las pruebas realizadas a éste último con base en los supuestos del modelo de mínimos cuadrados ordinarios. Después se realiza el cálculo de los costos sobre la salud de la población y del posible gasto en el que el Estado incurriría, y finalmente se expone en un cuadro resumen los resultados más relevantes de todos los cálculos.

### **5.1 Modelo econométrico ideal**

Medir los efectos del cambio climático sobre la salud de la población es el primer paso que se propone para calcular el costo que dichos efectos representan para el gasto público (este es el objetivo de cualquiera de los modelos, ya se al ideal o el posible). Esta medición es necesaria para saber qué tanto afecta el cambio climático a la salud en términos del aumento del número de casos registrados de enfermedades relacionadas al cambio climático y teniendo este nivel de afectación, poder calcular el costo que éste representaría para el Estado tomando en cuenta que se requeriría una ampliación de los servicios de salud brindados por éste.

Para realizar el primer paso del cálculo presentado, se propone el uso de la econometría. Para el fin del presente trabajo existe un modelo econométrico ideal que representaría un acercamiento profundo a la realidad. Es decir, es un modelo que contempla la mayoría de los efectos del cambio climático que han sido presentados con anterioridad en este mismo trabajo. Sin embargo, debido a la falta de información respecto a la medición de estos efectos, el cálculo de éstos se realiza mediante un modelo aproximado a este modelo ideal, el cual utiliza una metodología más sencilla debido a este mismo problema de falta de información. Este modelo simplificado (al cual se referirá a partir de ahora como modelo *posible*) se muestra en el siguiente apartado del presente capítulo (apartado 5.2 Modelo MCO estático). A continuación se presenta el modelo econométrico ideal de manera teórica para que el lector entienda la base del modelo posible.

### 5.1.1 Especificación del modelo ideal

El modelo econométrico ideal para medir los efectos del cambio climático sobre la salud de la población mexicana tiene la siguiente especificación:

$$S_t = \beta_0 + \beta_1 EGEI_t + \beta_2 TM_t + \beta_3 PALIMEN_t + \beta_4 CICLONES_t + \beta_5 OCALOR_t + \beta_6 SBOSQUES_t + \beta_7 SSEQUIA_t + \beta_8 PLUVIAL_t + u_t$$

En donde:

- S: número de egresos hospitalarios registrados de dengue hemorrágico y clásico, fiebre tifoidea, leishmaniasis, paludismo (o malaria), cólera, desnutrición, sarampión, neumonía y asma.
- EGEI: nivel de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero en kt
- TM: temperatura media registrada para México en °C
- PALIMEN: producción alimentaria de México en toneladas
- CICLONES: número de ciclones que afectaron las costas mexicanas
- OCALOR: número de ondas de calor registradas en el país
- SBOSQUES: superficie cubierta por bosques en el territorio nacional

- SSEQUIA: superficie del territorio nacional afectada por la sequía
- PLUVIAL: nivel pluvial registrado para México

Podría además considerarse una variable sobre el nivel del mar, sin embargo, podría no ser significativa para el periodo tomado en cuenta en el presente trabajo debido a que el cambio en dicho nivel no es muy notorio.

Los datos se observarían para el periodo 1980 - 2010<sup>15</sup> de manera trimestral. La razón de comenzar en 1980 es que, aunque el interés mundial por el deterioro del medio ambiente surgió en la década de los setenta, no fue hasta 1980 que México formó parte del grupo de países que buscaban la detención del deterioro ambiental. El país logró esto a través de la Ley Forestal, la cual buscaba la protección de los recursos por medio del otorgamiento de concesiones del territorio boscoso del país (Escalante Semerena & Aroche Reyes, 2003). Es decir, en la década de los ochenta, México comenzó a notar la necesidad de cuidar el medio ambiente, lo cual puede indicar que ya se estaban notando algunas consecuencias del deterioro ambiental. Lo interesante entonces es que tal vez estas consecuencias eran resultado del cambio climático que ya comenzaba a hacer presencia en el país. Este primer acercamiento del país en la política ambiental se toma entonces en el presente trabajo como un indicio de problemas ambientales probablemente relacionados al cambio climático. Ahora bien, los datos se analizarían, en el caso del modelo ideal, de manera trimestral para lograr observar más detalladamente los cambios en las variables tomadas en cuenta, ya que al tener promedios anuales, muchas veces es posible perder detalles importantes sobre eventos que sucedieron de manera particular en algún momento de algún año contemplado.

En el caso de este modelo ideal, la metodología para analizarlo sería la de un modelo de Vectores Auto - regresivos (VAR) y después aplicar un mecanismo corrector de errores (MCE). Esta metodología se utilizaría debido a que el modelo VAR es un modelo econométrico que permite observar las interacciones simultáneas en el corto plazo entre un

---

<sup>15</sup> En este caso se propone el año 2010 debido a que es el último año para el cual se encuentran disponibles todas las series con las que se trabajó el modelo posible; sin embargo, el modelo mejoraría si se contaran con datos más próximos al presente.

grupo de variables (Wooldridge, 2010). Esto se logra a través de algo conocido como *impulsos respuesta* que surgen como resultado del VAR y mediante los cuales se observa cómo las variables se afectan entre ellas directamente y de manera simultánea al existir un cambio en cualquiera de ellas en un periodo determinado, dando resultados en términos de afectaciones positivas o negativas. Poder medir los impulsos respuesta de las variables en el modelo nos ayudaría a ver qué tanto y en qué sentido afecta cada una de las variables exógenas<sup>16</sup> tomadas en cuenta a la variable endógena, y además, se podría observar cómo se afectan las variables exógenas entre sí. Esto es relevante debido a que se puede hacer un análisis detallado de cómo reacciona todo el sistema ambiental ante un cambio en, por ejemplo, las emisiones de GEI que son la base del calentamiento global y por lo tanto del cambio climático que éste último genera. Conocer estas reacciones podría ayudar al país a combatir mejor el deterioro a la salud generado por el cambio climático, ya que se podría observar cuáles son los factores ecosistémicos más afectados y cuáles de éstos impactan más a la salud de la población y por lo tanto, buscar la manera de proteger dichos factores ecosistémicos para reducir los impactos del cambio climático sobre la salud en el corto plazo<sup>17</sup>.

El segundo paso de la metodología del modelo ideal para la observación de los efectos del cambio climático sobre la salud es la estimación del Mecanismo corrector de Errores (MCE), el cual, se construye con base en los resultados de cointegración del VAR. El MCE es modelo lineal simple que permite tomar en cuenta los impactos de corto plazo entre las variables y “alargarlos” al largo plazo. Resulta entonces en un proceso de ajuste que permite este alargamiento de los resultados en el corto plazo evitando que los errores crezcan en el largo plazo (Intriligator, 1989). En este MCE se toman en cuenta los resultados del VAR mediante un vector de cointegración, el cual se obtiene como resultado

---

<sup>16</sup> Variables exógenas son aquellas que causan los impactos en la variable endógena. Por ejemplo, en el caso del modelo ideal EGEI es una variable exógena ya que es la que impacta a la variable S.

<sup>17</sup> Se expone esta solución en el corto plazo debido a que la mejor solución sucedería a largo plazo y ésta sería la reducción del cambio climático a través de actividades como la reducción de las emisiones de GEI y el fortalecimiento de los bosques en el territorio nacional, ya que de esta manera el problema sería solucionado de raíz. De manera que, este remedio se ve como un remedio *de transición*, en lo que se logra la solución del problema desde su base.

de las pruebas de cointegración del VAR y una vez despejada del vector la variable que se pretende explicar, se obtiene una ecuación cuyos coeficientes muestran los impactos de cada una de las variables exógenas sobre aquella que se pretende explicar. De manera que, los componentes del MCE son las variables tomadas en cuenta<sup>18</sup> rezagadas cuantos periodos sean óptimos<sup>19</sup>, más el vector de cointegración rezagado un periodo, cuyo coeficiente es siempre menor a la unidad y de signo negativo.

Con este modelo ideal se puede observar de manera detallada el impacto del cambio climático sobre la salud de la población y se puede analizar tanto el corto como el largo plazo.

Debido a que, como ya se mencionó anteriormente, existe una pobre disponibilidad de información en cuanto a las variables del modelo ideal, se realizó para el presente trabajo una aproximación a la medición de los efectos del cambio climático sobre la salud a través de un modelo simplificado (modelo posible) derivado del modelo ideal. A continuación se muestra este modelo posible que fue realizado con la información disponible.

## **5.2 Modelo posible: MCO estático**

Al igual que con el modelo ideal, el modelo que se expone ahora tiene el objetivo de medir el impacto del cambio climático sobre la salud de la población. Los detalles de este modelo se muestran a continuación.

Es importante mencionar que debido a la falta de información tanto por temas como por largos periodos, el modelo que se logró realizar toma en cuenta una proporción mínima de los efectos del cambio climático, ya que no existen series para México que midan durante un periodo importante (por lo menos desde 1980) elementos como el nivel de precipitación pluvial promedio de la República, la superficie forestal del país, los casos de desnutrición y

---

<sup>18</sup> Las variables deben ser todas estacionarias, por lo que en algunos casos éstas pueden aparecer en el MCE en primeras diferencias, ya que si las variables no son naturalmente estacionarias, aplicar primeras diferencias a éstas las vuelven estacionarias en la mayoría de los casos (en otros casos se aplican segundas diferencias pero es difícil encontrar una serie cuyo comportamiento requiera dichas segundas diferencias).

<sup>19</sup> Se encuentra el número de rezagos óptimos a través de un proceso de prueba-error y descarte.

número de casos registrados de enfermedades importantes, por mencionar algunos; mientras que en otros casos, el país se encuentra fuertemente rezagado en la medición de otros elementos que están altamente relacionados con el cambio climático como el número de ondas de calor que golpean al país, la extensión de territorio que presenta sequía, el nivel medio del mar, entre otros, ya que no existen series y muchas veces ni siquiera datos “suelos” sobre éstos. Por lo tanto, el modelo que se presenta ahora es una primera aproximación a la medición de los efectos del cambio climático sobre la salud y sobre el gasto público, con la intención de que en un futuro, cuando el fenómeno haya avanzado más y se haya vuelto entonces importante para la organización del Estado, se puedan añadir más datos y más información que logren una medición más completa

Se comenzará por explicar brevemente y de manera no muy profunda (para hacer la lectura del apartado lo más ligera posible y evitar la confusión del lector), la teoría del modelo de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), tomando en cuenta los supuestos que para éste deben cumplirse, para lograr un mejor entendimiento de lo que se hará después con el modelo estimado para México.

