



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## FACULTAD DE ECONOMÍA

ESPECIALIDAD EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO: UNA VISIÓN DEL  
ESTADO DE GUERRERO

### TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLOGICA

P R E S E N T A:

**ROBERTO ORBE COLÓN**

DIRECTORA DE TESINA:

Mtra. KARINA CABALLERO GUENDULAIN

Ciudad Universitaria, Febrero del 2011.

---





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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

I. El mundo y el cambio climático

1.1 La base científica 6

1.2 ¿Qué es el Cambio Climático? 7

1.2.1 El Efecto Invernadero 9

1.3 El Ciclo del Carbono 10

1.4 Focos de emisión 11

1.5 La perspectiva mundial del Cambio Climático 16

1.6 El estudio de cambio climático 21

2. Salud y Cambio Climático 23

2.1 El Dengue 25

2.2 Evolución del dengue en México 27

2.3 El dengue en Guerrero 32

3. Evidencia 33

3.1 Evidencia en México 35

3.2 Estudio en el Estado de Guerrero 36

3.2.1 Desarrollando el modelo 37

4. Reflexiones finales 49

Bibliografía 51

## Índice de figuras

Figura 1. Efecto Invernadero	9
Figura 2. Ciclo del carbono	10
Figura 3. Emisiones de México. Cuarta Comunicación ante la CMNUCC	13
Figura 4. Emisiones de CO <sub>2</sub> per cápita vs PIB per cápita año 2000	14
Figura 5. Concentraciones de gases de efecto invernadero del año 0 al 2005	15
Figura 6. Triada Epidemiológica	23
Figura 7. Cambio Climático y Salud	24
Figura 8. Evolución del dengue	27
Figura 9. Factores del dengue	28
Figura 10. Incidencia de Dengue en la región Sureste	30
Figura 11. Casos de dengue histórico	31
Figura 12. Casos de Dengue 2001-2010	32
Figura 13. Casos de dengue 2001-2010	33
Figura 14. Mapa de casos de dengue en el mundo	35
Figura. 15 Pruebas de Raíces Unitarias	40
Figura 16. Modelo a Largo Plazo	41
Figura 17. Gráfico de Residuales	42
Figura 18. Pruebas de Raíces Unitaria del MECEB	43
Figura 19. Modelo a Corto Plazo MECEB	44
Figura 20. Prueba Jarque-Bera	45
Figura 21. Prueba Breusch-Godfrey	46
Figura 22. Prueba ARCH	46
Figura 23. Prueba White	46
Figura 24. Prueba Cusum	47
Figura 25. Prueba Cusum Cuadrada	47

---

# INTRODUCCIÓN

El fenómeno del Cambio Climático global es un tema sumamente debatido en la actualidad por la importancia de sus impactos en la sociedad global. El método científico ha demostrado la existencia del fenómeno desde su origen básico, vislumbrando su relación directa con las actividades humanas. Dichas actividades se han intensificado durante el último siglo a partir del avance industrial mundial, el cual nunca cuantificó los impactos futuros que se tendrían por la falta de un aprovechamiento no sustentable, dichos impactos se han traducido en efectos catastróficos.

El Cambio Climático altera de manera sistemática el desarrollo de los ciclos naturales, lo cual genera modificaciones y en los servicios ecosistémicos que proveen. En la actualidad la comunidad científica internacional ha llegado a la conclusión, de que si esta alteración en el sistema natural no es modificada, las pérdidas humanas serían de gran magnitud (IPCC, 2007). En el aspecto económico, el Cambio Climático condena a los países menos desarrollados a un inminente atraso, ya que estos no cuentan con la capacidad de mitigar los efectos de dicho fenómeno.

En el caso de los países en vías de desarrollo, el aumento en la temperatura tendrá afectaciones como la pérdida agrícola, movilidad humana, impacto de desastres naturales e incremento en las enfermedades transmitidas por vectores. Tal es el caso de América Latina el cual se prevé tenga daños directos en 50 millones de habitantes dentro de las zonas de alto riesgo natural. En este contexto entra México al encontrarse por encima del Ecuador, el fenómeno afectará directamente su sustentabilidad en recursos acuíferos, en el ámbito agropecuario, deforestación de bosques así como en el aumento de enfermedades. (Galindo, 2009)

Por este motivo el presente trabajo se enfoca en la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores (ETV's), principalmente el dengue, como consecuencia del cambio climático. Se parte de un panorama global hasta llegar a nuestra región de análisis, el estado de Guerrero, México, la cual cuenta con dos factores de vulnerabilidad ante el cambio climático que afectan de manera exponencial los daños colaterales resultantes. Estos dos factores son: situarse en una zona tropical y el extremo nivel de vulnerabilidad

social del estado. Vislumbrando estas características el estado cumple con factores claves para sufrir daños de gran importancia.

Guerrero es un estado con un desarrollo económico heterogéneo, el cual se ha concentrado principalmente en el sector primario y terciario, particularmente en agricultura y servicios turísticos. En este sentido la mayor parte del estado se dedica a la agricultura, particularmente la de autoconsumo, ya que casi el 60% de la producción se consume en las comunidades productoras y no se comercia (Anuarios Estadísticos, 2005). Este método de subsistencia se ve afectado directamente por los cambios en el ecosistema, ya que al cambiar los patrones de clima, los procesos de cultivo no estarán adaptados a los nuevos cambios, por otro lado al ser principalmente de autoconsumo, el efecto en las familias se verá reflejado de manera inmediata. (Orbe, 2009)

Este método de subsistencia en conjunto con un bajo nivel social, vulneran a los habitantes a la amenaza de la epidemia del dengue en el estado. Dicha dinámica económica obliga de manera natural a los habitantes a movilizarse de las regiones más alejadas a los centros económicos más importantes como son: Iguala, Altamirano, Tlapa, Zihuatanejo, Ometepec, Taxco y Acapulco. Estos nodos económicos se encuentran distribuidos en todo el Estado y permiten la expansión de la enfermedad por medio de los vectores.

En este sentido la tesis principal del trabajo es demostrar el impacto directo que tiene el Cambio Climático en la transmisión del dengue en el estado, así como presentar propuestas de política pública acordes a la región. El trabajo parte de estudiar el impacto con base científica sólida, con la finalidad de cuantificar por medio de pronósticos estadísticos (econométricos) el impacto real que el cambio climático tendrá en el mediano plazo. El trabajo utiliza datos generados por el Centro de Ciencias de la Atmósfera quienes forman parte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) así como de los datos oficiales de la Secretaría de Salud (SSA) y del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica (CENA VECE).

El trabajo se desarrolla en 4 partes, la primera referente a explicar el fenómeno de cambio climático y sus consecuencias basados en los estudios más recientes. La segunda parte aborda la evidencia que relaciona el fenómeno con las enfermedades transmitidas por

vectores, así como su situación en el estado de Guerrero. En la tercera parte demuestra con base en dos modelos estadísticos, uno surgido de manera oficial y otro desarrollado como parte del estudio para encontrar la similitud en sus resultados, así como las oportunidades metodológicas que representan. Finalmente se presentan propuestas de política pública para el estado a modo de conclusiones.

# **I. El mundo y el cambio climático**

## **1.1 La base científica**

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja. A diferencia del concepto tradicional de clima, como el promedio de alguna variable, hoy en día se piensa en este como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente, en diversas escalas de tiempo y espacio. Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos como inestabilidad en la atmósfera y/o el océano; o por forzamientos externos, como puede ser algún cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las características del planeta (concentración de gases efecto invernadero, cambios en el uso de suelo, etc.) resultado de la actividad humana. (Magaña, 2005).

Se sabe hoy en día que la humedad en el suelo también constituye un mecanismo de memoria que puede afectar el clima. Es por ello que la deforestación o la urbanización resultan en la variabilidad o cambio climático, al afectar la humedad que puede ser retenida por el suelo. En este sentido, sabemos de ciertos factores que pueden producir cambios en el clima, aunque no de manera precisa. Tal es el caso del cambio climático del último siglo. Es por ello que no fue sino hasta 1995 que un grupo de científicos reunidos en el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) sugirió que: “El balance de las evidencias sugiere que hay una influencia humana discernible en el clima global” (Ver el capítulo del IPCC, de Ma. Avalos en la sección II).

El problema de pronunciarse de manera definitiva respecto al cambio climático radica en que, a diferencia de los ciclo regulares de glaciaciones o de las estaciones, muchas formas de variabilidad natural de muy baja frecuencia del sistema climático apenas comienzan a explicarse y no es fácil diferenciarlas del cambio climático de origen antropogénico. Las anomalías del clima experimentadas en el último siglo, o por vivirse en las próximas décadas podrían incluir alteraciones en las formas como actualmente experimentamos la variabilidad interanual o interdecadal del clima. (Martínez, 2005)

Los impactos de un clima anómalo o extremo en diversos sectores de la actividad humana son lo que ha llevado a la sociedad, incluyendo sus instituciones de gobierno, a interesarse en el tema de cambio climático. Los países sin distinción en su desarrollo tienen apartados en su agenda de acción sobre el tema de cambio climático y sus principales impactos, pero para entender dichos impactos se debe entender en primer término como se determina dicho efecto.

## 1.2 ¿Qué es el Cambio Climático?

Por "cambio climático" se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (Artículo 1 de la Convención Marco sobre Cambio Climático). Según los estudios sobre Cambio Climático liderado principalmente por el IPCC afirman que cada vez tendremos climas más extremos y fenómenos climáticos más intensos. En general, los veranos serán más cálidos y los patrones de las lluvias se modificarán, dando lugar a lluvias más intensas en algunas partes y lluvias menos frecuentes en otras, aumentando así las sequías.

El IPCC ha concluido que el cambio climático es producto, principalmente, de la actividad humana. El uso intensivo de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gasolinas, diesel, gas natural y los combustibles derivados del petróleo) y la quema y pérdida de bosques son dos de las principales fuentes de este problema. *“Las anomalías del clima experimentadas en el último siglo, o por vivirse en las próximas décadas, podrían incluir alteraciones en las formas en como actualmente experimentamos la variación interanual e interdecadal del*



*clima. Eventos de El Niño más frecuentes o intensos, huracanes de mayor magnitud, ondas cálidas o frías más pronunciadas son algunas de las formas como la atmósfera podría manifestar las alteraciones climáticas resultado de la actividad humana”. (Magaña, 2004)*

También se teme que las capas de hielo que actualmente permanecen en las partes más frías del planeta (en los polos y en las montañas más altas) se vayan derritiendo, lo que aumentará el nivel medio del mar, inundando permanentemente amplias zonas costeras. Es muy fácil advertir que las consecuencias previstas del cambio climático afectarán nuestro ambiente inmediato y, por consiguiente, la manera en que todos vivimos en nuestro planeta. (INE, 2005)

El Cambio Climático por una anomalía de la acción efecto invernadero, resultado de la concentración de Gases Efecto Invernadero (GEI). *“La atmósfera es una mezcla de varios gases y aerosoles (partículas sólidas y líquidas en suspensión). Su composición es sorprendentemente homogénea, resultado de procesos de mezcla que en ella ocurren. El 50% de la masa de la atmósfera está concentrado por debajo de los 5 kilómetros sobre el nivel del mar y donde predominan dos gases: el Nitrógeno (N<sub>2</sub>, 78%) y el Oxígeno (O<sub>2</sub>, 21%).”* (Garduño, 2004).

De manera natural, la atmósfera está compuesta en un 78.1% de nitrógeno, un 20.9% de oxígeno, y el restante 1% por otros gases, entre los que se encuentran el argón, el helio, y algunos gases de efecto invernadero, como el bióxido de carbono (0.035%), el metano (0.00015%), el óxido nitroso (0.0000016%) y el vapor de agua (0.7%). Derivado de la actividad humana, una gran cantidad de gases han sido emitidos a la atmósfera, lo que ha cambiado ligeramente la composición de la misma.

En los últimos trescientos años la cantidad de bióxido de carbono aumentó de 280 a 368 miligramos por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup> o partes por millón); la de metano, de 0.7 a 1.75 mg/m<sup>3</sup>; y la de óxido nitroso, de 0.27 a 0.316 mg/m<sup>3</sup>. Esto significa que, en volumen, ahora el bióxido de carbono es el 0.046% de la atmósfera en lugar del 0.035%; el metano ahora es el 0.00037% en lugar del 0.00015%, y el óxido nitroso es el 0.00000187% en vez del 0.0000016%. Aunque estas concentraciones son muy pequeñas comparadas con las del oxígeno o el nitrógeno, el cambio en ellas realmente está afectando al planeta. (CCA, 2006)

## 1.2.1 El Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta al retener parte de la energía proveniente del Sol. La Tierra recibe de forma permanente un flujo de rayos solares; una parte de los rayos del Sol son reflejados al espacio por las nubes, pero la mayor parte de estas ondas luminosas atraviesan la atmósfera y alcanzan la superficie terrestre. La energía recibida del Sol calienta la superficie de la Tierra y los océanos.

A su vez, la superficie de la Tierra emite su energía de vuelta hacia la atmósfera y hacia el espacio exterior en forma de ondas térmicas conocidas como radiación de onda larga (radiación infrarroja). Sin embargo, no toda la energía liberada por la Tierra es devuelta al espacio; parte de ella queda atrapada en la atmósfera debido a la existencia de ciertos gases, denominados gases de efecto invernadero, que tienen la propiedad de absorber y re-emitar la radiación proveniente de la superficie de la Tierra.