### 5.2.1 Modelo MCO estático

Partiendo de la siguiente regresión lineal simple con datos de series de tiempo<sup>20</sup>:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + u_t$$

(1)

El método de mínimos cuadrados ordinarios tiene como finalidad el cálculo de los valores  $\beta_0$  y  $\beta_1$ . Estos coeficientes significan una constante ( $\beta_0$ ) y el impacto en el que un cambio de una unidad en  $x_t$ , conocida como la variable exógena o independiente tiene en  $y_t$ , conocida como la variable endógena o dependiente ( $\beta_1$ ). Por su parte,  $\varepsilon_t$  es conocido como el término de error de la observación  $t$  ya que contiene todos los demás factores distintos de

---

<sup>20</sup> Se sabe que son datos de series de tiempo cuando se utiliza el subíndice  $t$ .

$x_t$  que afectan a  $y_t$  (Wooldridge, 2010). Según Wooldridge (2010) el nombre de mínimos cuadrados ordinarios proviene de el hecho de que las estimaciones logradas de  $\beta_0$  y  $\beta_1$ ,  $\hat{\beta}_0$  y  $\hat{\beta}_1$  respectivamente, minimizan la suma de los errores ( $u$ ) al cuadrado<sup>21</sup>, es decir, minimizan el término de error.

Ahora bien, un modelo se considera estático cuando se representa una relación contemporánea entre  $y$  y  $x$ . Este tipo de modelos se estiman cuando se considera que un cambio en  $x$  en el momento  $t$  ejerce un efecto inmediato sobre  $y$ :  $\Delta y_t = \beta_1 \Delta x_t$  cuando  $u_t = 0$ . Los modelos estáticos se utilizan también cuando se quiere saber el intercambio entre  $y$  y  $x$  (Wooldridge, 2010) *ceteris paribus*<sup>22</sup>.

Lo que se pretende con cualquier modelo econométrico lineal es que se obtengan estimadores de tipo *MELI* que son los mejores estimadores lineales insesgados. Estos estimadores son confiables en el sentido de que garantizan una buena aproximación del modelo a la realidad. Estos estimadores MELI se obtienen a través de un modelo, en este caso, uno del tipo MCO estático, que pasa todas las pruebas a sus supuestos. Esta es la importancia de los supuestos del modelo MCO, y es por esto que se explican dichos supuestos a continuación.

## 5.2.2 Supuestos del modelo MCO y otras cuestiones que hay que revisar en un modelo de series de tiempo

Para el caso de las series de tiempo, los supuestos del modelo MCO son<sup>23</sup>:

### Linealidad en los parámetros

El proceso de series de tiempo, o también llamado proceso estocástico

$$\{(X_{t1}, X_{t2}, X_{t3}, \dots, X_{tk}, Y_t) : t = 1, 2, \dots, n\}$$

<sup>21</sup> Se toma la suma de los errores al cuadrado debido a que por supuesto, la suma de los errores, es igual a la media o el valor esperado de éstos y ésta es igual (tiende a ser cero) a cero. Este supuesto y los demás del método de MCO se explican más adelante en este mismo apartado (apartado 5.2.1)

<sup>22</sup> *Ceteris paribus* se refiere a que el efecto sucede tomando como constantes a todas las demás variables que pudieran afectar a este intercambio.

<sup>23</sup> El desarrollo de todos los supuestos fue tomado de Wooldridge (2010).

Sigue el modelo lineal

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \dots + \beta_k x_{tk} + u_t$$

Donde  $\{u_t : t = 1, 2, \dots, n\}$  es una secuencia de errores o perturbaciones. Aquí  $n$  es el número de observaciones (periodos).

### **No existe colinealidad perfecta**

En la muestra, y por lo tanto en los procesos de series de tiempo subyacentes, no existen variables independientes que sean constantes ni que sean una combinación lineal perfecta de las otras.

### **Media condicional cero**

Para cada  $t$ , dadas las variables independientes para todos los periodos, el valor esperado del error  $u_t$  es igual a cero.

$$E(u_t | x_{t1}, \dots, x_{tk}) = E(u_t | X_t) = 0$$

La ecuación anterior implica que  $u_t$  y las variables explicativas no se correlacionan de manera contemporánea.

### **Homoscedasticidad**

La varianza de  $u_t$  condicional en  $X$ , es la misma para cualquier  $t$ :  $Var(u_t | X) = Var(u_t) = \sigma^2, t = 1, 2, \dots, n$ . Es decir, que la varianza del error dado  $X$  no debe variar con respecto al tiempo.

### **No correlación serial o autocorrelación**

Los errores, condicionales sobre  $X$ , en dos periodos distintos no están correlacionados

$$Corr(u_t, u_s | X) = 0 \text{ para cualquier } t \neq s.$$

Bajo los supuestos expuestos hasta ahora, los estimadores de MCO con los mejores estimadores lineales insesgados (MELI).

### **Normalidad**

Los errores  $u_t$  son independientes de X e independientes entre sí y están idénticamente distribuidos como una distribución Normal  $(0, \sigma^2)$ .

Además de probar los supuestos mencionados, se deben hacer otras pruebas al modelo y a las variables utilizadas para saber que el modelo es plausible. Entre estas pruebas están:

### **Significancia estadística de los coeficientes estimados**

Se observa si los coeficientes estimados son estadísticamente significativos con la finalidad de saber si las variables a las que pertenecen dichos coeficientes son estadísticamente significativas para el modelo. Esto se realiza a través del análisis del estadístico t (t-estadística) y/o la probabilidad asociada a dicho estadístico relacionada a cada coeficiente.

### **Bondad de ajuste**

La bondad de ajuste se mide a través del parámetro R o  $R^2$  y se refiere a qué tan bien se ajusta el conjunto de observaciones al modelo estimado.

### **Prueba de raíces unitarias**

Las raíces unitarias son importantes en una serie ya que sirven para determinar el orden de integración de éstas. Una serie de orden de integración  $I(0)$  es estacionaria, y significa que tiene una o más raíces unitarias, es decir, que no tiene una tendencia creciente o decreciente en el tiempo. Por el contrario, una serie cuyo orden de integración es  $I(1)$  quiere decir que no es estacionaria, ya que no tiene raíces unitarias, pero que podría volverse estacionaria si se le aplicaran primeras diferencias (diferenciar la serie a sí misma una vez). Este orden de integración es importante debido a que todas las series o variables utilizadas en un mismo modelo deben tener el mismo orden de integración para poder pertenecer a un mismo modelo. A su vez, este orden de integración tiene que ser mayor a 1 para que tenga coherencia que los cambios en una variable generen cambios en otra, ya que si, por ejemplo, la variable independiente es estacionaria (sin tendencia en el tiempo) y la variable dependiente que pretende ser explicada no lo es, no tiene sentido la relación que surja entre ellas de estimar los parámetros debido a que una variable que no cambia en el tiempo no tendría por qué alterar a otra variable que sí está cambiando.

## **Cointegración**

La cointegración se refiere a que la relación entre las variables independientes y la variable dependiente establecida por medio del modelo econométrico es una relación que se mantiene estable a través del tiempo, es decir, que ésta no cambia a medida que el tiempo avanza. Esta cointegración se revisa a través del término de error del modelo estimado, es decir, sobre los residuos del modelo. Se hace una prueba de cointegración sobre éstos y si resulta que los residuos son de orden  $I(0)$ , es decir, estacionarios, entonces existe cointegración en el modelo.

## **Forma funcional**

Se hace una prueba para observar que la forma funcional en la que el modelo fue especificado es correcta.

### **5.2.3 Especificación y justificación de variables**

Partiendo de la estimación del modelo ideal, el modelo con el que se trabaja en este caso fue realizado con datos anuales para el periodo 1985 – 2010, contando en total con 26 observaciones y se especifica de la siguiente manera:

$$LS_t = \beta_0 + \beta_1 LCO2MUN_t + \beta_2 LTM_t + \beta_3 LGBASICQ_t + \beta_4 LPECUARIA_t + u_t$$

En donde:

- **LS:** logaritmo del número de egresos hospitalarios registrados de dengue hemorrágico y clásico, fiebre tifoidea, leishmaniasis, y paludismo, como variable cercana (variable proxy) a aquella contemplada en el modelo ideal
- **LTM:** logaritmo de la temperatura media nacional en °C

- LCO2MUN: logaritmo de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> en kt<sup>24</sup>, como variable que sustituye al nivel de emisiones mundiales de GEI del modelo ideal
- LPECUARIA: logaritmo de la producción nacional pecuaria y aviaria en toneladas, tomando en cuenta guajolotes, gallinas pesadas y ligeras y pollos que han terminado su ciclo productivo, como variable proxy a la producción alimentaria
- LGBASICOS: logaritmo de la producción nacional de los granos básicos (frijol, maíz, arroz) en toneladas. Para la conformación de esta variable se tomaron los datos de arroz palay y de maíz, sorgo y trigo en grano, como variable proxy a la producción alimentaria

Es importante mencionar que las variables se muestran en logaritmos debido a que de esta manera se tienen resultados más confiables para el caso de esta estimación en particular. Es decir, la transformación logarítmica es utilizada en este caso solamente como una herramienta para obtener un mayor ajuste del modelo, ya que reduce la heteroscedasticidad del modelo (a lo largo del capítulo se explica qué es la heteroscedasticidad y por qué esta debe ser eliminada del modelo).

Además, el modelo cuenta con dos instrumentos de tipo dummy<sup>25</sup> para el ajuste:

- D85, D86 y D87: variables dummy para el periodo 1985 a 1987, las cuales se explican por el temblor de 1985 en donde el total de ingresos hospitalarios por algunas enfermedades relacionadas con el estancamiento de agua y la falta de higiene aumentaron, además de tomar en cuenta la crisis económica (de deuda) por la que pasaba el país desde 1982, la cual no favoreció a las actividades agropecuarias.

---

<sup>24</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> no tienen directamente un efecto en las enfermedades que se toman en cuenta en el modelo; sin embargo, sirve como variable proxy para tomar en cuenta otros efectos que estas emisiones causan sobre el medio ambiente al aumentar el cambio climático y por lo tanto incidiendo en el grupo de enfermedades en cuestión. Esto se lleva a cabo en esta estimación debido a la poca información con la que se cuenta.

<sup>25</sup> Las variables dummy son variables dicotómicas que toman el valor de 0 para el periodo en general y de 1 en algún momento de la serie, en este caso, en el año, en el que se encuentra un dato atípico (out layer) que es resultado de algún evento esporádico no normal y que puede desviar la estimación del modelo si no se corrige.

- D00: dummy para el año 2000 la cual se explica por la aparición del Seguro Popular, el cual trajo consigo una campaña fuerte de prevención de enfermedades, disminuyendo así el número de casos de ciertas enfermedades, entre ellas, las relacionadas con el modelo.

#### 5.2.4 Resultados y pruebas

Los resultados de la regresión con MCO son los siguientes:

<b><u>Resultados de la regresión</u></b>				
<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>t-estadística</b>	<b>Probabilidad asociada</b>	<b>Error estándar</b>
<b>C</b>	-48.64225	-3.831121	0.001300	12.69661
<b>LCO2MUN</b>	5.908854	5.290941	0.000100	1.116787
<b>LTM</b>	12.04497	2.339752	0.031800	5.147968
<b>LGBASICO</b>	-3.205592	-6.068266	0.000000	0.528255
<b>LPECUARIA</b>	-1.544725	-2.545716	0.020900	0.606794
<b>D85</b>	1.759728	5.197628	0.000100	0.338564
<b>D86</b>	0.720508	3.034441	0.007500	0.237444
<b>D87</b>	0.728052	2.122559	0.048800	0.343007
<b>D00</b>	-0.817342	-2.504482	0.022700	0.326352

R-squared	0.862764
Adjusted R-squared	0.798183

A simple vista se observa que todos los coeficientes estimados son estadísticamente significativos, ya que la probabilidad asociada al estadístico t (t-estadística) de cada uno de ellos es menor a 0.05. Esto quiere decir que todas las variables tomadas en cuenta en el modelo, incluyendo las variables - herramienta dummy son estadísticamente significativas para el modelo en cuestión. Al mismo tiempo, dados los valores de R y  $R^2$ , el modelo muestra un buen ajuste (bondad de ajuste), ya que el valor de dichos parámetros es cercano a la unidad. Esto quiere decir que el conjunto de observaciones que se toman en cuenta en el modelo se ajustan en gran medida al modelo estimado. Por otra parte, es importante observar los signos de los coeficientes para las variables LCO2MUN y LTM son positivos, mientras que LGBASICO y LPECUARIA tienen coeficientes negativos; de manera que, las primeras dos variables, dado un aumento porcentual de éstas, se genera un aumento porcentual también en las afectaciones a la salud de la población, mientras que por su parte,

las últimas dos variables, al aumentar su valor, representan una disminución para los problemas de salud tomados en cuenta, en términos porcentuales<sup>26</sup>. Es decir, el aumento en la temperatura media y en las emisiones de CO<sup>2</sup> tiene efectos en detrimento de la salud de la población, mientras que el aumento de la producción alimentaria del país contribuye a disminuir las enfermedades que se han tomado en cuenta y que están relacionadas con el cambio climático. Ahora bien, el problema reside en que el aumento de las emisiones de CO<sup>2</sup> y, por lo tanto, de la temperatura media en el país generan las alteraciones en las condiciones ecosistémicas que tanto se han mencionado ya en el presente trabajo y que dificultan, entre otras actividades, a la producción agropecuaria del país. De manera que se genera un doble efecto en detrimento de la salud, ya que no sólo el aumento de CO<sup>2</sup> y de la temperatura afectan a la población, sino que a este efecto se le une dicha dificultad para producir alimentos dentro del país debido al aumento en los casos de sequía y a los cambios en el régimen pluvial en las diferentes zonas agropecuarias de México; y son justo estos alimentos los que ayudan a mantener a la población saludable.

A continuación se realizan las pruebas necesarias, tanto a las series como al modelo en general, revisando, entre otros puntos, que se cumplan los supuestos de normalidad, no autocorrelación, no heteroscedasticidad y no colinealidad perfecta (multicolinealidad) para los errores generados por la regresión. Esto con el fin de determinar la veracidad de las estimaciones. En cuanto al supuesto de linealidad en los parámetros, suponemos de entrada que éste se cumple debido a la metodología de MCO por sí misma. Por otro lado, en cuanto al supuesto de media condicional cero, éste se comprueba con la no existencia de autocorrelación en el modelo, por lo tanto, se prueba, en este caso dicha autocorrelación.

Las pruebas aplicadas a este modelo son las siguientes:

A. Orden de integración de las series (raíces unitarias, pruebas ADF y Phillips-Perron)

---

<sup>26</sup> Al hacer uso de los logaritmos (logaritmo natural) como forma funcional (forma funcional logarítmica), los coeficientes resultantes se leen como porcentajes, ya que se trata de elasticidades.

- B. Cointegración del modelo (pruebas ADF y Phillips-Perron sobre los residuales del modelo)
- C. Forma funcional o correcta especificación (Ramsey-Reset)
- D. Normalidad (histograma y prueba Jarque-Bera)
- E. Autocorrelación (correlograma, prueba con estadístico Durbin-Watson y prueba Breusch-Godfrey)
- F. Heteroscedasticidad (prueba White Heteroskedasticity)
- G. Multicolinealidad (matriz de correlaciones y regresiones entre variables independientes)

Es importante mencionar que para este modelo se tomó en cuenta un nivel de confianza<sup>27</sup> del 95% para todas las pruebas.

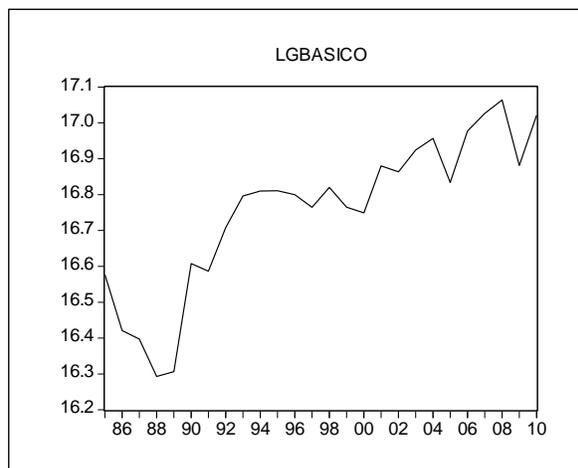
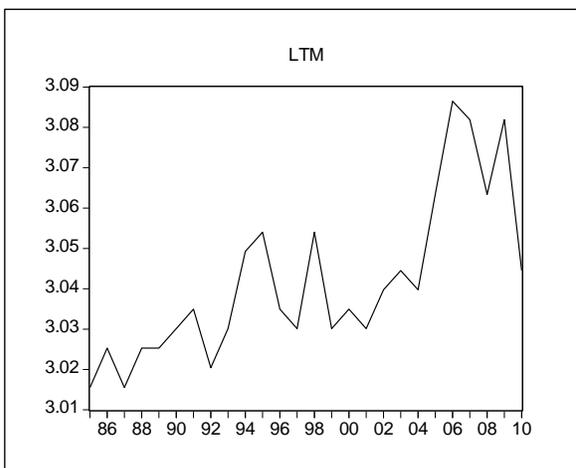
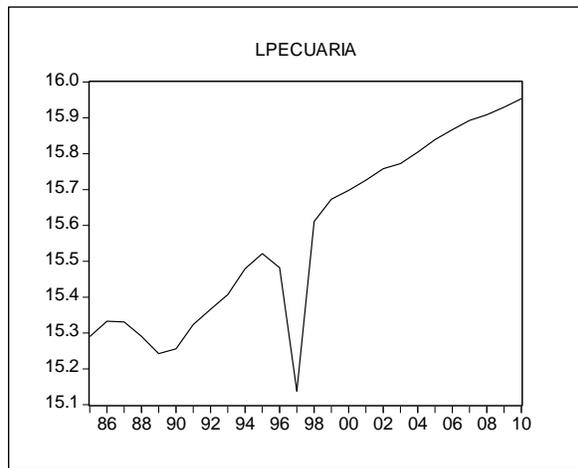
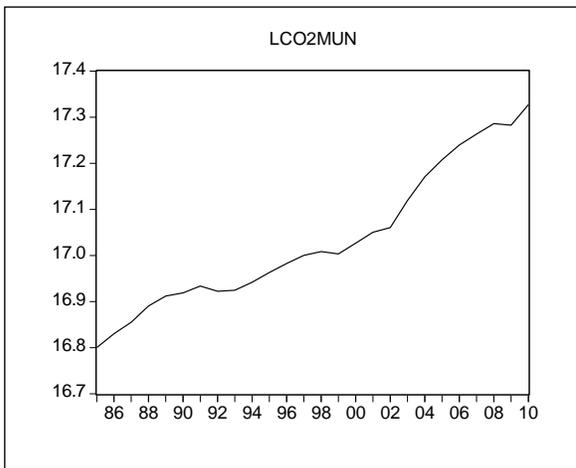
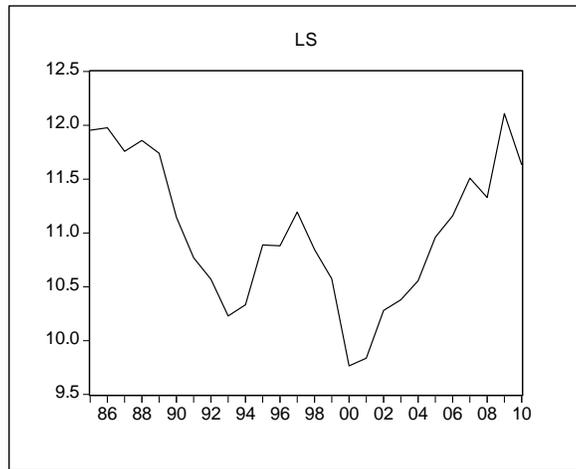
Los resultados de estas pruebas se muestran a continuación:

**A. Orden de integración de las series (prueba de raíces unitarias ADF y Phillips-Perron):**

En primer lugar se muestran las gráficas para cada variable para observar su comportamiento a través del tiempo.

---

<sup>27</sup> El nivel de confianza es la probabilidad de que el evento suceda, es decir, si el nivel de confianza es de 95%, esta es la probabilidad asociada a que un cierto evento suceda, contra una probabilidad de 5% de que el evento no suceda. Este nivel de confianza es fundamental para las pruebas de hipótesis en las cuales se basan todas y cada una de las pruebas realizadas al presente modelo.



- Prueba ADF (Augmented Dickey Fuller):

La prueba ADF tiene como hipótesis nula  $H_0$ : la serie tiene raíces unitarias, y como hipótesis alterna  $H_a$ : la serie es estacionaria (no tiene raíces unitarias). En este caso, la prueba se realizó utilizando un máximo de 5 rezagos elegidos mediante el criterio de Schwartz.