Figura 1. Efecto Invernadero Fuente: Instituto Nacional de Ecología, 2010

Los gases de efecto invernadero atrapan el calor emitido por la Tierra y lo mantienen dentro de la atmósfera, actuando a modo de un "gigantesco invernadero". A este fenómeno se le

conoce como Efecto Invernadero. Sin los gases de efecto invernadero la Tierra sería demasiado fría para albergar la vida. Es importante señalar que no todo el calor que es absorbido por el efecto invernadero se mantiene en la atmósfera, sino que una parte regresa al espacio exterior. El clima terrestre depende, precisamente, del balance energético entre la radiación solar y la radiación emitida por la Tierra. Los gases de efecto invernadero son, como ya se ha reiterado, claves en este proceso. (BBC Mundo “CC Global. Efecto Invernadero)

### 1.3 El Ciclo del Carbono

Aunque apenas representa una fracción del volumen de la atmósfera (0.0035%) el bióxido de carbono es el gas más importante para el cambio climático. Desde 1889, el físico sueco Svante Arrhenius advirtió que las emisiones de dióxido de carbono resultado de actividades humanas podrían llevar a un cambio en el clima al aumentar la capacidad de la atmósfera para absorber radiación infrarroja y romperse el equilibrio entre la energía que entra y la que sale del planeta. (INE, 2005)

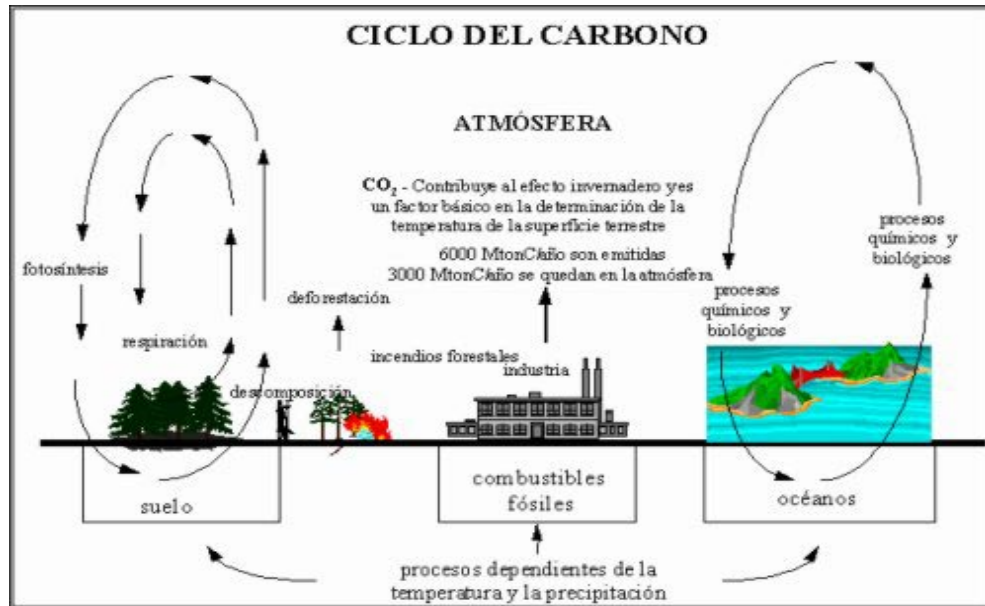


Figura 2. Ciclo del carbono Fuente: Instituto Nacional de Ecología

El bióxido de carbono es una de las varias formas que adquiere el carbono en un ciclo que cumple en la Tierra. A este ciclo se le conoce como el ciclo del carbono y tiene que ver con

los procesos de vida en el planeta ya que éste es permanentemente asimilado y liberado por los seres vivos. El problema es que la actividad humana ha alterado el ciclo del carbono al reducir la capacidad de absorción de carbono (al eliminar bosques) y al liberar a la atmósfera una gran cantidad de carbono acumulado por miles de años en los llamados hidrocarburos.

El ciclo del carbono explica y describe el flujo de carbono a través de la atmósfera, de los organismos vivos de la tierra (biósfera), de los suelos, rocas y sedimentos (geósfera), de los glaciares y cuerpos de agua (criósfera), y de los océanos. El carbono que es liberado por algún sistema es absorbido o depositado en otro. El carbono es uno de los elementos más abundantes en la naturaleza. Al carbono lo podemos encontrar en los océanos, en los suelos, en la atmósfera, en los seres vivos, y en muchos otros elementos. Los tejidos de nuestro cuerpo contienen carbono, así como los de plantas y animales. (Lozano, 2005)

El carbono existe generalmente combinado con otros elementos y puede ubicarse en sólidos, líquidos y gases. Es un elemento que se combina preferentemente con el oxígeno, el nitrógeno, el azufre, el fósforo y el hidrógeno y forma parte de diferentes tipos de compuestos orgánicos. Un ejemplo de esto son los hidrocarburos. Al quemar carbón, leña o combustibles, una parte del carbono contenido en ellos reacciona y forma bióxido de carbono, que es un gas, y se libera a la atmósfera, en donde permanece hasta ser asimilado de nuevo por medio de la fotosíntesis. Es decir, el carbono se encuentra en circulación constante. Esta circulación es parte de lo que se le llama ciclo del carbono. (INE, 2005)

## **1.4 Focos de emisión**

Debido a la relación entre los gases de efecto invernadero y el cambio climático, es importante identificar los sectores emisores de dichos gases y las cantidades que liberan. Lo anterior, permite conocer los sectores con mayor responsabilidad en la emisión de gases de efecto invernadero, y sirve de base para el diseño de políticas y acciones de captura o reducción de emisiones.

Las causas del incremento de las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera están bien identificadas. Estas son el uso industrial y doméstico de combustibles que contienen carbono (petróleo, carbón, gas natural y leña), la deforestación –que provoca la descomposición de la materia orgánica- y la quema de la biomasa vegetal. En el caso del metano son la agricultura, por ejemplo el cultivo de arroz, el uso de gas natural, los rellenos sanitarios, el aumento del hato ganadero, y la quema de la biomasa vegetal. Sin embargo, es el uso indiscriminado e ineficiente de los combustibles el principal generador de la tendencia actual. (Jaramillo, 2005)

Los porcentajes y períodos de aumento en las cantidades de carbono y metano indican que la transferencia de carbono hacia la atmósfera no responde a procesos naturales, sino más bien a formas de organización social y productiva. Estos aumentos en la cantidad de gases de efecto invernadero, resultado de actividades humanas, han ocasionado que un fenómeno benéfico para la vida -como lo es el efecto invernadero-, se torne en un tema de preocupación para los científicos, los políticos, y para la sociedad que se encuentra expuesta a las consecuencias de un cambio en el clima. (SEMARNAT, 2005)

Las emisiones de gases de efecto invernadero se estiman en 6 categorías contempladas por el Protocolo de Kioto:

- Energía (Consumo de combustibles fósiles y Emisiones fugitivas de metano)
- Procesos Industriales
- Solventes
- Agricultura
- Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS)
- Desechos

De acuerdo al **Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990 - 2002** (INEGEI), las emisiones en México en el año 2002, son de 553,329 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Sin considerar USCUS, lo que representa un incremento del 30% con respecto a 1990.

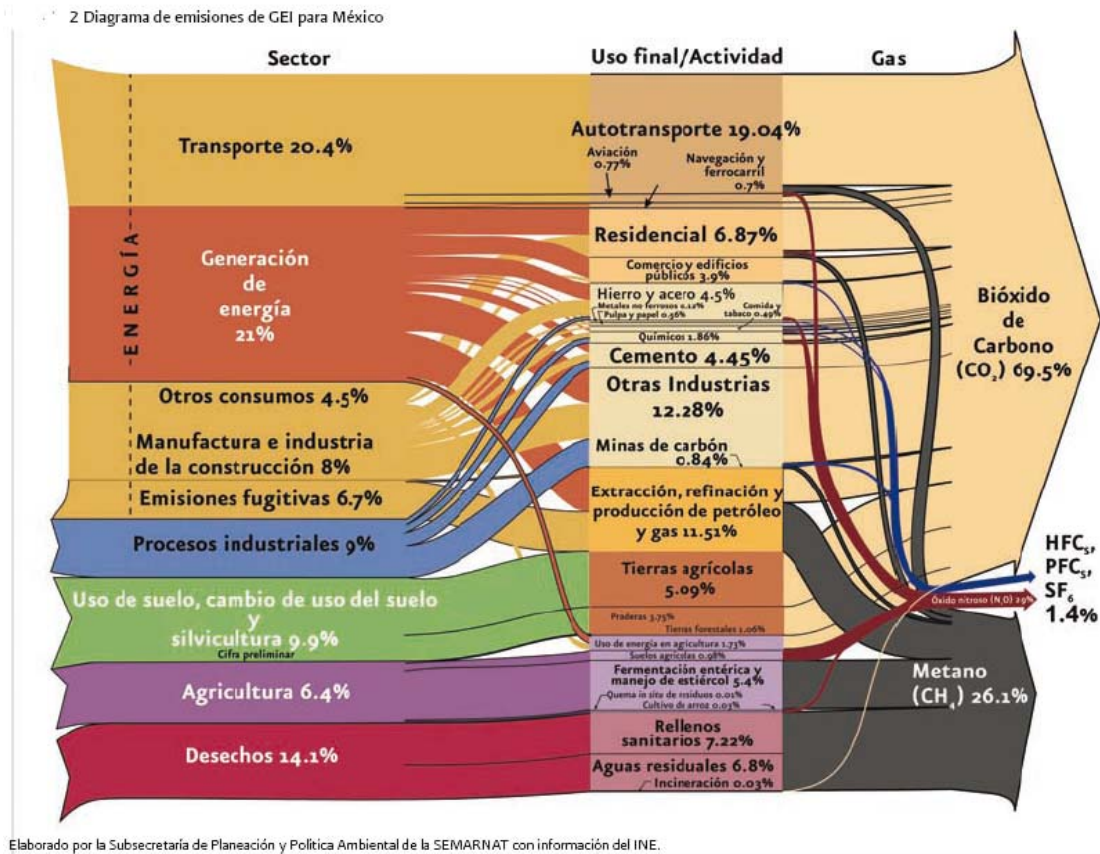
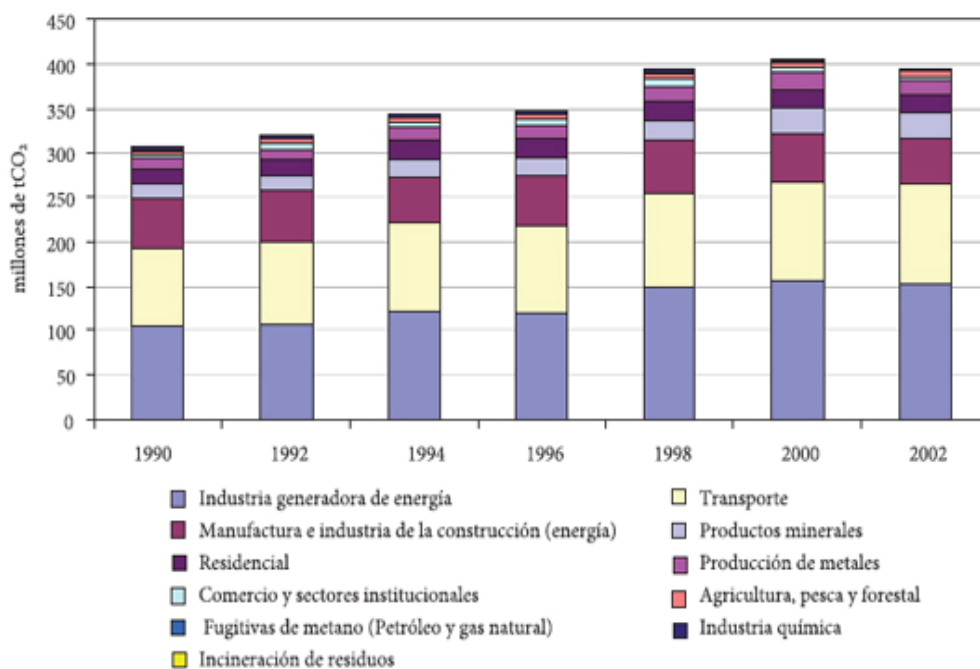


Figura 3. Emisiones de México. Cuarta Comunicación ante la CMNUCC

A nivel internacional, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles en el 2003 fueron de 24,221.63 millones de toneladas, excluyendo las emisiones provenientes de la aviación y la navegación internacionales. De acuerdo a las cifras reportadas, México ocupa el lugar 12 a nivel mundial en emisiones de CO<sub>2</sub>, con una contribución total del 374.25 millones de toneladas, lo que corresponde al 1.5%. (INE, 2005)

**Figura 4. Comparación internacional de emisiones co2 per cápita vs. Pib per cápita, 2000**



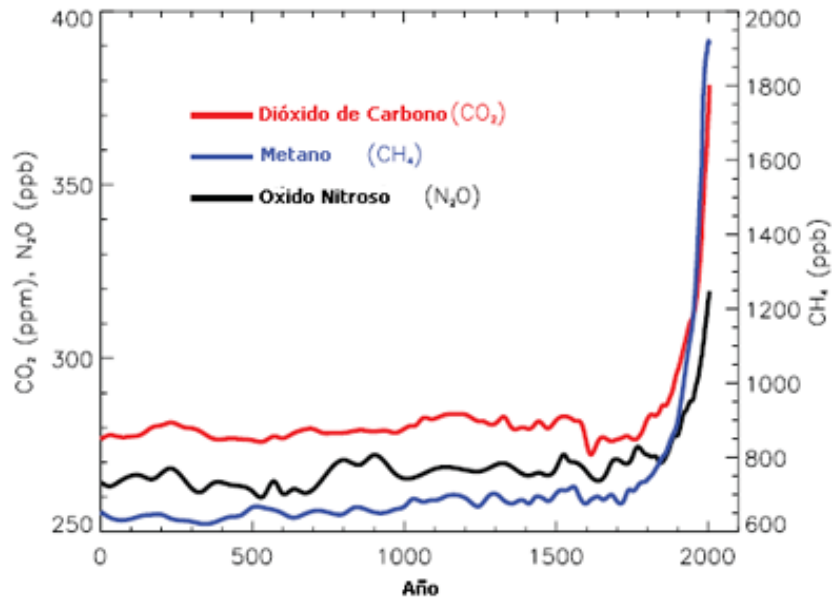
Fuente: Tercera comunicación nacional ante la CMNUCC

Estudios realizados sobre las concentraciones de gases en la atmósfera han revelado que las cantidades de los gases precursores del efecto invernadero, especialmente el bióxido de carbono, han aumentado sensiblemente. La quema de grandes porciones de bosques y vegetación para ampliar las tierras de cultivo, el uso masivo de combustibles fósiles y la intensidad de los procesos industriales han ocasionado, tan sólo durante el siglo XX, mayores concentraciones de gases efecto invernadero en la atmósfera. (INE, 2004)

Las actividades humanas resultan en emisiones de cuatro de los principales gases de efecto invernadero: (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los halocarburos. Estos gases acumulados en la atmósfera causan concentraciones que se incrementan con el tiempo y han ocurrido desde la era industrial, por lo cual son atribuidos a actividades humanas.

Figura 5.

## Concentraciones de gases de efecto invernadero del año 0 al 2005



Fuente: IV Informe de Evaluación del IPCC, 2007

- El **dióxido de carbono** ha aumentado por los combustibles fósiles usados en el transporte, calefacción y aires acondicionados para viviendas, además por la producción de cemento y otros bienes. La deforestación libera CO<sub>2</sub> y reduce su absorción por las plantas.

El CO<sub>2</sub> ha aumentado globalmente alrededor de 100 ppm (partes por millón) en los últimos 250 años, de un rango de 275 a 285 ppm en la era pre-industrial (1000-1750 DC) a 379 ppm en el 2005.

- El metano se ha incrementado como resultado de actividades humanas relacionadas con la agricultura, el gas natural y los basureros. También es liberado por procesos naturales que ocurren, por ejemplo, en los pantanos. La abundancia de metano en la atmósfera de la Tierra varía de bajas cantidades durante la época glacial (400 ppm) a altas cantidades durante las épocas interglaciares (700 ppm).



- El **óxido nítrico** es también emitido por actividades humanas tales como el uso de fertilizantes y la quema de combustibles fósiles. Los procesos naturales en la tierra y océanos también liberan N<sub>2</sub>O.
- Las concentraciones de halocarbonos se han incrementado principalmente por las actividades humanas, aunque los procesos naturales también son una pequeña fuente. Los halocarbonos incluyen los clorofluorocarbonos que son usados como agentes de refrigeración y otros procesos industriales, aunque su uso ha disminuido como resultado de regulaciones internacionales diseñadas para proteger la capa de ozono.