<b>Resultados prueba ADF</b>							
Variable		t-estadística	Probabilidad	valor crítico al 5%	valor crítico al 10%	Orden de integración	
LS en niveles	intercepto	-1.64	0.45	-2.99	-2.63	I(1)	
	intercepto y tendencia	-1.28	0.87	-3.60	-3.24		
	ninguno	-0.27	0.58	-1.96	-1.61		
LS en primeras diferencias	intercepto	-4.12	0.00	-2.99	-2.63		
	intercepto y tendencia	-4.52	0.01	-3.60	-3.24		
	ninguno	-4.22	0.00	-1.96	-1.61		
LCO2MUN en niveles	intercepto	1.01	1.00	-2.99	-2.63		I(1)
	intercepto y tendencia	-0.66	0.97	-3.60	-3.24		
	ninguno	6.27	1.00	-1.96	-1.61		
LCO2MUN en primeras diferencias	intercepto	-3.14	0.04	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-3.35	0.08	-3.61	-3.24		
	ninguno	-1.64	0.09	-1.96	-1.61		
LTM en niveles	intercepto	-2.29	0.18	-2.99	-2.63	I(1)	
	intercepto y tendencia	-3.29	0.09	-3.60	-3.24		
	ninguno	0.36	0.78	-1.96	-1.61		
LTM en primeras diferencias	intercepto	-5.88	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-5.72	0.00	-3.61	-3.24		
	ninguno	-5.97	0.00	-1.96	-1.61		
LPECUARIA en niveles	intercepto	-0.97	0.75	-2.99	-2.63		Parece ser I(1) pero queda un poco de duda
	intercepto y tendencia	-3.82	0.03	-3.60	-3.24		
	ninguno	1.07	0.92	-1.96	-1.61		
LPECUARIA en primeras diferencias	intercepto	-6.59	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-6.49	0.00	-3.61	-3.24		
	ninguno	-6.33	0.00	-1.96	-1.61		
LGBASICO en niveles	intercepto	-1.19	0.66	-2.99	-2.64	I(1)	
	intercepto y tendencia	-2.96	0.16	-3.60	-3.24		
	ninguno	0.83	0.89	-1.96	-1.61		
LGBASICO en primeras diferencias	intercepto	-5.90	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-5.78	0.00	-3.61	-3.24		
	ninguno	-5.69	0.00	-1.96	-1.61		

- Prueba Phillips-Perron

La prueba Phillips-Perron, al igual que la ADF, tiene como hipótesis nula  $H_0$ : la serie tiene raíces unitarias, y como  $H_a$ : la serie es estacionaria (no tiene raíces unitarias). Para los fines de este trabajo, esta prueba fue aplicada utilizando la dimensión espectral según Bartlett y el ancho de banda según Newley-West.

## Resultados prueba Phillips-Perron

Variable		t-estadística	Probabilidad	valor crítico al 5%	valor crítico al 10%	Orden de integración	
LS en niveles	intercepto	-1.81	0.37	2.99	2.63	I(1)	
	intercepto y tendencia	-1.38	0.84	-3.60	-3.20		
	ninguno	-0.26	0.58	-1.96	-1.61		
LS en primeras diferencias	intercepto	-4.12	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-4.52	0.01	-3.61	-3.24		
	ninguno	-4.22	0.00	-1.96	-1.61		
LCO2MUN en niveles	intercepto	1.01	1.00	-2.99	-2.63		I(1)
	intercepto y tendencia	-0.66	0.97	-3.60	-3.24		
	ninguno	6.27	1.00	-1.96	-1.61		
LCO2MUN en primeras diferencias	intercepto	-3.14	0.04	-2.99	-2.63		
	intercepto y tendencia	-3.35	0.08	-3.61	-3.24		
	ninguno	-1.64	0.09	-1.96	-1.61		
LTM en niveles	intercepto	-2.29	0.18	-2.99	-2.64	I(1)	
	intercepto y tendencia	-3.29	0.09	-3.60	-3.24		
	ninguno	0.36	0.78	-1.96	-1.61		
LTM en primeras diferencias	intercepto	-5.88	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-5.72	0.00	-3.61	-3.24		
	ninguno	-5.97	0.00	-1.96	-1.61		
LPECUARIA en niveles	intercepto	-0.52	0.87	-2.99	-2.63		Parece ser I(1) pero queda un poco de duda
	intercepto y tendencia	-3.72	0.04	-3.60	-3.24		
	ninguno	4.01	1.00	-1.96	-1.61		
LPECUARIA en primeras diferencias	intercepto	-9.66	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-11.22	0.00	-3.61	-3.24		
	ninguno	-6.61	0.00	-1.96	-1.61		
LGBASICO en niveles	intercepto	-0.52	0.87	-2.99	-2.63	I(1)	
	intercepto y tendencia	-3.72	0.04	-3.60	-3.24		
	ninguno	4.01	1.00	-1.96	-1.61		
LGBASICO en primeras diferencias	intercepto	-9.66	0.00	-2.99	-2.64		
	intercepto y tendencia	-11.22	0.00	-3.61	-3.24		
	ninguno	-6.61	0.00	-1.96	-1.61		

Según los resultados de ambas pruebas aplicadas a cada una de las series utilizadas en la regresión, todas tienen un orden de integración I(1), aunque existe una ligera duda sobre el verdadero orden de la serie LPECUARIA; sin embargo, como se mostrará a continuación, existe cointegración entre las series utilizadas<sup>28</sup>, por lo tanto, la regresión lograda no resulta espuria; es decir, los estimadores que arroja el modelo son resultado de la relación real entre sus variables.

## B. Cointegración del modelo (Prueba ADF y Phillips-Perron)

- Prueba ADF:

<sup>28</sup> Esto sucede debido a que en el modelo no se toma en cuenta una tendencia, por lo que la serie LPECUARIA resulta ser I(1) para el caso del modelo presente.

La especificación de la prueba corresponde a la misma mencionada en el apartado anterior, es decir, utilizando un máximo de 5 rezagos, elegidos mediante el criterio de Schwartz.

<b><u>Resultados prueba ADF sobre residuos del modelo</u></b>						
Serie de residuos		t-estadística	Probabilidad	valor crítico al 5%	valor crítico al 10%	Orden de integración
En niveles	intercepto	-4.03	0.00	-2.99	-2.63	I(0)
	intercepto y tendencia	-3.85	0.03	-3.60	-3.24	
	ninguno	-4.10	0.00	-1.96	-1.61	

- Prueba Phillips-Perron

<b><u>Resultados prueba Phillips-Perron sobre residuos del modelo</u></b>						
Serie de residuos		t-estadística	Probabilidad	valor crítico al 5%	valor crítico al 10%	Orden de integración
En niveles	intercepto	-4.06	0.00	-2.99	-2.63	I(0)
	intercepto y tendencia	-3.87	0.03	-3.60	-3.24	
	ninguno	-4.12	0.00	-1.96	-1.61	

Según los resultados arrojados por ambas pruebas, en el modelo existe cointegración de las series utilizadas, debido a que el orden de integración de la serie formada por los residuos de dicho modelo es de orden I(0), es decir, estacionaria. Esto quiere decir que los resultados del modelo no cambian a través del tiempo.

### C. Forma funcional o correcta especificación (prueba Ramsey-Reset)

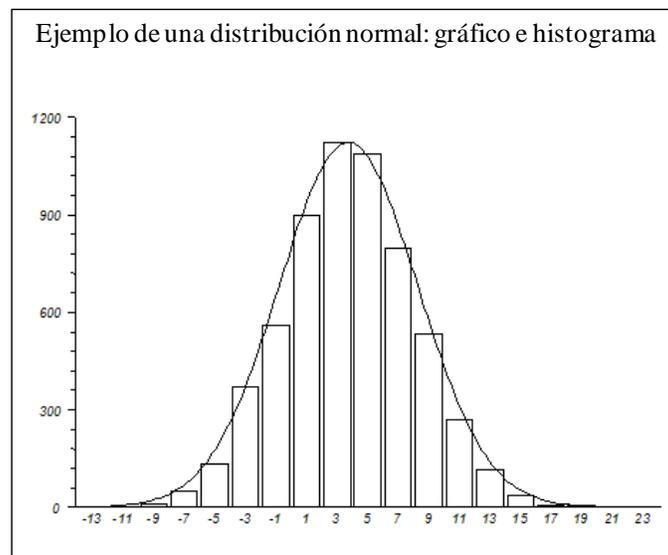
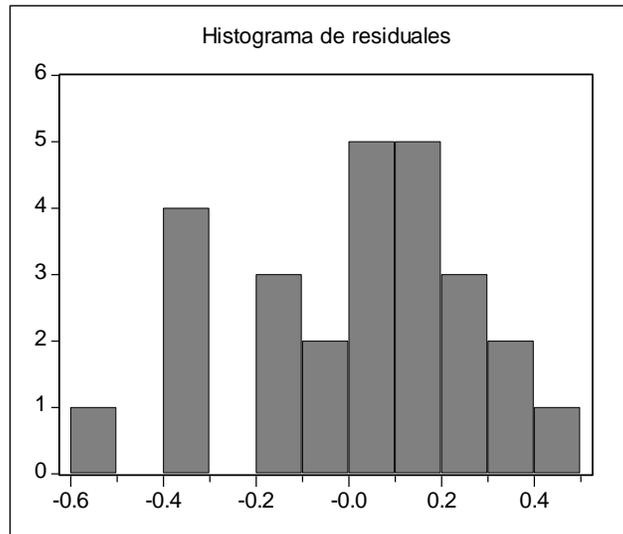
La prueba Ramsey-Reset tiene como hipótesis nula  $H_0$ : Forma funcional correcta, y como alternativa,  $H_a$ : Forma funcional incorrecta.

<b><u>Resultados Prueba Ramsey-Reset</u></b>	
Estadístico-F	Probabilidad asociada
0.023428	0.880263

Debido a que la probabilidad asociada es mayor a 0.05 (con un nivel de confianza del 95%), la hipótesis nula no puede ser rechazada; por lo tanto, la forma funcional del modelo es correcta, es decir, su especificación es correcta.

## D. Normalidad (histograma y prueba Jarque-Bera)

- Histograma



En el histograma se observa que la distribución de los errores, a comparación con el ejemplo de una distribución normal que aparece debajo del histograma de los residuales del modelo posible estimado, se parece un poco a una distribución normal, sin embargo queda un poco de duda debido a que no es suficientemente claro en qué nivel o qué tanto se ajusta

la distribución que se observa en el histograma a una distribución normal, por lo tanto, se realiza la prueba de Jarque-Bera.