## **1.5 La perspectiva mundial del Cambio Climático**

El cambio climático en general, y el calentamiento global en particular, se encuentran entre los problemas ambientales más serios con los que se enfrenta la humanidad. En 1979, se celebró la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima, y en 1998 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), junto con la Organización Mundial de Meteorología (OMM) y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU) crearon el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Los primeros resultados de sus trabajos, aparecieron dos años más tarde, en 1990, asimismo se celebró la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima. Como resultado de todo esto, en 1992, y en el marco de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro, se aprobó el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, firmado por 155 países, y que entro en vigor en 1994. En la Tercera Conferencia de las Partes del Convenio, se aprobó el Protocolo de Kioto (1997).

Dicho Protocolo pretende abordar el problema del cambio climático, con objetivos cuantitativos y de manera directa. Las posteriores reuniones han tratado solamente de afinar las medidas en que dicho protocolo es aplicado, con un éxito relativo. De manera negativa, la inercia del sistema climático lleva a que cualquier medida adoptada en algún momento determinado, tarde años en traducirse en algún tipo de cambio. Agregado a esto los objetivos propuestos, por ejemplo en el mencionado Protocolo de Kioto, son más bien modestos, y están lejos de ser alcanzados, las perspectivas ni pueden ser muy optimistas. (Azqueta, 2006).

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en su IV informe de Evaluación, presentado en Febrero de 2007 (IPCC, 2007), ha llegado a la conclusión de que el calentamiento global existe y está provocado por la actividad humana. La temperatura de la Tierra subió 0.76 grados el siglo pasado, y subirá entre 1.8 y 4.0 grados en el presente, dependiendo de las medidas que se adopten. Todo este proceso ha derivado ya que durante los últimos 250 años la economía humana ha vertido más de 1.1 billones de toneladas de CO<sub>2</sub> por uso de combustibles fósiles para la generación y uso de energía, de las cuales 770 millones fueron vertidos durante los últimos 50 años. Por deforestación, sólo durante estos últimos 50 años se han vertido más de 330 millones de toneladas, un tercio de las emisiones acumuladas totales del periodo. (WRI, 2007)

En el caso de Latinoamérica el índice de emisiones es relativamente inferior a todas las economías desarrolladas, esto dado a su bajo desarrollo industrial y urbano. México contribuye con alrededor de 1.5% al problema global, en contraste con los grandes emisores históricos: Estados Unidos, Unión Europea y China, que vierten actualmente a la atmósfera más de 17 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, alrededor del 35% de las emisiones globales por año. Son notables también los casos de Indonesia y Brasil que, sólo por deforestación, emiten anualmente casi 5 mil millones de toneladas, alrededor del 10% del total global; sólo en este rubro, Indonesia cuadruplica y Brasil duplica las emisiones totales de México de un año. En contraste, los Estados Unidos de América, la Unión Europea (de 25), China, India, Reino Unido, Italia, Francia y España, logran captura forestal por alrededor de 530 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. (SEMARTANAT, 2007)

Las previsiones científicas más recientes indican que, en el curso del presente siglo XXI, la temperatura promedio global de la Tierra podrá incrementarse alrededor de 3° Celsius, con un consiguiente ascenso del nivel del mar de alrededor de 1 metro (IPCC AR4 SPM). Ello impactará adversamente las zonas costeras, pues incrementará su vulnerabilidad ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, incrementará la humedad en la atmósfera al tiempo que reducirá la humedad en los suelos, propiciará la erosión de éstos y disminuirá la disponibilidad y la calidad del agua, con lo que se reducirá la productividad agrícola

El cambio climático antropogénico generará costos para la economía global que el Informe Stern y el IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático

(PICC) han estimado podrían alcanzar hasta el 20% del Producto Interno Bruto (PIB) mundial, a mediados de este siglo, si la comunidad internacional no logra un acuerdo eficaz para reducir las emisiones globales actuales (~50 mil millones de toneladas por año), al menos a la mitad (~25 mil millones), antes del año 2025.

El cambio climático presenta un desafío único para la economía: es el mayor ejemplo de falla histórica nunca antes vista. El análisis económico debe ser global, tiene que ver con horizontes temporales de largo plazo, contiene centralmente la economía del riesgo y de la incertidumbre, y examina la posibilidad de un cambio mayor, no marginal. (Stern, 2007)

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, ahora es evidente a partir de observaciones de los incrementos de las temperaturas promedio globales del aire y de los océanos, del extenso fundido de nieves y hielos, y del ascenso del nivel promedio del mar; Las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) se han incrementado marcadamente como resultado de las actividades humanas desde 1750 y actualmente exceden con mucho los valores pre-industriales, determinados a partir de núcleos de hielo de muchos miles de años [al menos 650 mil años] (IPCC AR4 SPM)

El contexto internacional ha generado dos metodologías para abordar el tema de políticas sobre el cambio climático. Estas dos metodologías se resumen en *adaptación* y *mitigación*.

- La adaptación al cambio climático (CC), involucra el desarrollo de políticas económicas y sociales encaminadas a frenar los efectos, sobre el desarrollo de las economías, la migración de la población y los efectos en la salud pública por la elevación de la temperatura en la superficie de la Tierra, el cambio en los regímenes de precipitación, las sequías prolongadas, etc. (IPCC, 2001, 2007)
- La mitigación de emisiones por su parte está encaminada a cambiar la tecnología dominante en nuestros sistemas productivos y forma de vida; de un sistema de alto consumo de gases de efecto invernadero a otro de baja intensidad en este tipo de emisiones. (Stern, 2007)

El cambio climático antropogénico es pues consecuencia de la mayor falla histórica de mercado, pues los precios de los combustibles fósiles nunca han incorporado los costos de las externalidades negativas que generan: problemas de salud pública por contaminación del aire y todos los impactos adversos del calentamiento global. En la medida que los costos son inevitables, hoy, las mejores estrategias de desarrollo deben integrar la mitigación del cambio climático por parte de los países desarrollados y la adaptación en países vulnerables económicamente.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) reconoce que el reto de adaptación al cambio climático es entender y caracterizar la vulnerabilidad, entendida como el grado al que un sistema es incapaz de enfrentarse a efectos adversos de este fenómeno, mientras se aseguran que las medidas y políticas de adaptación tomadas son compatibles con las metas del desarrollo sustentable. México es un país particularmente vulnerable a los impactos de la variabilidad y el cambio climático. La adaptación es un elemento imprescindible para ajustarnos ante la variabilidad del clima con el fin de moderar el daño.

La falta de información y estrategias sobre cómo hacer frente a los impactos del cambio climático provocan problemas ambientales, sociales, de salud y económicos, por lo que es necesario encaminar los planes de acción hacia la adaptación, en los cuales se incluya la participación de todos los actores posibles. Los esfuerzos por disminuir los impactos que se han presentado en los diferentes ecosistemas y sectores del país relacionados con la variabilidad y el cambio climático, son el comienzo para la generación de la capacidad que conlleve la implementación de acciones que disminuyan el riesgo en las zonas más vulnerables. (INE, 2008)

Entendida la dinámica del cambio climático, se deben comprender sus consecuencias, por ello comprender los desastres naturales es esencial en la aplicación de políticas públicas adecuadas. Los desastres naturales pueden definirse como la destrucción parcial o total, transitoria o permanente, actual o futura, de un ecosistema y por tanto de vidas humanas, del medio y de las condiciones de subsistencia. Los desastres se presentan cuando se desencadena una fuerza o energía potencialmente destructiva (amenaza) en un medio que se caracteriza por condiciones de debilidad ante esta o por la incapacidad para reponerse de

sus efectos (vulnerabilidad). La vulnerabilidad determina la intensidad del desastre, es decir, el grado de destrucción asociada al fenómeno.

La amenaza depende de la energía o fuerza potencialmente peligrosa, de su predisposición a desencadenarse y del detonador que la activa. La vulnerabilidad es la función del grado de exposición, la protección preestablecida, la reacción inmediata, la recuperación básica y la reconstrucción. La vulnerabilidad de un sistema está dada por su propensión a sufrir transformaciones significativas como consecuencia de su interacción con procesos externos e internos. Por transformación significativa se entiende un cambio de índole estructural o, al menos, relativamente permanente y profundo. (CEPAL, 2003)

Finalmente se puede concluir, que el cambio en los regímenes climáticos, tiene un carácter sistemático difícil de comprender en toda su magnitud. En forma esquemática se puede representar como: el incremento en los gases efecto invernadero que provocan la retención en la atmósfera de mayor cantidad de energía, la cual aumenta la temperatura promedio de la superficie del planeta y con ella se cambia la distribución de energía en la atmósfera y su relación con el océano, lo que modifica los regímenes de lluvia entre otros. Teniendo efectos directos para la población mundial, en especial en formas relacionadas con el agua siendo estos:

- El deshielo de los glaciares; incrementa el riesgo de inundaciones, disminuye los reservorios de agua en época de sequía.
- Rendimientos decrecientes en los cultivos de países tropicales; aun el calentamiento moderado (1°C para el trigo y el maíz y 2°C para el arroz) puede reducir significativamente el rendimiento de estos cultivos.
- Acidificación del agua de mar, pérdida de biodiversidad marina.
- Elevación del nivel del mar, desplazamiento de millones de personas de las áreas costeras, inundaciones.
- Elevaciones de los niveles de estrés térmico y malnutrición.
- Mayor intensidad y duración de las sequías.
- Se estima una mayor vulnerabilidad en los ecosistemas, se calcula la extinción de entre 15 y 40% de las especies, en especial en la región amazónica.

- Giros repentinos en los regímenes meteorológicos regionales, cambio en los monzones y efecto de El Niño.
- Derretimiento o desaparición de los hielos continentales.

Son menos conocidos los efectos potenciales del cambio climático sobre las cosechas y los bosques. Se suele pensar que los efectos de un aumento de las concentraciones de dióxido de carbono son en general beneficiosos para las cosechas. Sin un cambio climático, el hecho de que se doblasen las concentraciones de dióxido de carbono causaría un aumento de entre un cero y 10% en el crecimiento y el rendimiento de las cosechas de maíz, caña de azúcar y sorgo, y de un 10 a un 15% de aumento en los cultivos de trigo, soja y arroz. (Bolin B., 2001)

A largo plazo. La producción de alimentos en las áreas templadas de Norte desarrollado parece más sensible a los cambios tecnológicos, de precios o políticas públicas, que al cambio climático. No obstante, en las tierras marginales de los países pobres, la agricultura puede ser altamente sensible al cambio climático como demuestran las pérdidas provocadas año tras año por las variaciones en el clima. (Azqueta, 1996)

En el corto plazo los efectos podrían ser particularmente negativos para las cosechas entre otras razones porque los campesinos reaccionarían, especialmente en los países pobres, más lentamente que el cambio climático. (Stern, 2007). Todo esto se ha ido demostrando a lo largo de la última década en latinoamericana, donde algunas producciones se han perdido en zonas marginales, mientras otras se han visto beneficiadas.

## **1.6 El estudio de cambio climático.**

Los estudios de cambio climático que se han generado en la última década sobre los impactos en la población, se han llevado a cabo principalmente por los organismos internacionales como CEPAL (2003) y la ONU por medio del IPCC (2007). En este sentido el principal trabajo sobre los impactos económicos del Cambio Climático que se han publicado hasta el día de hoy, recaen principalmente en el trabajo de Nicholas Stern, mencionado con anterioridad en el cual se presentan estimaciones en zonas seleccionadas,

con respecto a la dinámica de los escenarios de clima y actividades nodales de dichas regiones.

En este proceso se han perfeccionado los métodos de estimación desde el año 2005, para la preparación de escenarios específicos, adaptándolo a zonas más locales. En el caso particular de México, se ha realizado en el último año un esfuerzo entre el Gobierno y la Academia, coordinado por el Dr. Luis Miguel Galindo, el cual muestra estimaciones en áreas económicas estratégicas del país, así como en su biodiversidad, a la fecha de la publicación de esta tesis, dicho documento publicado, sigue en discusión en el ámbito académico, pero deja claramente demostrado que los efectos de cambio climático, serán más costosos de no mitigar hoy en día, en general los estudios a nivel mundial y regional coinciden en este punto, pero es por ello que se tiene que pensar políticas públicas a base de estos resultados.

## 2. Salud y Cambio Climático.

El cambio climático incrementará las muertes por malnutrición [y se extenderán] aún más las enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria y el dengue, de no implantarse medidas eficaces de control. (Stern, 2007). La sensibilidad climática relacionada con la salud humana se relaciona fuertemente con las enfermedades del mundo actual. A su vez la salud humana ha mejorado en los últimos cincuenta años llevando la expectativa de vida a niveles altos sin embargo, las disparidades se han incrementado como lo afirma Mc Michael, (2004). Las poblaciones de barrios pobres dentro de las áreas urbanas, donde se intensifica la población de enfermos consecuencia de niveles insalubres de vida. En zonas tropicales, las temperaturas han alcanzado el nivel de tolerancia humana (Stern, 2007).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que el cambio climático amplificara las disparidades sanitarias entre zonas ricas y pobres en el mundo. La OMS ha calculado que los cambios en la temperatura desde la década de 1970 es responsable de alrededor de 150, 000 muertes al año, especialmente en zonas en vías de desarrollo, como es el caso de México. Un incremento en 1 °C podría traducirse en 300, 000 muertes al año (Patz, 2005). Las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) guardan una relación estrecha con las variaciones climáticas, en este sentido la distribución y la abundancia de mosquitos tendrá una honda repercusión en cuanto a la presencia de dengue en áreas afectadas. Se calcula que para las áreas afectadas habrá una población contagiada de alrededor de 6 000 millones, con un aumento en la temperatura de 4 °C. A su vez las inundaciones potenciales se convertirán en caldo de cultivo para la proliferación de vectores como los mosquitos, como lo afirma Stern (2007).

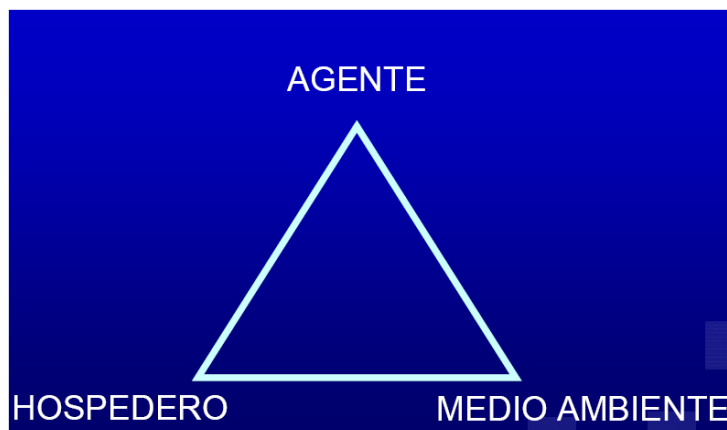


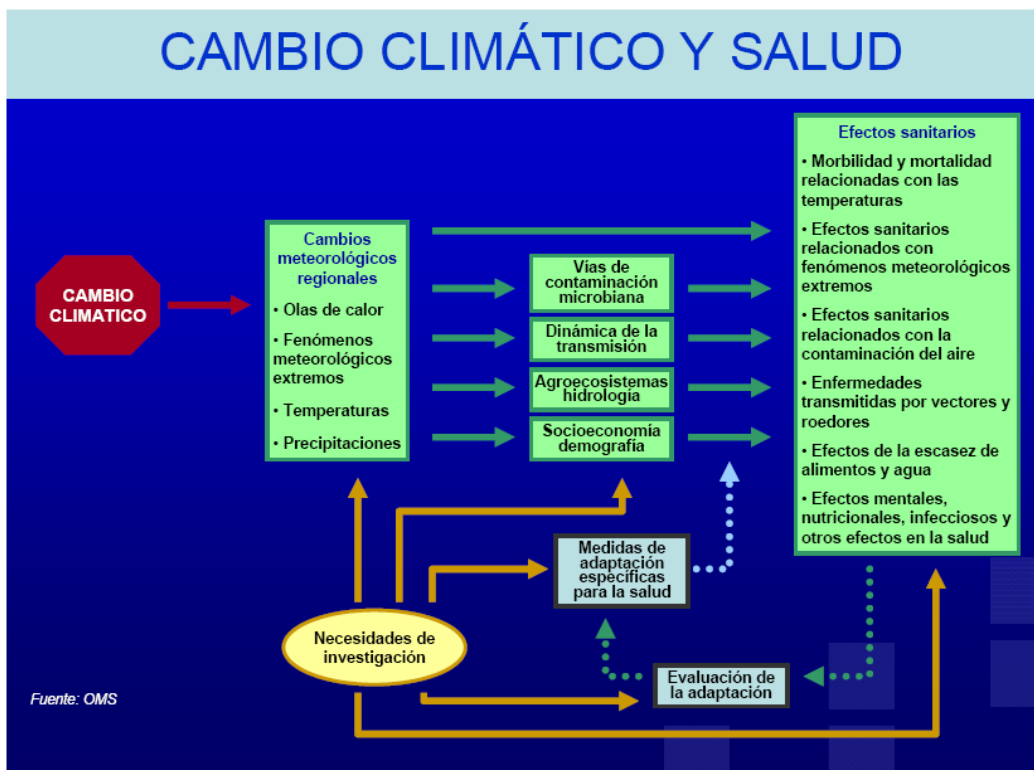
Figura 6. Triada Epidemiológica Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2009



Los procesos consecuentes al cambio climático afectan la dinámica de salud humana, principalmente en dentro de la conocida “triada epidemiológica. La Triada Epidemiológica es el modelo clásico de causalidad en enfermedades infecciosas. Tiene tres componentes: un agente externo, un huésped susceptible y un medio ambiente que junta al agente y huésped. En esta dinámica los focos naturales vulneran la salud humana debido a patrones que promueven su desarrollo.

Un Foco Natural (Palovsky, 1939) es ambiente en el que se puede desarrollar una enfermedad endémica, teniendo ciertas características como: perfil geográfico y ecológico definido, brotes estacionales y la intervención de la fauna local como fuente de infección. Se refiere a un área en la que las condiciones existentes favorecen la transmisión, diseminación y permanencia de una enfermedad infecciosa. Los componentes de un Foco Natural son: agentes patógenos, reservorios, vectores, animales enfermos, animales receptores y el ser humano. A su vez para que este se mantenga se necesitan dos requisitos: circulación en espiral del agente y condiciones apropiadas del medio ambiente. En este contexto el cambio climático altera una parte fundamental de la triada epidemiológica, que resume sus efectos en la salud de la siguiente manera:

Figura 7. Cambio Climático y Salud



Como se observa en el diagrama el cambio climático altera el desarrollo del clima regional, creando efectos como olas de calor, eventos meteorológicos extremos así como precipitaciones abundantes, dichas alteraciones contribuyen posteriormente a incrementar las vías de contaminación así como los vectores que inciden en las transmisiones de enfermedades virales y parasitarias.

Particularmente para nuestro análisis nos enfocaremos en los efectos del cambio climático en la proliferación de vectores transmisores de dengue. Por ello abordaremos el desarrollo de dicha enfermedad y su comportamiento en México y el estado de Guerrero.

## 2.1 El Dengue

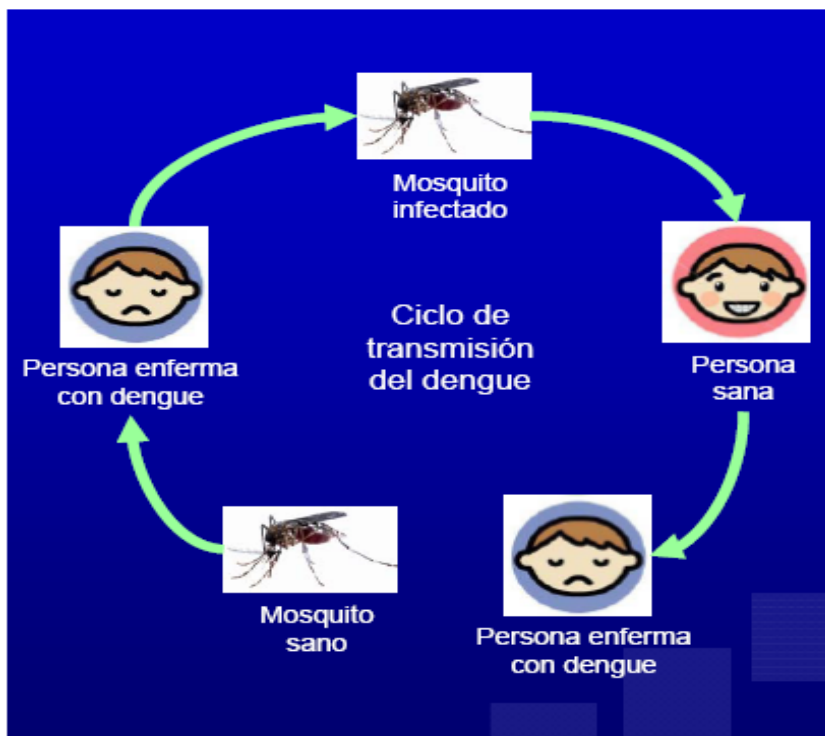
El dengue es una enfermedad viral aguda transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*, que se cría en el agua acumulada en recipientes y objetos en desuso. El dengue es causado por cuatro serotipos del virus del dengue: DEN-1, DEN-2, DEN-3 ó DEN-4; estrechamente relacionados con los serotipos del género *Flavivirus*, de la familia *Flaviviridae*. Esta enfermedad es más frecuente en niños y personas mayores, y se caracteriza por una fiebre de aparición súbita que dura 3 a 7 días acompañada de dolor de cabeza, articulaciones y músculos. Una variedad grave de la fiebre es el dengue hemorrágico (DH) que genera pérdida de líquido y sangre por trastornos de la coagulación. Ambas son enfermedades transmitidas por el mismo mosquito predominante en los trópicos, en África, norte de Australia, Sudamérica, Centroamérica y México; aunque desde la primera década del s. XXI se está dando en otras regiones de Norteamérica y en Europa. (OMS, 2008).

Se transmite mediante la picadura del mosquito hembra *Aedes aegypti*. También es un vector el *Aedes albopictus*, de actividad plena durante el día. El *Aedes aegypti* es una especie diurna, con mayor actividad a media mañana y poco antes de oscurecer. Vive y deposita sus huevos en los alrededores e interior de las casas, en recipientes utilizados para el almacenamiento de agua para las necesidades domésticas y en jarrones, tarros, neumáticos viejos y otros objetos que hagan las veces de envase de agua. Su capacidad de vuelo es de aproximadamente 100 m; aunque la hembra si no encuentra un lugar adecuado de oviposición alcanza un vuelo de hasta 3 km, por lo que el mosquito que pica es el mismo que uno ha «criado», transmite el virus del dengue y de la fiebre amarilla. Toda persona que es picada por un mosquito infectado puede desarrollar la enfermedad, que posiblemente es peor en los niños que en los adultos. La infección genera inmunidad de larga duración contra el serotipo específico del virus. No protege contra otros serotipos y posteriormente puede exacerbar el dengue hemorrágico. Para que el mosquito transmita la enfermedad debe estar afectado con el verdadero agente etiológico: el virus del dengue. La infección se produce cuando el

mosquito pica a una persona enferma, pica a otra sana (hospedador) y le trasmite el virus. El ciclo de transmisión se puede definir de la siguiente manera:

1. El ciclo comienza cuando un mosquito hembra ingiere sangre que contiene el virus del dengue. Este se replica en el epitelio intestinal, ganglios nerviosos, cuerpo graso y glándulas salivales del mosquito.
2. El virus entra a la célula por endocitosis mediada por receptor, la replicación se realiza en el citoplasma y es acompañada por la proliferación del retículo endoplasmático liso y rugoso.
3. El ARN genómico sirve directamente como mensajero, este contiene un fragmento de lectura grande de más de 10 Kb y es trasladado completamente desde su extremo 5' para producir una poliproteína grande precursora la cual luego es dividida para generar las proteínas virales individuales. El ensamble del virion ocurre en las células vertebradas sobre la membrana del retículo endoplasmático y en las células del mosquito en la membrana plasmática, pero la conformación de una capsida y proceso de gemación no se observa. Una vez se forma totalmente el virion dentro de la cisterna del retículo endoplasmático, este es liberado vía lisis de la célula.
4. Este ciclo en el mosquito dura de ocho a doce días dependiendo de las condiciones ambientales; una vez infectado, el mosquito permanece así toda su vida.

Figura 8. Evolución del dengue



Fuente:

Organización Mundial de la Salud

Existen dos tipos de dengue, el clásico y el hemorrágico. Después de un periodo de incubación de 2 a 8 días, en el que puede parecer un cuadro catarral sin fiebre, la forma clásica se expresa con los síntomas anteriormente mencionados. En lactantes y escolares estos síntomas son benignos y pueden pasar inadvertidos. La fiebre dura de 3 a 5 días. Clínicamente, la recuperación suele acompañarse de fatiga, linfadenopatía y descenso de los glóbulos blancos con linfocitosis relativa. El recuento de plaquetas bajará hasta que la temperatura del paciente sea normal. En algunos casos, se observan trombocitopenia (menos de 100.000 plaquetas por mm<sup>3</sup>) e incremento de las aminotransferasas.

Los casos de dengue hemorrágico muestran mayor fiebre acompañada de fenómenos hemorrágicos, trombocitopenia y hemoconcentración. En una pequeña proporción de casos se experimenta el síndrome de shock por dengue (SSD) el cual, sin atención médica, puede causar la muerte en cuestión de 4 a 8 horas. Los tres criterios necesarios para diagnosticar la enfermedad son: Fiebre, Tendencia hemorrágica (prueba de torniquete positiva, hematomas espontáneos, sangrado de las mucosas, encías, el lugar de la inyección, etc.; vómitos con sangre o diarrea sanguinolenta) y trombocitopenia (menos de 100.000 plaquetas por mm<sup>3</sup> o realizando la estimación con menos de 3 plaquetas por campo de alta resolución en la observación microscópica). El dengue puede afectar también la menstruación, alentándola o en algunos casos graves, favoreciendo el desangrado de la persona a causa del dengue hemorrágico. Esto se debe a la baja producción de hormonas (principalmente estrógenos) durante el periodo de la enfermedad.

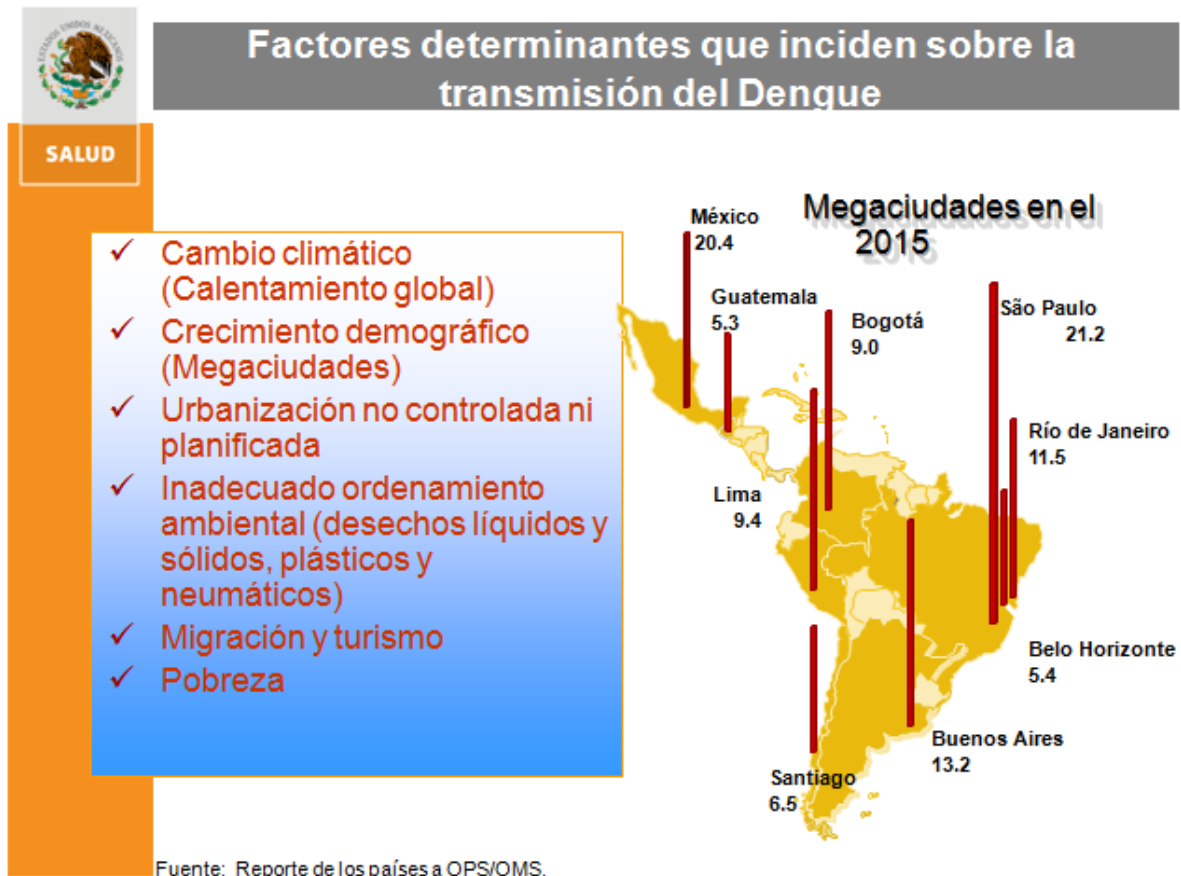
## **2.2 Evolución del dengue en México**

El dengue es un padecimiento infeccioso de reciente aparición en el país: se confirmó su incidencia a finales de la década de los setenta, en la frontera sur. A partir de la década de los ochenta se ha incrementado de manera notable. Las epidemias de dengue experimentadas han demostrado que sus efectos recaen en los grupos humanos en edad productiva, según información del CENAVECE (2008). A pesar de que la inclusión del dengue en el marco de prioridades nacionales obedece parcialmente a los criterios antes mencionado, su incorporación a la agenda responde a un aspecto cardinal en la práctica de la salud pública: anticiparse.