- Prueba Jarque-Bera

Para la prueba Jarque-Bera la hipótesis nula  $H_0$  es que los residuales se distribuyen de manera normal, mientras que la alternativa,  $H_a$ , es que los residuales de la regresión no se distribuyen de manera normal. El resultado de la prueba para los residuales de la regresión presente muestra que éstos se distribuyen como una normal, ya que la probabilidad asociada al estadístico de Jarque-Bera es mayor a 0.05 (con un nivel de confianza de 95%), no siendo posible rechazar la hipótesis nula, es decir, que los residuales del modelo estimado se distribuyen de manera normal, cumpliéndose entonces el supuesto de normalidad que se mencionó anteriormente.

<b>Resultados Prueba Jarque-Bera</b>	
Estadístico Jarque-Bera	Probabilidad asociada
0.809205	0.667242

### E. Autocorrelación (correlograma, prueba Durbin-Watson, Prueba Breusch-Godfrey)

- Correlograma:

<b>Correlograma de residuales de la regresión</b>						
Autocorrelación	Correlación parcial	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.061	0.061	0.1088	0.742
		2	0.040	0.036	0.1563	0.925
		3	0.003	-0.002	0.1566	0.984
		4	0.057	0.056	0.2659	0.992
		5	0.068	0.062	0.4262	0.995
		6	-0.108	-0.122	0.8546	0.991
		7	0.059	0.070	0.9885	0.995
		8	-0.063	-0.068	1.1510	0.997
		9	0.040	0.037	1.2197	0.999
		10	-0.078	-0.073	1.4958	0.999
		11	0.016	0.034	1.5077	1.000
		12	0.050	0.037	1.6395	1.000

Esta prueba se lee de la siguiente manera: observando la zona del gráfico, las barras que se perciben se refieren a la autocorrelación o correlación parcial que existe en el modelo y estas se refieren a un cierto orden, en este caso se toman en cuenta órdenes del 1 al 12. Si las barras salen de las líneas punteadas, entonces existe correlación. Además se debe analizar si existe un comportamiento cíclico de las barras, ya que esto podría denotar algún tipo de correlación entre los residuales y las variables del modelo.

En este caso, se observa que en ningún caso las barras sobrepasan las bandas punteadas, al mismo tiempo, no se observa un comportamiento cíclico de dichas barras. Por lo tanto, podría decirse que no existe autocorrelación entre los residuales del modelo; sin embargo, se realizan a continuación otras pruebas para dar seguridad a esta afirmación.

- Prueba Durbin-Watson

Debido a que el número de regresores en el modelo (K) es de 4, y el número de observaciones (N) es igual a 26, el intervalo de valores ( $d_L, d_U$ ) entre los que el estadístico Durbin-Watson arrojado por la estimación del modelo debe caer para aceptar la hipótesis nula de no autocorrelación es de  $d_L = 1.062$  y  $d_U = 1.759$ <sup>29</sup>. El estadístico para la regresión es de 1.633868<sup>30</sup>; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación.

- Prueba Breusch-Godfrey

La prueba Breusch-Godfrey tiene como hipótesis nula la no autocorrelación. Los resultados que arroja la prueba para el presente modelo son los siguientes:

<b>Resultados Prueba Breusch-Godfrey</b>	
Estadístico-F	Probabilidad asociada
0.429093	0.658845

---

<sup>29</sup> Este intervalo ( $d_L, d_U$ ) se obtiene de las tablas construidas para este estadístico, y se selecciona dicho intervalo tomando en cuenta el número K de regresores y el número N de observaciones.

<sup>30</sup> El estadístico es arrojado por el programa Eviews en el cuadro principal de resultados.

Debido a que la probabilidad asociada al estadístico-F es mayor a 0.05 (con un nivel de confianza de 95%), la hipótesis nula no se puede rechazar, y por lo tanto, según esta prueba, el modelo no presenta autocorrelación.

#### **F. Heteroscedasticidad (prueba White Heteroskedasticity)**

La prueba White Heteroskedasticity tiene como hipótesis nula la no heteroscedasticidad, mientras que la alternativa es que el modelo presenta heteroscedasticidad. Los resultados para la regresión presente son los siguientes:

<b><u>Resultados Prueba White Heteroskedasticity</u></b>	
Estadístico-F	Probabilidad asociada
1.33541	0.305545

Debido a que la probabilidad asociada al estadístico-F es mayor a 0.05 (tomando en cuenta, nuevamente, un nivel de confianza de 95%), es imposible rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la varianza de los errores de la regresión no cambia con respecto al tiempo; es decir, no existe heteroscedasticidad.

#### **G. Multicolinealidad (matriz de correlaciones y relaciones entre variables independientes)**

- Matriz de correlaciones

Para esta prueba se hace la matriz inversa de la matriz de correlaciones y se observan los valores de la diagonal principal de ésta. Si dichos valores son menores a 10, entonces no existe correlación entre las series, es decir, no existe multicolinealidad. La matriz inversa de la matriz de correlaciones del modelo en cuestión es la siguiente:

**Matriz de correlaciones inversa**

2.01	-0.69	1.03	2.04	-2.02
-0.69	3.04	-0.53	-0.88	-1.24
1.03	-0.53	6.30	-0.28	-5.01
2.04	-0.88	-0.28	5.28	-3.31
-2.02	-1.24	-5.01	-3.31	9.18

Se observa como la diagonal principal de la matriz contiene valores menores a 10, por lo tanto, según esta prueba, no existe multicolinealidad en el modelo.

- Relaciones entre las variables independientes

Para esta prueba se realizan regresiones entre las variables independientes y se analiza el valor de la  $R^2$  que arrojan los resultados. Si este valor es más alto en alguno de los casos que el mismo valor para el modelo en general, entonces existe multicolinealidad. Las regresiones entre las variables independientes del presente modelo arrojan los siguientes resultados:

**Regresiones entre variables su y  $R^2$**

Regresión	R2
LCO2MUN vs. LTM	0.639984
LCO2MUN vs. LGBASICO	0.654667
LCO2MUN vs. LPECUARIA	0.808246
LTM vs. LGBASICO	0.456040
LTM vs. LPECUARIA	0.543072
LPECUARIA vs. LGBASICO	0.651112

El valor de la  $R^2$  para el modelo es de 0.862764, que es mayor a todos aquellos arrojados por las regresiones entre las variables independientes. De manera que, esta prueba coincide con la anterior sobre la multicolinealidad. No existe multicolinealidad en el modelo.

Los supuestos sobre los estimadores de MCO se cumplen para el modelo que se presenta; por lo tanto, es posible confiar en las estimaciones logradas a través de dicho modelo (los estimadores son MELI). Esto asegura que dichas estimaciones son confiables.

### **5.3 Cálculo de gasto de gobierno**

Lo que se pretende en esta sección es hacer un primer acercamiento al cálculo del posible incremento en el gasto de gobierno de México dado un aumento de los casos de enfermedades relacionadas al cambio climático dado, de manera obvia, un aumento en este último fenómeno. Para lograr dicho cálculo aproximado, se toman en cuenta los resultados de la regresión estimada en el punto anterior y se proponen dos casos y varios escenarios con diferentes porcentajes de variación: el primer caso supone constantes las variables de producción de granos básicos y producción pecuaria (LBASICO y LPECUARIA), es decir, éstas no presentan ninguna alteración, mientras que para los valores de temperatura media se toman las estimaciones que hace el IPCC para el 2020 y para el aumento de las emisiones de CO<sup>2</sup>, se utiliza un aumento de 5, 10 y 15 por ciento<sup>31</sup> y el segundo caso supone variaciones en todas las variables. Los valores para las variables de temperatura media y producción agropecuaria que se insertan en la fórmula de la regresión están basados en las estimaciones de temperatura y producción agrícola (de cereales) en Latinoamérica para 2020 del IPCC y utilizando para el caso de la producción pecuaria la misma estimación que para la producción de granos básicos debido a que los efectos del cambio climático que afectan la producción de dichos granos afectan también a la producción pecuaria (es el caso de la sequía), esto debido a que no existe una estimación exacta para la pérdida de producción pecuaria. Los porcentajes de aumento o disminución en las variables, una vez insertados en la ecuación estimada arrojan el aumento porcentual de los casos de salud relacionados con el cambio climático que se tomaron en cuenta para la estimación de dicho modelo (*ver apartado 5.1.1 Especificación del modelo y justificación de variables*). Este aumento se suma al total de egresos hospitalarios de 2010 obteniendo el

---

<sup>31</sup> Estos valores se toman debido a que no existe una estimación exacta o mayormente aceptada sobre la futura concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Por lo tanto, se tomaron valores alrededor de las varias estimaciones que fueron encontradas en diferentes artículos y trabajos científicos.

dato al que en este trabajo se le dará el nombre de SALUD\*. Por otra parte, con el dato del gasto público para el sector salud del año 2010 y a través de una regla de tres (proporciones lineales) se estima el posible gasto en el que incurriría el Estado de tener el número de egresos hospitalarios SALUD\*.

Según el IPCC (2007), para el año 2020 la temperatura en Latinoamérica habrá aumentado entre 0.4 y 1.7°C y la producción de cereales disminuirá en un rango de 2.5 a 5 por ciento. Con estos datos se formulan dos escenarios y varios sub escenarios (dependiendo del porcentaje de aumento de CO<sub>2</sub>), el moderado y el extremo, contemplando el primero un aumento de temperatura de 0.4°C y pérdida en la producción de cereales de 2.5%, mientras que el segundo contempla un aumento de 1.7°C en la temperatura media y 5% la pérdida de producción en la producción de granos básicos. Al mismo tiempo, ambos escenarios contemplan un aumento de 5, 10 y 15 por ciento en las emisiones de CO<sub>2</sub> y los mismos decrementos para la producción pecuaria que aquellos utilizados para la producción de granos básicos.

### **5.3.1 Resumen de resultados**

La siguiente figura (*Figura 17*) muestra el resumen de los resultados de la estimación del posible gasto público en salud derivado de diferentes alteraciones en las condiciones ecosistémicas resultado del cambio climático.

Es importante mencionar que para el caso extremo las repercusiones en la salud de la población son tan graves que la única estimación que tiene sentido en cuanto a los datos que arroja para la población que podría contraer enfermedades es con un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> del 5%.