En salud pública, el término emergente se utiliza con referencia al grupo de enfermedades de origen infeccioso cuya incidencia en poblaciones humanas aumentó en las últimas dos décadas o amenaza con incrementarse en el futuro inmediato, escenario en el que el dengue se perfila como modelo para muchos países de la región de América, especialmente México. (CER, 2008). Como lo afirmó

el Dr. Narro (1995) – La relevancia de esta enfermedad se ubica en el contexto de la prevención para evitar que el dengue y sus formas severas [...] se conviertan a corto o mediano plazo en una urgencia epidemiológica cuya magnitud rebase la capacidad de respuesta de los servicios médicos asistenciales, subraye las limitaciones de las estrategias de control emergente y resulte en un incremento en la mortalidad, sobre todo de los menores de 15 años.

Figura 9. Factores del dengue



Los registros de la transmisión del dengue en México datan de 1941, cuando se notificaron 6 955 casos y una tasa de 34.4 por cada 100 000 habitantes; cifras que fueron descendiendo a medida que avanzaba la erradicación del vector, certificada hasta 1963 (Gómez, 1994). La reinfestación casi inmediata y el reinicio de la transmisión a finales de los años setenta, coloca al dengue dentro de la contrastación epidemiológica, definida como el proceso en el que problemas infecciosos que fueron controlados en el pasado, reaparecen ahora como problemas de salud pública. La epidemia de dengue nos obliga a identificar las causas que permitieron su resurgimiento, innovar las estrategias para abordarlo y evitar que se convierta en una nueva amenaza para la salud de la población. El

escenario en el que se desarrolla la actual epidemia del dengue en México esta moldeado por condiciones sociales y económicas que son diferentes a las existentes en los años ochenta y ciertamente, más complejas. La contrastación en el dengue se debe a que las condiciones que permitieron su erradicación en el pasado se han modificado en la última década.

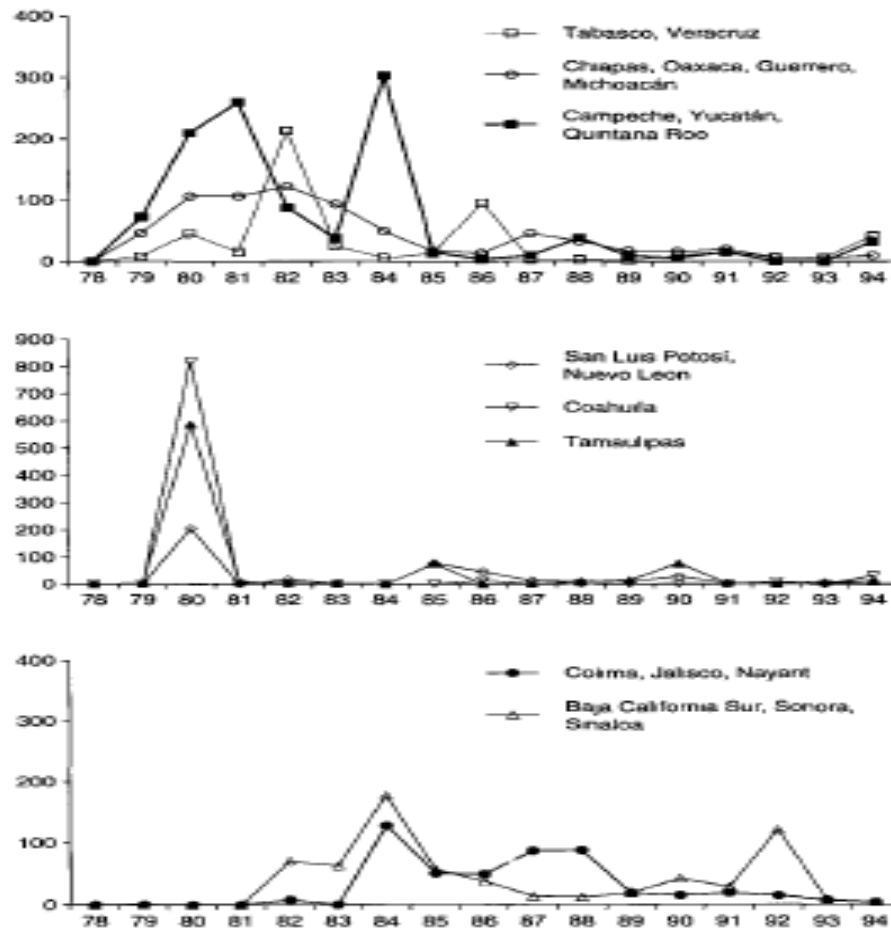
Destacan los fenómenos demográficos, que han permitido el resurgimiento de la epidemia. Por ejemplo en la década de los sesenta poca más del 50% de la población estaba asentada en las zonas rurales y esto fue uno de los motivos que permitieron la erradicación del *Aedes aegypti*, dado que las áreas urbanas infestadas no eran tan extensas como lo son en los años noventa, cuando poco más del 70% de la población vive en un centro urbano. El crecimiento de las zonas urbanas, sobre todo en las aéreas costeras del país asociadas a los complejos turísticos de playa y al desarrollo de los puertos industriales, ha promovido el establecimiento de grandes grupos de población en zonas naturalmente propicias para el desarrollo del vector. La rápida concentración de personas en las áreas urbanas no siempre se acompaña de una similar eficiente dotación de servicios públicos como el agua potable, el drenaje y la recolección de basura. Para 1960 el 32% de las viviendas particulares en el país contaba con agua potable y el 29% tenía drenaje, lo cal cambio en 1990 a 79% y 63% respectivamente (INEGI, 1994).

El incremento de turismo, nacional e internacional, y el auge de los centros de playa han transformado la ecología de las zonas tropicales del país a favor del vector. Las zonas donde se encuentran dichos centros, por sus características naturales, están alejadas de los centros urbanos establecidos y, por lo general, carecen de infraestructura básica. La aparición de polos de desarrollo tan sui generis se acompaña de la transformación acelerada del medio ambiente, propiciado por la construcciones de carreteras, zonas hoteleras, aeropuertos, zonas habitacionales, etcétera, modificando la ecología del lugar y estableciendo y estableciendo condiciones aptas para el desarrollo de los focos de reproducción del vector del dengue. Todo esto en conjunto con los nuevos productos de la industria como: botellas, contenedores etc.

El espectro clínico del dengue impide conocer con exactitud la totalidad de casos, ya que una proporción de infecciones cursan de manera asintomática y otro tanto son cuadros febriles inespecíficos, fácilmente confundibles con otras infecciones virales. Por otra parte, el cuadro clásico de dengue no siempre demanda que el paciente no acuda a los servicios médicos, cuando a los factores de accesibilidad y calidad de la atención, se debe reconocer que el diagnóstico de la enfermedad nos siempre se realiza, debido a la falta de confirmación del laboratorio. El dengue entro por Tapachula a finales de los años setenta y se disemino por el territorio en menso de 10 años, hasta afectar 29 entidades federativas en los noventa. Por ejemplo el informe de de casos de

1978 a 1994 asciende a 254, 168 siendo el año de 1980 el que mayor número presentó. En cuanto a la distribución geográfica de los casos el 64% se concentra en solo ocho entidades federativas: Veracruz (13%), Guerrero (10%), Oaxaca (8%), Sinaloa (7%), Chiapas (7%), Yucatán (7%), Coahuila (6%) y Tamaulipas (6%), esto a datos de 1994 (Narro, 1995). Para el año 2008 la distribución de concentra en el sureste mexicano, sin embargo se disemina en todo el país.

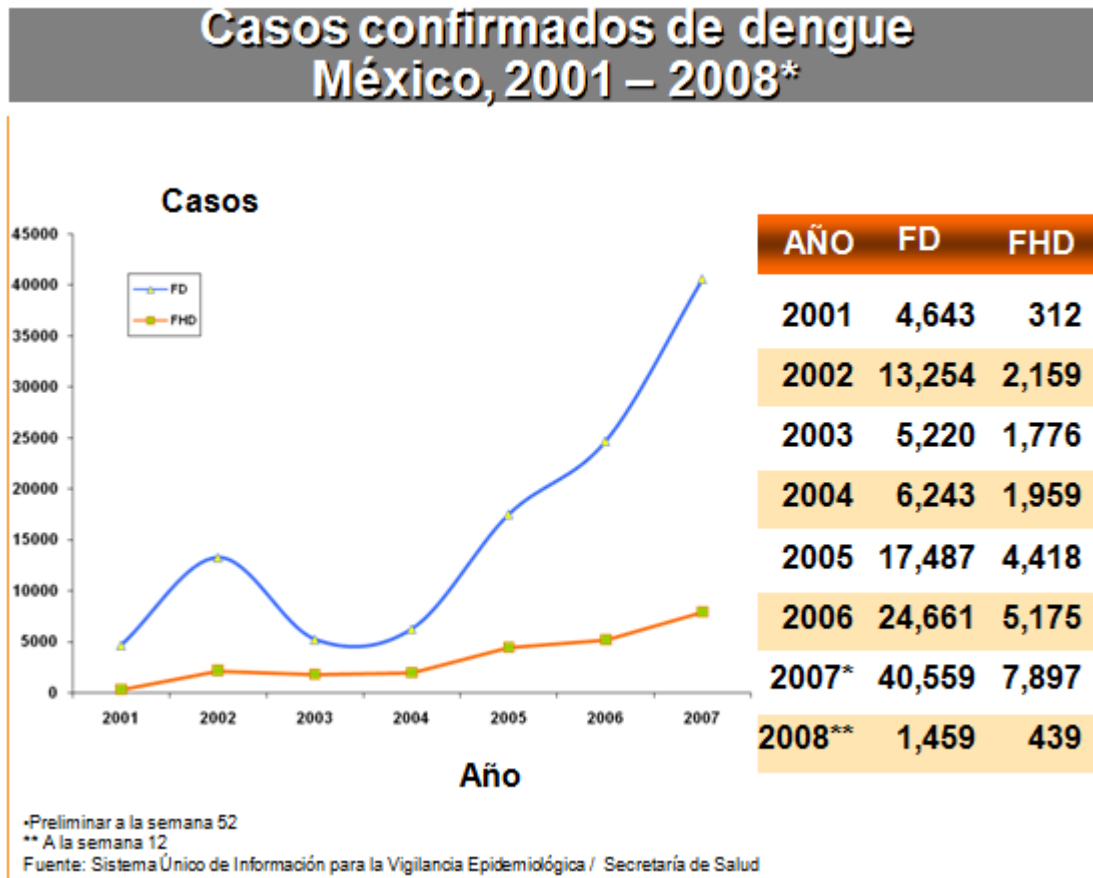
Figura 10. Incidencia de Dengue en la región Sureste



Tasa x 100 000 hab.

Fuente: Dirección General de Epidemiología, SSA

Figura 11. Casos de dengue histórico



Donde FD se refiere a casos de dengue y FHD a casos de dengue hemorrágico.

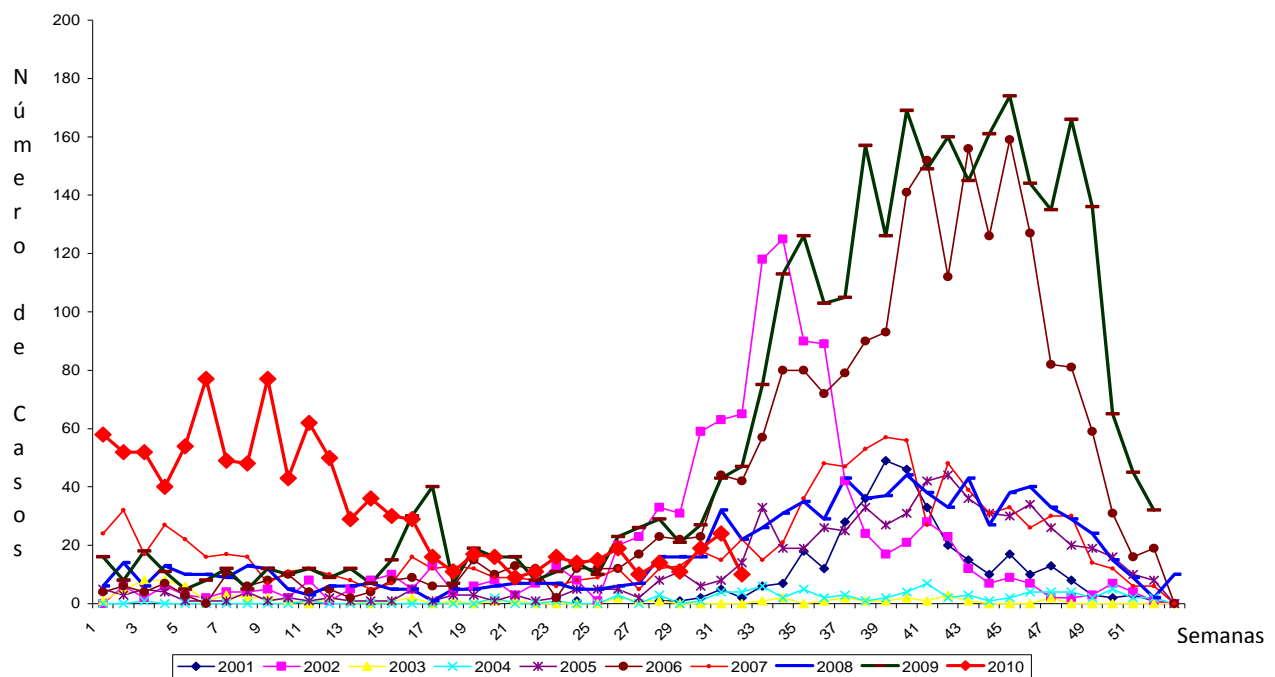


## 2.3 El dengue en Guerrero

Las características del estado de Guerrero lo han hecho propenso con a la proliferación del dengue, al contar con un clima cálido húmedo así como ser un área vulnerable a los eventos extremos. En esta dinámica el estado de Guerrero se ha convertido en el primer lugar nacional en casos de dengue, particularmente el puerto de Acapulco. La evolución de la enfermedad se acrecienta de manera natural en los periodos de lluvias (mayo a octubre). Por otro lado se han logrado observar un crecimiento de casi al doble, principalmente en el puerto de Acapulco, la evolución durante la última década se ha incrementado de manera paulatina, las autoridades asocian las alteraciones en los regímenes climáticos y la movilidad de personas (SSA, 2010).

Como se observa en las siguientes graficas el incremento ha sido de una manera irregular, pero tendiendo a aumentar en 40% aproximadamente, según los datos oficiales, cabe destacar que a pesar de las acciones de prevención y erradicación del vector no se ha logrado controlar, esto es debido a la adaptación que ha sufrido el vector a su nuevo entorno (SSA, 2010).

Figura 12. Casos de Dengue 2001-2010



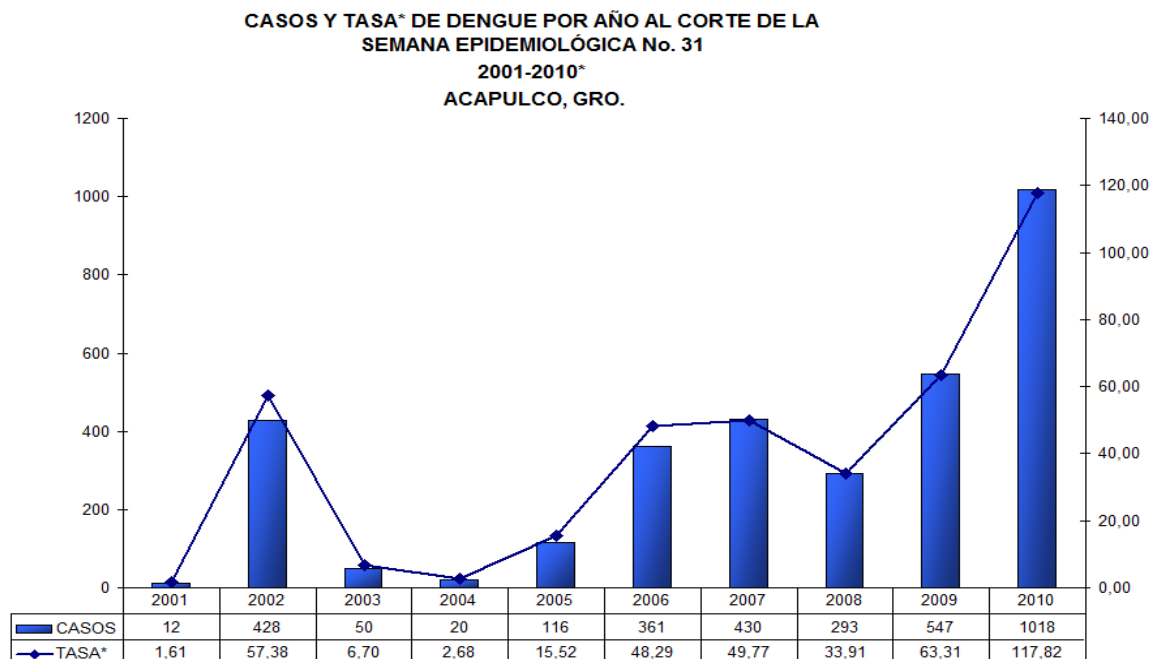


Figura 13.

Fuente: Elaboración propia con datos de la SSA-Guerrero. Tasa por cada 100 000 hab.

### 3. Evidencia

Los recientes estudios sobre el comportamiento del dengue con respecto al cambio climático han arrojado evidencia sólida, tal es el caso del informe de Sir Nicholas Stern, donde se menciona como el incremento de calor en 3 °C, podría elevar la tasa de mortalidad de dengue de 40 millones a 60 millones en países en vías de desarrollo. En general los efectos del cambio climático sobre la salud abarcan un espectro más amplio y se resumen de la siguiente manera, resultado de un conceso científico a nivel mundial (WHO, 2009):

- Las enfermedades infecciosas como la malaria, la encefalitis o el dengue ampliarían sus alcances geográficos y estacionales.
- Olas de calor más frecuentes y más intensas, con efectos mortales –la reducción de muertes relacionadas con el frío no compensaría este aumento.
- Aumento de la contaminación ambiental en las ciudades, generando problemas respiratorios y mayores dificultades alérgicas.

- Las más frecuentes catástrofes naturales –como inundaciones, terremotos o tornados- no sólo tendrían un impacto inmediato por las víctimas directas que provocarían, sino que también afectarían a las viviendas.
- Los grandes desplazamientos de población como consecuencia de estas catástrofes naturales complicarían aún más las condiciones sanitarias de ciudades masificadas y zonas sin servicios adecuados.
- Al menos hasta que las prácticas agrícolas se adaptaran a los cambios en las temperaturas, las lluvias y la humedad de la tierra, la malnutrición y las enfermedades que la acompañan aumentarían.

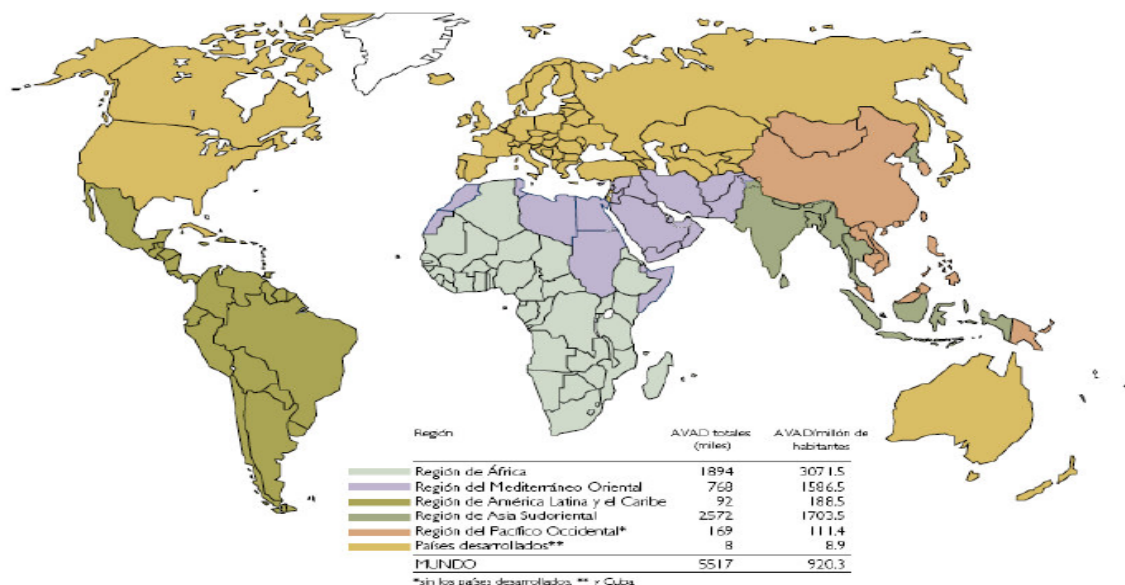
La OMS por su parte ha complementado dicho estudio con resultados sorprendentes, que las enfermedades en su conjunto pueden representar para la salud humana, por ejemplo para el año 2008 los estudios informaban la degradación del bienestar humano directamente como consecuencia del cambio climático. El mapa que vemos a continuación muestra el impacto de estos efectos del cambio climático en las diferentes zonas geográficas de la tierra. Los “años de vida ajustados en función de la discapacidad” (AVAD) sirven como medida, que resulta de sumar:

- AVP: “Años de vida perdidos por muertes prematuras”.
- AVD: “Años vividos con discapacidad”.

Por lo tanto, un mayor valor de este indicador indica un mayor impacto en términos de pérdida de vidas y pérdida de calidad de vida, siendo las áreas más afectadas:

1. Asia suboriental.
2. África.
3. Mediterráneo oriental.
4. Pacífico occidental.
5. América Latina y Caribe
6. Países desarrollados.

Figura 14. Mapa de casos de dengue en el mundo



Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2008

### 3.1 Evidencia en México

El estudio de cambio climático y sus costos en México se debe referir al trabajo realizado por el Dr. Galindo (2009) y su equipo de trabajo. En dicho estudio se ven los retos que el cambio climático presenta a la economía de México en todas sus modalidades. Particularmente para el caso de las enfermedades transmitidas por vectores los resultados de asociación son contundentes. Galindo (2009) afirma “Los aumentos en la temperatura también presentan efectos en la salud a través de la mayor transmisión de enfermedades infecciosas. Entre estas, el dengue y la malaria serán las de mayor propagación en la medida que aumente la temperatura y los vectores trasmisores encuentren mayores lugares con climas propicios para su transmisión. Diversas investigaciones señalan a África como la región que recibirá los mayores impactos en relación con la malaria: incremento en el 2100 de 16% a 28% de las personas-mes expuestas a través de todos los escenarios de cambio climático (IPCC, 2007). Aunque la evidencia no es concluyente para Latinoamérica, en México se ha observado que en lugares donde no se había presentado el dengue empieza a aparecer”.

La complejidad del estudio sobre el dengue en México ha limitado hacer un análisis estadístico más fino a nivel estatal. Para este tipo de análisis se han utilizado modelos de análisis de series bimodales negativas así como de medias móviles, el cual cuenta con las bondades estadísticas para realizar un análisis de este tipo de datos. Sin embargo todos los datos han dado como resultado, una asociación entre la alteración del clima y los casos de dengue principalmente en zonas tropicales. Para corroborar dichos resultados para el caso de Guerrero el estudio trato de abordar en un principio el modelo econométrico simple, dicho modelo se enfoca al estado de Guerrero y el desarrollo de la enfermedad durante la última década, utilizando datos estadísticos del CENAVECE y del Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM, los cuales dieron resultados de incompatibilidad.

## **3.2 Estudio en el Estado de Guerrero**

La influencia de la temperatura sobre la transmisión del las ETV es conocida. Estudios de laboratorio<sup>13</sup> han reportado que el periodo de incubación extrínseco (PIE) para el virus del dengue 2 es de 12 días a 30°C y sólo 7 días a 32-35°C, lo que significa que el incremento en la temperatura aumenta la tasa de transmisión de vectores infectados. Estudios epidemiológicos han también reportado que la temperatura era un predictor clave en la infección por dengue, y un incremento de 3 a 4° C en la temperatura promedio podría incrementar en hasta un 100% la tasa de reproducción del virus del dengue. (Newton et al, 1992)

La explicación de que la temperatura tiende a afectar la transmisión dinámica del dengue, es que las temperaturas cálidas reducen el tamaño de las larvas afectando así el tamaño del mosquito adulto; estos últimos necesitan alimentarse con mayor frecuencia para desarrollar sus camadas de huevos, incrementando la frecuencia de sus picaduras (Halstead, 1997). Además, se ha demostrado que PIE se acorta con las altas temperaturas, incrementando la proporción de mosquitos que se infectan en un tiempo determinado y que el desarrollo viral también se altera con el incremento de las temperaturas (Reiter P. 1998). En cuanto a la presencia de precipitaciones, estas generan lugares de alimentación de las larvas, desarrollo de los mosquitos y supervivencia de los mosquitos adultos. Por lo que varios estudios han reportado una fuerte asociación entre la lluvia y la incidencia de dengue (Foo LC, Lim TW, Lee HL, Fang R. 1985).

En este sentido se optó por modelar los datos climáticos y económicos de la región para encontrar similitudes con los casos a nivel internacional, para ello se utilizaron datos climáticos como obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y por otro lado los datos de casos de dengue registrado así como el gasto en salud obtenidos del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica (CENAVECE). En el caso de los datos meteorológicos se utilizaron los promedios de precipitación (Prec) y temperatura (Tem) mensuales en el periodo de Enero de 1996 a Diciembre del 2006, dando un periodo de 10 años. Para el caso de los datos epidemiológicos se utilizaron los casos reportados mensualmente (Den) así como un índice del gasto en salud (GSL) para la atención del dengue en periodos mensuales.

### **3.2.1 Desarrollando el modelo**

Para el desarrollo del modelo se procedió a estandarizar las series a utilizar, ya que se encontraban en diferentes niveles de medición, para ello se procedió a obtener el logaritmo natural de cada serie, para tener un estándar de medición óptimo. Posteriormente se decidió utilizar la metodología de cointegración, ya que se analizan series de tiempo, a su vez el método sirve para corroborar la teoría estadística y contrastarla con los supuestos de la tesis central del trabajo. En el caso del método de cointegración se observan dos conceptos:

#### **Desde el punto de vista de la Economía**

Se dice que dos o más series están cointegradas si las mismas se mueven conjuntamente a lo largo del tiempo y las diferencias entre ellas son estables (es decir estacionarias), aún cuando cada serie en particular contenga una tendencia estocástica y sea por lo tanto no estacionaria. De aquí que la cointegración refleja la presencia de un equilibrio a largo plazo hacia el cual converge el sistema económico a lo largo del tiempo. Las diferencias (o término error) en la ecuación de cointegración se interpretan como el error de desequilibrio para cada punto particular de tiempo. (Mata, 2010)

#### **Desde el punto de vista de la Econometría**

Dos o más series de tiempo que son no estacionarias de orden  $I(1)$  están cointegradas si existe una combinación lineal de esas series que sea estacionaria o de orden  $I(0)$ . El vector de coeficientes que crean esta serie estacionaria es el vector cointegrante. (Mata, 2010)

Las mayoría de las series económicas son **no estacionarias** por lo cual comparten tendencias estocásticas comunes. Granger fue el primero en llamar la atención sobre la existencia de tendencias comunes en las series econométricas. Según él ésta es la causa principal de los **resultados espurios** obtenidos en las estimaciones econométricas realizadas antes de 1980. Para nuestro caso en el cual queremos demostrar la relación y convergencia en el tiempo entre las variables climáticas y el dengue, el método de Engel-Granger es indicado ya que cumple con las siguientes características:

- El método es aplicable a modelos uniecuacionales de dos ó más variables.
- Es un método en dos etapas basado en los residuos estimados
- Asume a priori que existe un solo vector de cointegración en el modelo
- El resultado de este método de cointegración puede cambiar dependiendo de cual variable se seleccione como dependiente

El procedimiento en la realización del método de Engel-Granger se divide en 5 etapas:

1. Determinar el Orden de Integración de cada una de las variables a ser incluidas en el modelo.
2. Especificar y estimar la relación funcional a largo plazo y contrastar si los residuos tienen una raíz unitaria o no.
3. Guardar los residuos estimados y corroborar el orden de integración.
4. Estimar el modelo de corrección de errores si las variables están cointegradas.
5. Realizar la ecuación a corto plazo del modelo.

En el caso de nuestro modelo se especifico como variable dependiente al dengue el cual se trata de explicar a partir de los datos climáticos así como la incidencia en gasto en salud. La primera etapa a la que se procedió en el análisis econométrico fue la identificación del orden de nuestras variables. El orden de integración se refiere al número de veces que se debe diferenciar una serie de tiempo (calcular su primera diferencia) para convertirla en una serie estacionaria, se dice que una serie de tiempo está integrada de orden  $d$ , escrita  $I(d)$ , si después de diferenciarla  $d$  veces se convierte en estacionaria.

Las series que son estacionarias sin diferenciar se denominan  $I(0)$ , **ruido blanco**, si se calcula la primera diferencia de una serie y ésta se vuelve estacionaria, se dice entonces

que la misma está integrada de orden **I(1)**, denominada **random walk**. Cuando la integración se alcanza después de calcular la segunda diferencia, se dirá que la serie esta integrada de orden 2, es decir **I(2)**. Finalmente una combinación lineal de 2 variables **I(1)** genera errores **I(0)**, se dice que las 2 variables están cointegradas. Si dos variables están integradas de diferentes órdenes, digamos que una es I(1) y la otra de orden I(2), no habrá cointegración, comúnmente en economía sólo tienen importancia las series integradas de orden **I(1)**, sin embargo para nuestro modelo el cual utiliza variables poco comunes se flexibiliza dicho criterio. (Gurjarati, 2009)

Para identificar formalmente las series no estacionarias se recurre a tres pruebas econométricas las cuales son:

- Estadístico Aumentado Dicky-Fuller (ADF)
- Prueba Phillip-Perron (PP)
- Prueba KPSS (KPSS)

Este proceso se debe realizar previamente ya que si las series son o no estacionarios. Los resultados estimados a partir de series no estacionarias son espurios y no tienen significado alguno. (Gujarati,2009). Dickey y Fuller (1979) sugieren los siguientes modelos para determinar la presencia o no de raíces unitarias.

$$\Delta Y_t = \partial Y_{t-1} + u_t \quad (\text{A})$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \partial Y_{t-1} + u_t \quad (\text{B})$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \partial Y_{t-1} + u_t \quad (\text{C})$$

La diferencia entre estas tres regresiones envuelve la presencia de componentes determinísticos: **Intercepto (drift) y tendencia (T)**. La primera es un modelo puramente aleatorio. La segunda añade un intercepto o término de deriva, **drift** y la tercera incluye intercepto y un término de tendencia El parámetro de interés en las 3 regresiones es  $\partial$ . Los pasos para determinar la prueba se basa en la siguiente hipótesis:

$H_0 = \partial = 0$  La serie es no estacionaria, por lo cual tiene raíz unitaria.