**Figura 17: Resumen de resultados de la estimación del gasto público en salud**

Caso	Valor de S en 2010	SALUD*	Gasto en S en 2010 (miles de pesos)	Gasto calculado (miles de pesos)	Diferencia entre gasto 2010 y gasto calculado (miles de pesos)	Diferencia entre gasto 2010 y gasto calculado (%)
<b>Moderado con cambio sólo en CO<sub>2</sub> y temperatura</b>						
Con 5% cambio en CO <sub>2</sub>	45,080,477.00	68,741,898.52	404,404,335.20	616,664,321.70	212,259,986.50	52.49
Con 10% cambio en CO <sub>2</sub>		82,060,596.36		736,142,630.38	736,142,630.38	182.03
Con 15% cambio en CO <sub>2</sub>		95,379,294.20		855,620,939.07	855,620,939.07	211.58
<b>Moderado con cambio en todas las variables</b>						
Con 5% cambio en CO <sub>2</sub>	45,080,477.00	74,095,562.43	404,404,335.20	664,690,541.41	260,286,206.21	64.36
Con 10% cambio en CO <sub>2</sub>		87,414,260.27		784,168,850.09	784,168,850.09	193.91
Con 15% cambio en CO <sub>2</sub>		100,732,958.11		903,647,158.78	903,647,158.78	223.45
<b>Extremo con cambio sólo en CO<sub>2</sub> y temperatura</b>						
Con 5% cambio en CO <sub>2</sub>	45,080,477.00	102,355,750.47	404,404,335.20	918,204,774.60	513,800,439.40	127.05
<b>Extremo con cambio en todas las variables</b>						
Con 5% cambio en CO <sub>2</sub>	45,080,477.00	113,063,078.28	404,404,335.20	1,014,257,214.02	609,852,878.82	150.80

## Conclusión

Según las pruebas realizadas al modelo posible que fue estimado, los coeficientes calculados son del tipo MELI, por lo tanto, son confiables y pueden utilizarse para hacer otras estimaciones. Aunque el modelo posible es una forma muy reducida del modelo ideal, sirve para dar una idea al lector del impacto que tiene el cambio climático sobre la salud de la población. Este impacto medido en el presente trabajo parece importante, ya que los coeficientes estimados son altos. Basta con hacer un pequeño análisis de estos resultados para notar que la alteración climática puede ser un gran peligro para la población mexicana. Se presenta este análisis a continuación:

La temperatura media afecta a la salud de la población mexicana (en los términos estudiados con las enfermedades tomadas en cuenta) en 12%, es decir, que dado un aumento de un punto porcentual en la temperatura media, el aumento sobre los casos registrados de las enfermedades tomadas en cuenta es de 12%. En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, el impacto de éstas sobre la salud de la población es de 5%. De manera que, si las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentan, y como se sabe ahora, esto genera un aumento de la

temperatura, el impacto sobre la salud de la población es una suma de ambos factores, es decir, este impacto no sólo proviene del aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y lo que éstas generen, sino que dentro de la cadena de consecuencias de estas emisiones, se encuentra el aumento de la temperatura, el cual se suma al impacto total y, como se observó, se suma con una fuerza considerable debido al coeficiente de 12% estimado en el modelo. Por su parte, la producción alimentaria tiene, en sus dos ramas, la producción pecuaria y la agrícola, coeficientes negativos, por lo que se puede concluir que una buena alimentación hace a la población más fuerte; sin embargo, como se expuso en el presente trabajo, uno de los efectos del cambio climático es la reducción de la productividad tanto en el campo, afectando la producción de alimentos, lo cual es un impacto más que se suma a las emisiones de CO<sub>2</sub> al impacto por el aumento de la temperatura.

Se observa entonces que el cambio climático parece peligroso para la población mexicana, esto sin tomar en cuenta los demás impactos que el modelo ideal contempla. De manera que, se podría decir que lo que se observa en el modelo posible, es simplemente una fracción de lo que realmente representa el cambio climático como un problema no sólo nacional sino mundial.

Por el lado económico del análisis del cambio climático presentado en el presente trabajo, se observa que en efecto, el cambio climático representa un gasto para el gobierno. Es importante mencionar que este aumento del gasto sucedería siempre y cuando el Estado esté dispuesto a asumirlo, es decir, que en una de las situaciones presentadas de aumento del cambio climático el Estado estuviera dispuesto, y en la posibilidad de actuar a través de su presupuesto para contrarrestar los efectos que dicho fenómeno climático ocasionara sobre la población. Una vez más, se hace énfasis en que este costo extra para el Estado fue calculado con un modelo simplificado, de manera que en la realidad, la suma de todos los impactos generados por la alteración climática podría resultar en consecuencias mayores, en este caso, para el Estado y su presupuesto. Se observa que en el “mejor de los casos” el gasto público aumentaría en 52% con respecto al gasto ejercido en el año 2010, mientras que en el peor de los casos más leves, este porcentaje aumenta a 223%. Al mismo tiempo, si se toma en cuenta el escenario considerado *extremo* en donde el aumento de la

temperatura es el mayor estimado por el IPCC, los impactos a la salud son tan severos que carecen de sentido.

En conclusión, el cambio climático es un riesgo grande que corre la población de México tanto por los impactos directos que éste tiene sobre la salud de ésta como por las cuestiones económicas que surgen de dichos impactos, como lo es el posible aumento del gasto de gobierno.

## Capítulo VI: Conclusiones

I. Existen dos caras del efecto invernadero del cual parten tanto el calentamiento global como el cambio climático generado por éste último: la cara positiva, que es aquella que se refiere al efecto invernadero como el fenómeno necesario para la vida en el planeta y que sucede de manera natural como resultado de la interacción entre los gases de efecto invernadero contenidos en la atmósfera con la radiación solar y los océanos; y la cara negativa, que es aquella que se refiere al efecto invernadero “excesivo”, el cual parte de las mismas relaciones que aquel natural, pero que se vuelve excesivo debido al aumento en las emisiones de GEI que son resultado de la actividad humana relacionada con la quema de combustibles fósiles. Es esta cara negativa del efecto invernadero es el punto de partida para el calentamiento global y, por lo tanto, para el cambio climático.

II. Existen consecuencias que los cambios en la temperatura global, generados por el calentamiento global, tienen de manera intrínseca. En síntesis, el cambio climático afecta el medio ambiente en diferentes dimensiones, las cuales pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Aumento en el nivel del mar (ANM) e impacto en las costas
- Ecosistemas y biodiversidad
- Recursos acuáticos, desertificación y sequías
- Agricultura y seguridad alimentaria

Estas alteraciones a los diferentes ecosistemas en los que se desarrolla el ser humano afectan directa e indirectamente a éste en varias dimensiones, entre éstas, una serie de enfermedades que se desarrollan como resultado de la alteración climática, así como de las condiciones básicas necesarias para que el ser humano pueda desarrollarse sanamente (aire limpio, agua potable, albergue adecuado, disponibilidad de alimentos y libertad de enfermedades) arriesgando a la población mundial.

III. El grado en el cual una región se ve afectada por el cambio climático depende altamente de las características tanto geográficas y climatológicas, como aquellas socioeconómicas con las que cuenta dicha región. En el caso de México, éste es un país altamente vulnerable al cambio climático debido, no sólo a sus características geográficas y por lo tanto climáticas y ecosistémicas, sino también a aquellas socioeconómicas.

Es posible concluir que los problemas de salud que se han relacionado a los efectos del cambio climático, en el caso de México, podrían derivar en dificultades sociales, debido a que la población en este país es altamente vulnerable según los parámetros tomados en cuenta. Estas dificultades sociales reflejadas en una serie de necesidades tendrían que ser, según las obligaciones del gobierno mexicano, cubiertas por el Estado. Por lo tanto, dado el aumento de las enfermedades derivadas del cambio climático, el Estado tendría que actuar a través de su presupuesto, para asegurar que las instituciones de salud pública cuentan con la capacidad de atención de dichas enfermedades crecientes, procurando el bienestar de la población. Esta actuación del Estado se tendría que ver reflejada en las cuentas de éste, ya que se tendría que hacer un mayor gasto en el sector salud.

IV. Se observa que el cambio climático es capaz de generar una serie de costos en diferentes áreas tales como la producción alimentaria y el abastecimiento de agua tanto público como al campo. Estos costos son importantes para el presente trabajo debido a que se generan por cuestiones relacionadas con la salud de la población. Es decir, que además del costo que el cambio climático genera que se puede contabilizar directamente como “costos para la salud” existen estos otros costos que suceden por la deficiencia de la producción alimentaria y de la pobre existencia, y por lo tanto del abastecimiento, de agua potable que se suman a los mencionados en primer lugar. De manera que, la contabilización de los costos del cambio climático relacionados con la salud de la población es muy amplia si se toman en cuenta todas las circunstancias relacionadas.

En el caso de México, incurrir en costos “extra” a aquellos existentes en el presente es sumamente peligroso debido a las condiciones socioeconómicas del país, por lo que, de aumentar el cambio climático, México se vería presionado por estos nuevos costos mencionados.

V. Según las estimaciones realizadas, el cambio climático afecta positivamente al número de casos de dengue, paludismo, leishmaniasis y fiebre tifoidea, lo cual implica un aumento del gasto de gobierno en salud, comprobando la hipótesis del presente trabajo. En los casos elaborados, el aumento del gasto de gobierno según los casos de salud relacionados con el cambio climático es evidente, en el sentido de que no es difícil darse cuenta de la diferencia, ya que aún en el más moderado de los escenarios de cambio climático el porcentaje de cambio entre el gasto público en salud llevado a cabo en el año 2010 y el posible gasto calculado de aumentar la temperatura media del país en 0.4°C (1.9% de aumento con respecto a la temperatura media registrada para 2010) mientras las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentan sólo en 5% (el aumento más bajo utilizado en el presente trabajo), y sin tomar en cuenta la disminución en la producción pecuaria y de granos básicos, es de 52%. Es decir, en el “mejor” de los casos contemplados, el gobierno aumentaría el gasto en salud en 52% debido solamente a las afectaciones del cambio climático. Ahora bien, es claro como los escenarios se vuelven más pesimistas cuando se suma el efecto de la disminución en la producción alimentaria. Esto sucede por la razón ya mencionada de que una población desnutrida es más vulnerable a las consecuencias del cambio climático sobre la salud. En el último escenario contemplado, el más *extremo*, en el cual se toman en cuenta tanto las alteraciones de temperatura y de las emisiones de CO<sub>2</sub>, como aquellas en la producción alimentaria, las consecuencias del cambio climático parecen atroces. No sólo el gasto público en salud aumenta en 150%, el número de enfermos es casi el total de la población contemplada actual, la cual, según las proyecciones de CONAPO (2010) es de 116,901,761. Aún si se toma en cuenta la población de 2020 (125,016,451 habitantes según la proyección de CONAPO de 2010) debido a que las estimaciones utilizadas en los cálculos presentes son proyecciones para el año 2020, la proporción de ésta cuya salud se vería afectada es impactante. Esto quiere decir que si logran hacerse realidad las estimaciones del IPCC en los escenarios más extremos de aumento de temperatura para Latinoamérica y de disminución de producción alimentaria, casi el total de la población de México estaría en riesgo.