$H_1 = \partial \neq 0$  La serie es estacionaria.



Los estadísticos utilizados para la prueba es el  $t^* = \tau = \text{ADF}$  y los valores críticos MacKinnon. En esta prueba se contrasta el valor  $p^*$  de la siguiente manera:

Si  $t^* \leq \text{valor crítico DF}$  se rechaza  $H_0$ . La serie es estacionaria.

Si  $t^* > \text{valor crítico DF}$  se acepta  $H_0$ . La serie es no estacionaria.+

Para nuestro caso se optó por solo utilizar la prueba Dicky Fuller Aumentada ya que esta nos da una prueba sólida sobre las variables. La prueba aumentada de Dickey-Fuller (ADF) consiste en utilizar las ecuaciones auxiliares de la prueba básica DF. El estadístico de la prueba ADF resulta negativo en comparación con los valores críticos Mc Kinnon., mientras más negativo sea el estadístico ADF (con respecto a los valores críticos) más fuerte será el rechazo de la hipótesis nula sobre la existencia de una Raíz Unitaria o no estacionalidad. La ecuación de regresión ADF se basa en las regresiones de la prueba simple DF, pero aumentándolas con términos retardados de la variable, quedando de la siguiente manera:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \delta Y_{t-1} + \gamma \sum_{i=1}^p Y_{t-i} + e_t$$

A su vez el propósito de los retardos es asegurar que los residuos sean ruido blanco, estos según la teoría (Gujarati, 2009) deben ir disminuyendo hasta que se corrija la autocorrelación, para corroborar también se realizaron las pruebas PP y KPSS. Los resultados obtenidos al realizar el proceso en el programa E-Views fueron los siguientes:

Figura 15. Pruebas de Raíces Unitarias

Pruebas de Raíces Unitarias								
Prueba	ADF			PHILLIP-PERRON			KPSS	
Variable	A	B	C	A	B	C	$\eta_u$	$\eta_t$
Den	*-3.660295	*-3.900732	***-1.559025	*-5.417055	*-5.720178	***-1.649174	***0.377946	**0.206246
$\Delta$ Den	*-9.49435	*-8.421425	*-4.387563	*-6.008354	*-5.990843	*-4.474339	***0.041833	***0.02156
Prec	*-9.134623	*-8.421425	*-4.387563	*-6.008354	*-5.990843	*-4.474339	***0.041833	***0.021560
$\Delta$ Prec	*-7.202246	*-7.172047	*-7.239996	*-15.49838	*-15.44379	*-15.56231	***0.071545	***0.039580
Tem	*-6.21237	*-6.332311	(NA)-0.196463	*-5.166546	*-5.120464	(NA) 0.140043	*0.085745	*0.032701
$\Delta$ tem	*-6.436074	*-6.407868	*-6.463787	*-10.84111	*-10.6035	*10.95081	(NA) 0.122396	(NA) 0.05991
GSL	*-3.577038	*-3.094404	(NA) 1.088149	** -3.059472	(NA) -2.359344	(NA) 1.121060	** 0.710650	** 0.208962
$\Delta$ GSL	*-4.133939	*-4.583614	*-3.921691	*-8.299051	*-8.580220	*-8.188616	*** 0.377012	*** 0.102416

Donde A= Término Constante , B=Término Constante y Tendencia C=Ninguno Nota: Prueba al \*1% - \*\*5% - \*\*\*10%

En el caso de las variables en general al realizar la prueba ADF con *término constante*, *término constante con tendencia* y finalmente *ninguna de las dos anteriores*, los resultados son muy superiores a cualquier valor Mc Kinnon propuesto, a su vez la probabilidad asociada al estadístico tau es menor que el nivel 0.05, lo cual ratifica el rechazo de la hipótesis nula de no estacionalidad. De igual forma al aplicar la prueba PP se observa la misma tendencia, finalmente en el caso de la prueba KPSS como se observa en el cuadro se logra observar resultados igualmente positivos. En este sentido la mayoría de las variables son de orden  $I(0)$ , por lo cual se especifica la relación funcional a largo plazo y contrastaremos la existencia de raíz unitaria en los residuos, obteniendo de esta forma la ecuación:

$$Den = \alpha_0 + \alpha_1 Tem + \alpha_2 Prec + \alpha_3 GSL + \varepsilon_t$$

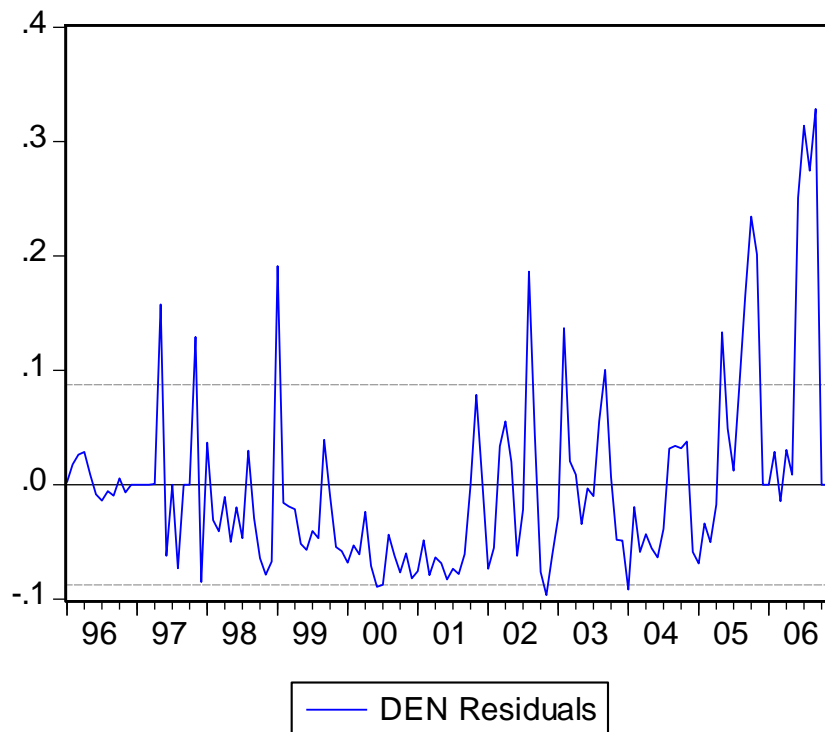
A la ecuación el agregamos variables *dummies*, principalmente en varios meses del año de 1997 el cual se explica por un fenómeno del *El Niño* atípico, al igual que en año 2001 en un mes donde se trato de cambiar la metodología de prevención de dengue, dicho fenómeno se repitió al principio y al final del año 2006. La mencionada ecuación se realizo en el programa econométrico E-Views obteniendo el siguiente resultado:

Figura 16. Modelo a Largo Plazo

Variable Dependiente: DEN				
Método: MCO				
Muestra: 1996M01 2006M12				
Included observations: 132				
Variable	Coficiente	Error Std.	Estadístico T	Probabilidad
TEM	-0.173902	0.020916	-8.314271	0.000
PREC	0.005711	0.00248	2.303128	0.023
GSL	0.013668	0.004709	2.902519	0.0044
D9701	0.394275	0.090636	4.350065	0.000
D9702	0.390919	0.088648	4.409799	0.000
D9703	0.377567	0.088161	4.282692	0.000
D9707	0.348974	0.088131	3.959739	0.0001
D9709	0.292674	0.088163	3.319678	0.0012
D9710	0.332534	0.088164	3.771758	0.0003
D0110	0.321662	0.087951	3.657296	0.0004
D0512	0.273426	0.088648	3.084413	0.0025
D0601	-0.371384	0.123757	-3.000921	0.0033
D0610	0.333494	0.088178	3.782061	0.0002
D0611	0.325151	0.088097	3.690841	0.0003
D0612	0.345501	0.088513	3.903385	0.0002
R2	0.57982	Media Variable Dependiente		-0.326157
R2 Ajustada	0.529542	S.D.Variable Dependiente		0.127581
E.S de Regresión	0.087508	Criterio Akaike		-1.927529
Suma de los residuos	0.895944	Criterio Schwarz		-1.599938
Verosimilitud	142.2169	Estadístico Durbin-Watson		0.889301

En este caso obtuvimos resultados positivos ya que la regresión no es espuria de acuerdo a los criterios de Granger y Newbold (Gujarati, 2009). Existen relaciones causales existentes, por otro lado la bondad de ajuste no es elevada, el indicativo DW es alto, quedando en claro que no es una relación espuria como indica el criterio que si  $R^2 > DW =$  relación espuria, a su vez el DW indica que hay existencia de cointegración. Posteriormente se analizan los residuos de la regresión, observando estacionalidad en los datos.

Figura 17. Gráfico de Residuales



La metodología tradicional de la regresión es aplicable a las series de tiempo sólo si los residuos estimados de la regresión son  $I(0)$  o estacionarios, para ello se puede identificar obteniendo la siguiente regresión:

$$\Delta \hat{U}_t = \beta MCE_{t-1}$$

Donde :  $\Delta \hat{U}_t =$  La primera diferencia de los residuos estimados

$\hat{U}_{t-1} =$  Es el primer rezago de los residuos estimados

Se realizaron las pruebas de raíces unitarias ADF, PP y KPSS, a los residuos para corroborar su comportamiento y orden de integración, obteniendo resultados óptimos presentados a continuación:

Figura 18. Pruebas de Raíces Unitaria del MECE

Pruebas de Raíces Unitarias del Mecanismo de Corrección de Erroes (MECEB)								
Prueba	ADF			PHILLIP-PERRON			KPSS	
Variable	A	B	C	A	B	C	$\eta_u$	$\eta_t$
MECE	*-6.072919	* -6.429583	*-6.096368	* -6.016238	*-6.362808	*-6.040075	**0.593261	* 0.291577

onde A= Término Constante , B=Término Constante y Tendencia C=Ninguno Nota: Prueba al \*1% - \*\*5% - \*\*\*10%

Posteriormente se realizó el *Mecanismo de Corrección de Errores*, dicho mecanismo, propuesto originalmente por Engle y Granger en el año 1987, tiene por finalidad ligar el comportamiento a Corto Plazo (CP) de las variables con el comportamiento a Largo Plazo (LP) de las mismas (Gujarati, 2009). Dado que las series están cointegradas implica que hay una relación estable de equilibrio a largo plazo entre ellas; no obstante en el corto plazo puede haber desequilibrio. El término error en la regresión de cointegración se interpreta como el error de equilibrio y es éste, precisamente, el que sirve para atar la conducta a corto plazo de la variable dependiente con su valor a largo plazo. Se realizó la ecuación a corto plazo en el software, se obtuvo la siguiente ecuación y resultados:

$$dDen=0.1376d*Gsl-0.2965*dTem+0.0020*dPrec-0.0760*MECE_{t-1}$$

Figura 19. Modelo a Corto Plazo

Variable Dependiente: DDEN				
Método: MCO				
Muestra (ajustada): 1996M07 2006M12				
Observaciones Incluidas: 126 después de ajuste				
Variable	Coefficiente	Error Std.	Estadístico T	Probabilidad
MECEB(-1)	-0.076048	0.038261	-1.987616	0.0496
DGSL(-5)	0.137694	0.011225	12.26674	0.000
DTEM(-5)	0.296591	0.087874	3.375176	0.0011
DPREC(-3)	0.002055	0.001054	1.94941	0.054
D9701	0.403805	0.031861	12.67403	0.000
D9704	-0.370055	0.031946	-11.58374	0.000
D9705	0.202223	0.031968	6.325774	0.000
D9706	-0.226444	0.032779	-6.908214	0.000
D9708	-0.528539	0.032778	-16.12477	0.000
D9709	0.305564	0.032259	9.472351	0.000
D9711	-0.233507	0.032033	-7.289597	0.000
D9712	-0.220446	0.032401	-6.803761	0.000
D9801	0.082597	0.032024	2.579235	0.0114
D9901	0.222692	0.031939	6.972448	0.000
D9902	-0.128266	0.019151	-6.697646	0.000
D01	0.365758	0.03196	11.44427	0.000
D0111	-0.244012	0.032058	-7.611512	0.000
D0208	0.177184	0.032218	5.499558	0.000
D0210	-0.136085	0.031904	-4.265476	0.000
D0302	0.114453	0.031907	3.587134	0.0005
D0310	-0.094105	0.032104	-2.93126	0.0042
D0412	-0.090812	0.031904	-2.846393	0.0054
D0505	0.164465	0.032099	5.123681	0.000
D0512	0.114561	0.033661	3.403375	0.001
D0601	-0.304174	0.031874	-9.542943	0.000
D0606	0.221597	0.033121	6.690518	0.000
R2	0.939336	Media Variable Dependiente		0.003286
R2 Ajustada	0.924171	S.D. Variable Dependiente		0.115595
E.S de Regresión	0.031832	Criterio Akaike		-3.875123
Suma de los residuos	0.101326	Criterio Schwarz		-3.289859
Verosimilitd	270.1328	Estadístico Durbin-Watson		1.964036

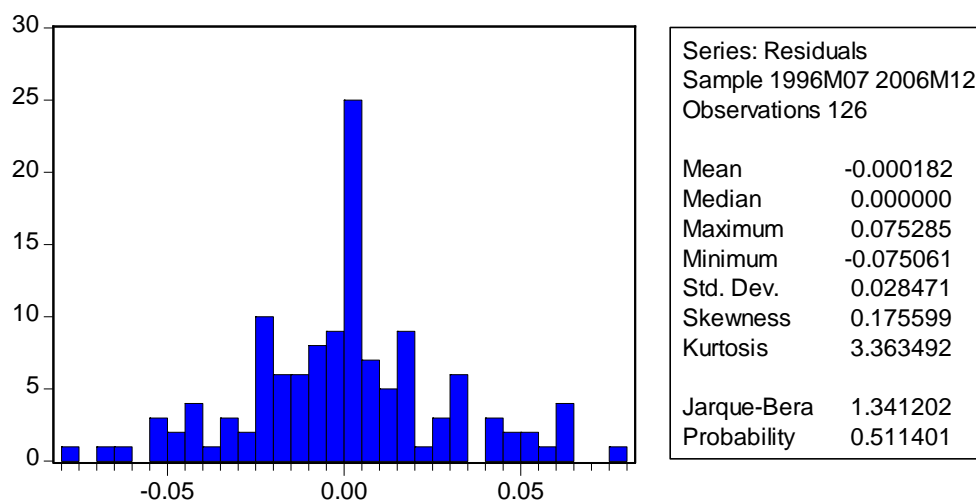
El termino  $-0.0760 \cdot \text{MECEB}_{t-1}$  es el mecanismo de corrección de errores (MECEB), el cual presenta un signo negativo lo cual es correcto y el coeficiente esta en el rango. El signo negativo actúa para reducir el desequilibrio en el próximo período, en nuestro caso,

mensualmente. En efecto, si las variables están en desequilibrio en el período t-1, entonces el MCE actúa para restaurar las variables gradualmente hacia el equilibrio en el período t, o en el futuro. En el presente ejercicio se observa que la desviación del dengue respecto a su nivel de equilibrio de largo plazo se corrige mensualmente en un 7 por ciento, aproximadamente.