De manera que el cambio climático es un problema verdadero que el mundo está enfrentando y que amenaza con empeorar al paso del tiempo si no se toman las medidas

necesarias, afectando a la población mundial en diferentes niveles, siendo los individuos más afectados aquellos que residen en países como México, cuyas condiciones actuales de salud y bienestar no son óptimas. Y no se trata de tender al fatalismo, se trata de generar una consciencia social a nivel nacional que tenga presente el hecho de que el medio ambiente es la base de la vida y que de ser alterado, es esta vida la que se pone en riesgo. Desde el último siglo, la vida en el país ha llevado un ritmo de crecimiento acelerado en diferentes aspectos con base en políticas que poco han reflexionado sobre el bien o el mal que el tipo de crecimiento industrial que México ha intentado, hace sobre el medio ambiente y es justamente esta falta de reflexión o ignorancia la que ha llevado a fenómenos como el cambio climático a actuar en detrimento de la población.

Dados los resultados obtenidos, se esperaría que la sociedad mexicana tomara en serio el tema ambiental y se diera cuenta que la inversión en soluciones como el uso de energías renovables, no sólo podrían llegar a reducir costos financieros tanto para el gobierno como para las empresas y los hogares, sino también podrían otorgar a la sociedad un mejor nivel de vida basado en la disminución de amenazas contra su salud, entre otros aspectos que contribuyen al bienestar social. Es por esto que resulta necesario que el gobierno mexicano tome el papel de liderazgo que le corresponde y se esfuerce en aumentar la importancia del medio ambiente en las políticas públicas, diseñando éstas de manera en que la población colabore fácilmente en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, facilitando, entre otros, la inversión estratégica en sistemas de generación de energía limpia.

Por otra parte, tomando en cuenta la comprobada importancia del medio ambiente, parece relevante y necesario que las instituciones encargadas de la información en México, así como aquellas relacionadas con el medio ambiente y los recursos naturales, den mayor importancia a la investigación y generación de bases de datos que resulten útiles para la investigación en torno al medio ambiente, ya que toda política pública debe estar basada en una profunda investigación de aquello sobre lo que se aplicará, y al no existir información confiable y útil por parte de las instituciones responsables, es común toparse con el triste caso de políticas públicas y programas poco eficientes que en el largo plazo terminan por generar costos altos sin ningún beneficio importante para la sociedad.

## Anexo I: Estimación del posible gasto de gobierno en salud

### AI.1 Escenario moderado

#### a. Cambios sólo en las emisiones de CO<sub>2</sub> y Temperatura media

Datos	
Emisiones CO2	
Porcentaje de aumento	5%
Temperatura	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	0.4
Aumento porcentual	1.90

Datos	
Emisiones CO2	
Porcentaje de aumento	10%
Temperatura	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	0.4
Aumento porcentual	1.90

Datos	
Emisiones CO2	
Porcentaje de aumento	15%
Temperatura	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	0.4
Aumento porcentual	1.90

#### Escenario moderado con 5% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.30	29.54
LTM	12.04	0.23	22.94

Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	13,318,697.84	<b>68,741,898.52</b>
	10,342,723.68	

Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>616,664,321.70</b>

### Escenario moderado con 10% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.59	59.09
LTM	12.04	0.23	22.94



Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	26,637,395.68	<b>82,060,596.36</b>
	10,342,723.68	



Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>736,142,630.38</b>

### Escenario moderado con 15% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.89	88.63
LTM	12.04	0.23	22.94



Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	39,956,093.53	<b>95,379,294.20</b>
	10,342,723.68	



Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>855,620,939.07</b>

**b. Cambios en todas las variables**

Datos	
Emisiones CO2	
Porcentaje de aumento	5%
Temperatura	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	0.4
Aumento porcentual	1.90
Producción granos básicos	
Aumento porcentual	-2.5
Producción pecuaria	
Aumento porcentual	-2.5

Datos	
Emisiones CO2	
Porcentaje de aumento	10%
Temperatura	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	0.4
Aumento porcentual	1.90
Producción granos básicos	
Aumento porcentual	-2.5
Producción pecuaria	
Aumento porcentual	-2.5

Datos	
Emisiones CO2	
Porcentaje de aumento	15%
Temperatura	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	0.4
Aumento porcentual	1.90
Producción granos básicos	
Aumento porcentual	-2.5
Producción pecuaria	
Aumento porcentual	-2.5

### Escenario moderado con 5% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.30	29.54
LTM	12.04	0.23	22.94
LGBASICO	-3.21	0.08	8.01
LPECUARIA	-1.54	0.04	3.86

Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	13,318,697.84	<b>74,095,562.43</b>
	10,342,723.68	
	3,612,740.41	
	1,740,923.50	

Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404.404.335.2	<b>664,690,541.41</b>

### Escenario moderado con 10% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.59	59.09
LTM	12.04	0.23	22.94
LGBASICO	-3.21	0.08	8.01
LPECUARIA	-1.54	0.04	3.86



Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	26,637,395.68	<b>87,414,260.27</b>
	10,342,723.68	
	3,612,740.41	
	1,740,923.50	



Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>784,168,850.09</b>

### Escenario moderado con 15% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.89	88.63
LTM	12.04	0.23	22.94
LGBASICO	-3.21	0.08	8.01
LPECUARIA	-1.54	0.04	3.86



Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	39,956,093.53	<b>100,732,958.11</b>
	10,342,723.68	
	3,612,740.41	
	1,740,923.50	



Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>903,647,158.78</b>

## AI.2 Escenario extremo

### a. Cambios sólo en las emisiones de CO<sub>2</sub> y Temperatura media

<b>Datos</b>	
<b>Emisiones CO2</b>	
Porcentaje de aumento	5%
<b>Temperatura</b>	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	1.7
Aumento porcentual	8.1

### Escenario extremo con 5% aumento de CO<sub>2</sub>

Estimación

Variable	Coeficiente	Aumento en LS (Coeficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.30	29.54
LTM	12.04	0.98	97.51



Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	13,318,697.84	<b>102,355,750.47</b>
	43,956,575.63	



Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>918,204,774.60</b>

### b. Cambios en todas las variables

<b>Datos</b>	
<b>Emisiones CO2</b>	
Porcentaje de aumento	5%
<b>Temperatura</b>	
Dato base 2010 (°C)	21
Aumento (°C)	1.7
Aumento porcentual	8.1
<b>Producción granos básicos</b>	
Aumento porcentual	-5
<b>Producción pecuaria</b>	
Aumento porcentual	-5

### **Escenario extremo con 5% aumento de CO<sub>2</sub>**

Estimación

Variable	Coficiente	Aumento en LS (Coficiente * % de aumento o disminución)	Aumento porcentual en S
LCO2MUN	5.91	0.30	29.54
LTM	12.04	0.98	97.51
LGBASICO	-3.21	0.16	16.03
LPECUARIA	-1.54	0.08	7.72



Valor S en 2010	Aumentos	SALUD*
45,080,477.00	13,318,697.84	<b>113,063,078.28</b>
	43,956,575.63	
	7,225,480.82	
	3,481,846.99	



Gasto en salud 2010(miles de pesos)	Gasto calculado para SALUD* (miles de pesos)
404,404,335.2	<b>1,014,257,214.02</b>

## Fuentes de información

Angulo Guerrero, A. J. (2010). "Relación entre el crecimiento económico y medio ambiente: la U ambiental de Kuznets". *Desarrollo Local Sostenible* , 10-15.

Aroche, F. (1999). *"Reformas estructurales y composición de las emisiones contaminantes industriales. Resultados para México"*. Santiago de Chile, Chile: Naciones Unidas.

Barker, P. (19 de julio de 2010). "Océanos desempeñan un papel importante en el clima". (N. Mercado, Entrevistador) Earth Sky.

Betanzos Reyes, Á. F. (2011). "La malaria en México. Progresos y desafíos hacia su eliminación". *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* , 159-168.

Centro de Transporte Sustentable de México A.C. (2010). *"Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas. Fase IV. Informe final"*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología.

Cheng, J. J., Schuster-Wallace, C. J., Watt, S., Newbold, B. K., & Mente, A. (2012). "An Ecological Quantification of the Relationships Between Water, Sanitation and Infant, Child and Maternal Mortality". *Environmental Health* , 4-11.

CIDE. (2008). *"Manual para el Banco de información de las cifras de gasto"*. Mexico D.F.: Centro de Investigación y Docencia Económicas.

Cline, W. (1992). *"The Economics of Global Warming"*. Washington, United States: Institut for International Economics.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2009). *"Biodiversidad Mexicana"*. Recuperado el 14 de noviembre de 2012, de País: <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>

Conde, C. (2006). *"México y el cambio climático global"*. México D.F.: Dirección General de Divulgación de la Ciencia Universidad Nacional Autónoma de México.

CONEVAL. (2011). *"Pobreza en México y en las Entidades Federativas 2008-2010"*. México D.F.: CONEVAL.

CONEVAL. (2011). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. Recuperado el 22 de noviembre de 2012, de "Medición de la pobreza": <http://web.coneval.gob.mx/Paginas/principal.aspx#.UK6BaeTWiVo>

Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K., Hauengue, M., Kovats, R., y otros. (2007). *"Human health. ClimateChange 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change"*. Cambridge: Cambridge University Press.

Consejo Nacional de Población. (2006). *"Resultados Preeliminares del II Censo de Población y Vivienda 2005"*. México D.F.: CONAPO.

Cuatecontzi, D. H., & Gasca, J. (2004). "Los gases regulados por la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático". En J. Martínez, & A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México* (págs. 87-89). México D.F.: INE-SEMARNAT.

Daily, G. C. (1997). *"Nature Service's, Societal Dependence on Natural Ecosystems"*. Washington D.C.: Island Press.

Enciso, A. (12 de enero de 2012). "Crisis alimentaria en México ante sequía en 50% de los municipios, alerta SEMARNAT". *La Jornada*, pág. <http://www.jornada.unam.mx/2012/01/12/sociedad/039n1soc>.

Escalante Semerena, R., & Aroche Reyes, F. (2003). *"Instrumentos Económicos para la gestión ambiental. el caso de los aceites lubricantes usados en México"*. México: FE-UNAM-DGAPA.

Fernández, J. L. (2004). "Registro histórico de los principales países emisores". En J. Martínez, & A. Fernández, *Cambio Climático: Una visión desde México* (págs. 99-108). México D.F.: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT.

Fischlin, A., Midgley, G., Price, J., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., y otros. (2007). Ecosystems, their properties, goods and services. *"Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Group II Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate Change."* , 211-272. (M. Parry, O. Canziani, J. Paultikof, P. van der Linden, & C. Hanson, Edits.) Cambridge: Cambridge University Press.

Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (octubre de 2012). "Pierde México 125 especies endémicas". *Gaceta Electrónica Innovación. Un mundo de infinitas posibilidades* . <http://www.foroconsultivo.org.mx/innovacion.gaceta/component/content/article/177-innovadores/240-pierde-mexico-125-especies-endemicas>.

Frederik, K. (1997). *"Climate Change and Water Resources"*. Washington D.C.: Resources for the Future, Climate Issues Briefs.

Galindo, L. M. (2010). *"La economía del cambio climático en México"*. México D.F.: SEMARNAT.

Galindo, L. M., & Aroche, F. (2000). *"Cambio climático y fundamentos económicos: el caso de México"*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología, Banco Mundial.

Garduño, R. (2004). "¿Qué es el efecto invernadero?". En A. F. Julia Martínez, *Cambio climático: Una visión desde México* (págs. 29-39). México D. F.: Instituto Nacional de ecología.

Gian-Reto, W., Post, E., Convey, P., & al, e. (2002). "Ecological responses to recent climate". *Nature* , 416.

Gosling, S. N., Warren, R., Arnell, N. W., & al., e. (2011). "A Review of Recent Developements in Climate Change Science. Part II: The Global - scale Impacts of Climate Change". *Progress in Physical Geography* , 443 - 446.

Greenpeace. (octubre de 2011). Documental: "Deforestación en México". México D.F.: <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Multimedia1/Videos/Videos-2011/Videos-octubre/Deforestacion-en-Mexico/>.

Greenpeace México. (2010). *"México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación"*. México: Greenpeace México.

Grupo Consultor de Mercados Agrícolas. (2011). *"Análisis de los mercados nacionales de productos agrícolas básicos"*. México D.F.: SAGARPA.

Halweil, B. (marzo/abril de 2005). "L'ironie du climat". *L'État de la Planète* , 1-7.

Henry M. Peskin, Marian S. de los Angeles. (2001). "Accounting For Environmental Services: Contrasting the SEEA and the ENRAP Approaches". *Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA)* , 47 (2).

Hidlago, H. G., & Alfaro, E. J. (2012). "Some Physical and Socioeconomic Aspects of Climate Change in Central America". (SAGE, Ed.) *Progress in Physical Geography* .

Ibarrarán Viniegra, M. E., & Rodríguez Segura, M. (2007). *"Estudio sobre economía del cambio climático"*. México D.F.: INE-Universidad Iberoamericana de Puebla.

Instituto Nacional de Ecología. (2005). *"Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2002"*. México D.F.: Instituto Nacional de Ecología - Semarnat.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2011). *INEGI*. Recuperado el 30 de mayo de 2012, de "Información geográfica": <http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/camp/agri.cfm?c=444&e=05>

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (junio de 2012). *Cuentame*. Recuperado el 06 de junio de 2012, de "Información por entidad": <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/camp/territorio/clima.aspx?tema=me&e=04>

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2007). *"Clasificación de instituciones de salud"*. México: INEGI.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística. (2011). *"Estadísticas a propósito del día mundial de la lucha contra la desertificación y la sequía"*. Aguascalientes: INEGI.

Intriligator, M. D. (1989). *"Modelos econométricos, técnicas y aplicaciones"*. México, México: Fondo de Cultura Económica.

IPCC. (1996). *"Climate Change 1995: The Scientific Basis. Group I, Second Assessment Report"*. Cambridge: WMO-UNEP: Cambridge University Press.

IPCC. (2007). *"Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Group II, Fourth Assessment Report"*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

IPCC. (2007). *"Climate Change 2007: The Scientific Basis. Group I, Fourth Assessment Report"*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

Juan Pablo Guerrero Amparán, Fernando Patrón Sánchez. (2008). *"Manual sobre la clasificación administrativa del Presupuesto Federal en México. Programa de Presupuesto y Gasto Público"*. Mexico D.F.: Centro de Investigación y Docencia Económicas.

Juan Pablo Guerrero Amparán, Yailen Valdés Palacio. (2008). *"Manual sobre la clasificación económica del Gasto Público. Programa de Presupuesto y Gasto Público"*. México D.F.: Centro de Investigación y Docencia Económicas.

Juáregui Ostos, E. (2000). *"El clima en la Ciudad de México"*. México D.F.: Plaza y Valdés Editores.

KFW Entwicklungs Bank. (2009). *"Klimawandel und Entwicklungsländer. Zuerst getroffen - kaum Vorbeitet"*. Frankfurt: Welt sichten.

Kromp-Kolb, H., & Formayer, H. (2008). *"Schwarzbuch Klimawandel. Wie viel Zeit bleibt uns noch?"*. Salzburg, Austria: Ecwin.

Lara-Lara, J. R., Arreola Lizárraga, J. A., Calderón Aguilera, L. E., Camacho Ibar, V. F., de Lanza Espino, G., Escofet Giasone, A. M., y otros. (2008). "Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales". *Capital Natural de México , Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*, 109-134.

Lema, I. I. (Octubre-diciembre de 2002). "El cambio climático y la salud humana". *Gaceta Ecológica del Instituto Nacional de Ecología* .

Levitus, s., Antonov, J., & Boyer, T. (2012). "Warming of the World Ocean, 1955-2003". *Geophysical Research Letters* .

McKinnon, A. (2006). "*CO2 Emissions from Freight Transport in the UK*". Logistics Research Centre. Edinburgh: Heriot-Watt University.

McMichael, C., Barnett, J., & McMichael, A. J. (2012). "An Ill Wind? Climate Change, Migration and Health". *Environmental Health Perspectives* , 646-654.

Naciones Unidas. (1998). "*Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*". Naciones Unidas.

NASA. (02 de enero de 2005). NASA. Recuperado el 28 de enero de 2012, de "Goddard Institute for Space Studies": [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/noaa-n/climate/climate\\_weather.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html)

National Research Council of the National Academies, Board on Life Sciences. (2008). "*Ecological Impacts of Climate Change*". Washington D.C.: The National Academies Press.

OCDE. (2012). "*OCDE Health Data. How Mexico compares*". OCDE.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2001). "El estado de la inseguridad alimentaria: la población se ve obligada a convivir con el hambre, y teme morir de inanición". Roma, Italia: FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (junio de 2012). "Food Security and Climate Change. A Report by the High Level Panel of Experts on food Security and Nutrition". *High Level Panel of Experts 3* . Roma, Italia: FAO.

Organización Mundial de la Salud. (2009). *"Protecting Health from Climate Change: connecting science, policy and people"*. Dinamarca: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.

Oyarzun, D. A. (2002). *"Introducción a la economía ambiental"*. Madrid, España: McGraw-Hill.

Prüss, A., Kay, D., Fewtrell, L., & Bartram, J. (2002). "Estimating the Burden of Disease from Water, Sanitation and Hygiene at a Global Level". *Environmental Health Perspectives* , 110 (5), 537-542.

Quiggin, J. (2009). *"Uncertainty and Climate Change Policy"*. Australia: University of Queensland.

Riojas Rodríguez, H., & otros. (2006). *"Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México"*. México D.F., Mévico: Instituto Nacional de Ecología.

Roger G. Barry, Richard J. Chorley. (2003). *"Atmosphere, Weather and Climate"* (octava edición ed.). New York: Routledge.

Romero Polanco, E. (26 de enero de 2012). "Sequía pone en riesgo a más de 2 millones de personas en México". (N. Univisión, Entrevistador) <http://noticias.univision.com/mexico/noticias/article/2012-01-26/sequia-pone-en-riesgo-a#axzz2Bf27hgkC>.

Rosenzweig, L., & Rattinger, M. (junio de 2007). "México y el cambio climático". *Letras Libres* , 20-25.

SAGARPA. (2011). *"Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020"*. México D.F.: SAGARPA.

Secretaría de Salud. (2007). *"Programa Nacional de Salud 2007-2011. Por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud"*. México: Secretaría de Salud.

Semarnat - Cambio climático. (18 de agosto de 2010). *Cambio climático*. Recuperado el 17 de octubre de 2012, de "Acciones de México": <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/acciones-de-mexico.html#inventarios>

Semarnat. (2009). *"Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones"*. México D.F.: Semarnat.

SEMARNAT-INE. (2010). *"Programa para mejorar la calidad del aire de la zona metropolitana del Valle de México 2002-2010"*. México D.F.: SEMARNAT.

Severinhaus, J. (1999). *"Climate Change Science: Abrupt Climate Change"*. Berkley U.S.: Institute on Global Conflict and Cooperation.

Stern, N. (2006). *"Stern Review on the Economics of Climate Change"*. London: Cabinet Office, HM Trasury.

UNICEF. (2010). *UNICEF México*. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de "Salud y Nutrición": <http://www.unicef.org/mexico/spanish/17047.htm>

University of Copenhagen. (2009). *"Rapport de synthèse. Changement climatique. Risques, défis et décisions au niveau mondial"*. Dinamarca: University of Copenhagen.

Vallée, A. (2002). *"Economie de l'environnement"*. Paris, Francia: Points.

Wilby, R. L., & Keenan, R. (2012). "Adapting to flood risk under climate change". *Progress in Physical Geography*, 349 - 378.

Wooldridge, J. M. (2010). *"Introducción a la econometría. Un enfoque moderno"* (4a ed.). México, D.F.: Cengage Learning Editores.

Fuentes Estadísticas:

Dirección General de Información en Salud (DGIS). Base de datos de egresos hospitalarios por morbilidad en Instituciones Públicas, 2004-2007. [en línea]: Sistema Nacional de

Información en Salud (SINAIS). [México]: Secretaría de Salud.  
<http://www.sinais.salud.gob.mx> [Consulta: 20 de diciembre 2012].

Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).  
Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). [en línea]:  
<http://www.siap.gob.mx> [Consulta 23 de diciembre de 2012].

Sistema Meteorológico Nacional (SMN). Climatología. Temperatura y precipitación.  
Temperatura media por entidad federativa. [en línea]: <http://smn.cna.gob.mx> [Consulta: 17  
de diciembre de 2012].

The Global Carbon Project. CO2 Global Budget 2010. [en línea]:  
<http://www.globalcarbonproject.org> [Consulta: 18 de diciembre de 2012].

World Bank. World Data Base. World Development Indicators. Environment. CO2  
Emissions in kt. [en línea]: <http://databank.worldbank.org> [Consulta: 18 de diciembre de  
2012].