Para ajustar el modelo conforme la teoría de los MECEB se ajustaron las variables en diferencias del gasto en salud, la precipitación y la temperatura con rezagos, en el caso del gasto en salud y la precipitación se rezago en 5 periodos y la temperatura en 3, a su vez se agregaron variables *dummies* para ajustar la normalidad del modelo, el caso de las dummies del año 1997 y principio de 1998 como ya se menciona se debe a la anomalía en el efecto climático del El Niño en este año en particular. Posteriormente las variables dummies restantes se deben a intentos de cambios en la prevención del dengue, según consultas realizadas a las autoridades locales. A este modelo se le realizaron las pruebas asociadas a la normalidad, homocedasticidad y autocorrelación. En primera instancia se corrigió la autocorrelación con la inserción de las variables rezagadas y dummies. Para efectos de comprobación del modelo se opto por realizar las siguientes pruebas: Jarque-Bera, Arch LM, Serial Correlation LM , CUSUM y Cusum Cuadrado.

En primer lugar se realizó el histograma con la prueba Jarque-Bera:

Figura 20. Prueba Jarque-Bera



Como resultados obtuvimos un modelo normalizado con una Jarque Bera menor a 5.99 y una probabilidad de 0.51, lo cual nos da como resultado una función con datos normalizados. En seguida se optó por realizar la prueba Breusch-Godfrey LM, en la cual se aplicaron 12 rezagos por tratarse de datos mensuales, como se observa en resumen se acepta la hipótesis nula de ausencia de autocorrelación de cualquier orden inferior a 12, sin embargo si se aumenta el grado de confianza a 10% los datos se deben tomar con cautela.

Figura 21. Prueba Breusch-Godfrey

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	1.006678	Prob. F(12,88)	0.449862
Obs*R-square	15.2042	Prob. Chi-Square(12)	0.230459

En el caso de la prueba ARCH es válida solo asintóticamente y como  $H_0$  plantea la homoscedasticidad frente a una  $H_a$ . Para nuestro caso fue efectiva y nos muestra una tendencia a favor de la homocedasticidad con valor superior a .05.

Figura 22. Prueba ARCH

ARCH Test:			
F-statistic	1.731317	Prob. F(16,93)	0.053962
Obs*R-square	25.24516	Prob. Chi-Square(16)	0.065618

Para confirmar esta tendencia a favor de la homocedasticidad se reforzó realizando la prueba de White. La prueba White plantea otra regresión auxiliar distinta, donde en la parte sistemática aparecen las explicativas, el cuadrado de las mismas y los dobles productos no redundantes. La endógena es la misma que en el contraste ARCH. Este contraste también es válido solo asintóticamente. Para nuestro caso no hay evidencia a favor a la heterocedasticidad.

Figura 23. Prueba White

White Heteroskedasticity Test:			
F-statistic	1.379867	Prob. F(30,95)	0.122471
Obs*R-square	38.24084	Prob. Chi-Square(30)	0.143663

Finalmente se realizaron los gráficos CUSUM y CUSUM al cuadrado, donde se analizó si los datos se encontraban dentro de las bandas de tendencia, en las cuales logramos observar resultados positivos al observar la tendencia que nuestros datos seguían.

Figura 24. Prueba Cusum

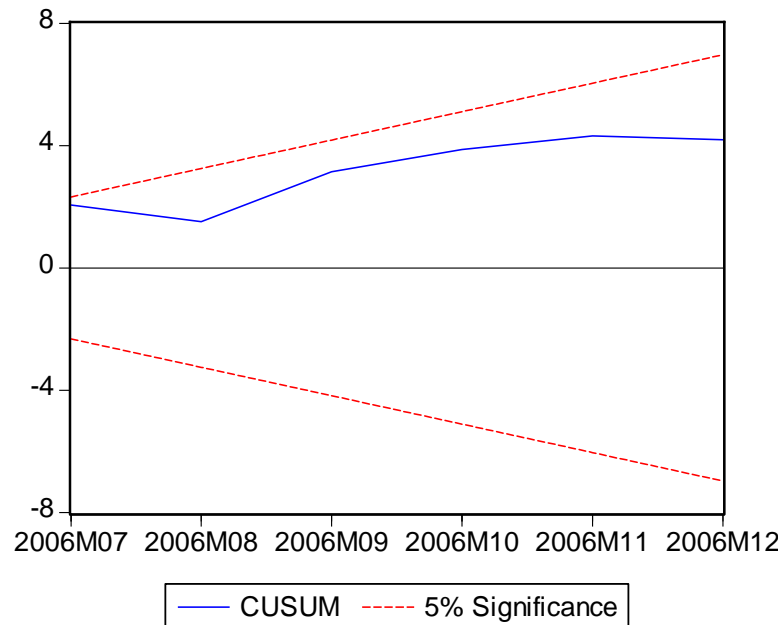
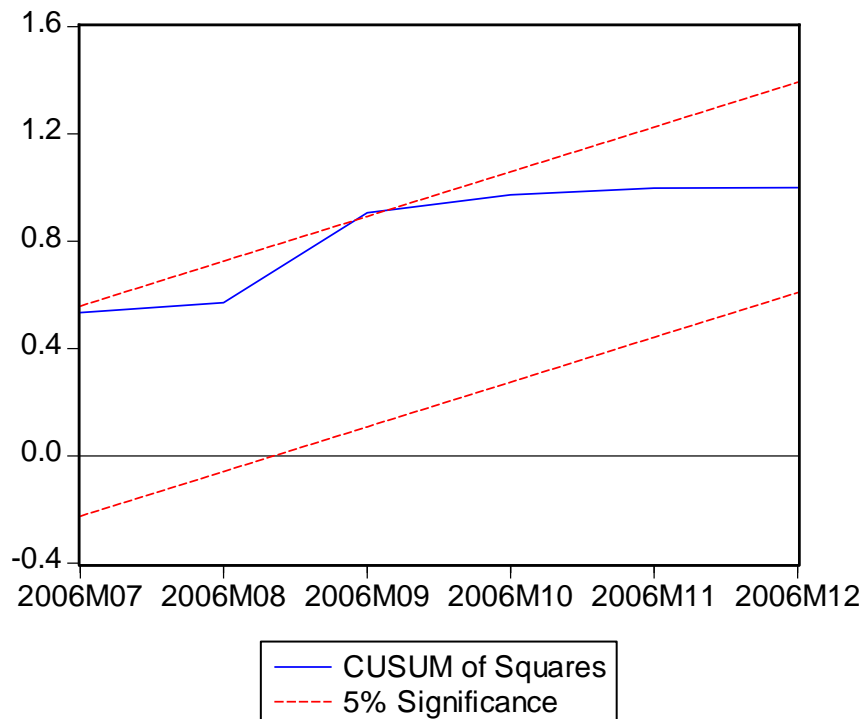


Figura 25. Prueba Cusum Cuadrada





Logrando validar las pruebas con éxito podemos llegar a la conclusión que el modelo es un modelo eficiente, sin embargo se debe tomar con cautela debido a la naturaleza de los datos. El modelo muestra un  $R^2$  de alrededor del 93% de explicación, sin embargo las variables explicativas tuvieron que ser rezagadas, lo cual se puede entender por la dinámica de la enfermedad y de la incidencia climática. En este caso la variable precipitación es la que resulto con mayor dificultad de asociar, y a la cual se vuelve significativa si se e laxo en su interpretación. A su vez la variables dummies cumple una función importante en la explicación del modelo debido al ajuste que realizan debido a los años atípicos y cambios de políticas. En general las variables temperatura, gasto en salud y precipitación responden de manera positiva a cualquier incidencia del dengue. En general se observa que el modelo explica el dengue en relación con estas variables, sin embargo se deben tomar con cautela los resultados debido a que los datos meteorológicos son sensibles a factores no medibles, en conclusión tenemos una guía para ratificar las tendencias de estudios a nivel mundial.

## 4. Reflexiones finales

Se observaron similitudes entre los factores climáticos y el aumento de ETV's, estudiando desde diferentes perspectivas científicas como lo son los estudios epidemiológicos emprendidos por las OMS, los estudios económicos a nivel global y nacional. En el caso del estado de Guerrero se logro observar que en el tiempo la variable de la temperatura ha tenido y tendrá una gran influencia en la proliferación del dengue, sin embargo se necesitan hacer estudios más profundos con una mayor combinación de variables así como series de tiempo más amplias y un mayor rigor estadístico. También se detecto que las variables climáticas influyen de manera compleja con respecto al dengue en el estado. En otro rubro la variable de gasto en salud se convierte en un factor marginal debido a que no se destina el recurso a la prevención sino al gasto corriente en atención.

La incidencia de dengue por efecto del cambio climático es un tema que se ha aceptado casi por completo, pero a su vez ha generado controversia en algunos sectores, debido al hallazgo de resultados similares al realizado en el estudio. Por un lado, la investigación en temas referentes a la salud humana debe tomar factores tanto exógenos como endógenos, ya que un conjunto de variables influye en el momento oportuno para generar las epidemias. Por otro lado como concluye Paul Reiter (2001) en su estudio sobre vectores y cambio climático: *La historia [del dengue] es compleja, y la interacción con el clima, la ecología, la biología de los vectores, y muchos otros factores desafía el análisis simplista. El reciente resurgimiento de muchas de estas enfermedades es una causa importante de preocupación, pero es fácil atribuir este resurgimiento al cambio climático, [cuando] los determinantes principales son la política, economía, y las actividades humanas. Una aplicación creativa y organizada de recursos se necesita con urgencia para controlar estas enfermedades, independientemente del cambio climático futuro.*

Se debe analizar con cautela la asociación de los efectos de cambio climático, los cuales obviamente tendrán consecuencias desastrosas de no prevenirse o buscar formas de adaptación eficientes, pero a su vez también debemos realizar un análisis a profundidad y no asociar de manera irracional todo problema con dicho fenómeno, ya que encontraremos como en nuestro caso que son múltiples factores los que influyen no solo en la generación

sino que incrementan sus consecuencias por la falta de acción traduciéndose en consecuencias muchas veces catastróficas. Finalmente se demostró con las herramientas estadísticas que el tratamiento de variables de salud humana es complejo y que la variabilidad en su comportamiento dificultan el análisis real de las variables, dado su constante cambio.

## Bibliografía

- Abler David, (2001), “*Climate Chance and Agriculture in Chesapeake Bay Region*”, American Agriculture Economical Asosiation, Chicago August 2001
- Alarcón (2008), “*Gurrero: Cambio o Retroceso 2ed*”, Publidisa, México D.F.
- Arias, Sandra (2008), *Periódico On-Line: Los tiempos.com*, Cochabamba - Bolivia  
Lunes, 19 de mayo de 2008
- Azqueta D. y Ferreiro A., (1994), “*Análisis Económico y Gestión de Los Recursos Naturales*”, Alianza Editorial.Madrid.
- Azqueta D. (1996) “*Desarrollo y Subdesarrollo*”, *Ecological and Economics*, 56.
- Azqueta D. y G. Delacámara (2006) “*Ethics economics and enviromental managment*”, *Grandes Cuestiones de la Economía, n 11*, Madrid FA
- Azqueta D. (2007), *Introducción a la economía ambiental*, Mc. Graw Hill Ed.  
Madrid, Epaña
- Banco Mundial., (2005), *World Development Indicador*. Washington
- Barbancho, A. (1962), “*Fundamentos y posibilidades de la Econometría*”, Mc. Graw Hill,
- Binimelis G, (2007) “*Ciclones Tropicales: Conceptos generales y posibles implicaciones en condiciones de cambio climático*”, Centro de Cambio Climático, Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM

- Binimelis G., Olivera .M, Orbe R, (2008) “*La dimensión Económica de los Desastres Naturales asociadas al cambio climático*”, Revista Búsqueda, IIES-Universidad Mayor de San Simón, La Paz, Bolivia
- Blanchard, O.J, (2000), “*Macroeconomía*”, 2da Edición. Madrid: Prentice Hall
- Cassoni, E. (1991), “*Prueba de diagnostico en el modelo econométrico*”, CIDE, México D.F
- Castañeda Vásquez, Walter Carlos de Kristov (2000), UNPRG – Lambayeque Abril, 2000*
- CEPAL (2003) “*Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres*”, Tomo I y III, Santiago de Chile
- CEPAL (2005), “*Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales*”, Cuaderno CEPAL no.91, Santiago de Chile
- Chang, C.C.: 2002, “*The potential impact of climate change on Taiwan’s agriculture*”, *Agric. Econ.* 27, 51-64
- CONAGUA (2005), “*Anuario de la situación hidrica en México*”, CONAGUA, México, D.F
- CONAPO, (2005), “*¿Cuántos somos en México*”, Consejo Nacional de Población.
- Field, B y Field M. (2003), *Economía Ambiental*, Mc. Graw Hill ed. Madrid, España
- Foo LC, Lim TW, Lee HL, Fang R. 1985. *Rainfall, abundance of Aedes aegypti and dengue infection in Selangor, Malaysia. Southeast Asian J Trop Med Public Health* 16(4): 560-568.
- Galindo Paliza Luis Miguel, (2009), *La economía del cambio climático en México*, SEMARNAT-SHCP

- Gay, C., Conde, C., Eakin, H., and Villers, L.(2006), “*Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, México*”. *Climate Change*
- Gay, C., Conde, C., Sánchez, O., 2008. “*Escenarios de Cambio Climático para México. Temperatura y Precipitación*”. [Documento en línea]. Disponible desde internet en [http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com\\_content&view=article&id=61&Itemid=74](http://www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=74)
- Greene, W.H, (1998), “*Análisis Económico*”, 3ra Edición, Prentice Hall, Madrid
- Guimarães, R.P., (1994), “*El Desarrollo Sustentable: ¿Propuesta Alternativa O Retórica Neoliberal?*”. *Revista EURE*, Vol. XX, N. 61.
- Gutierrez, C (2008), “*Salud y Cambio Climático*” Sistema Peruano de Salud presentaciones de trabajo.
- Halstead SB. 1997. *Epidemiology of dengue and dengue hemorrhagic fever En: Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever*. (Gubler DJ, Kuno G, eds). New York: Cab International, 25.
- Heller P. y Mani M. “*La adaptación al cambio climático*”, *Finanzas Públicas del FMI*.
- Hernández, F. (coord.) (1999). *El calentamiento global en España: Un análisis de sus efectos económicos y ambientales*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Hoyos, C. D., P. A. Agudelo, P. J. Webster, J. A. Curry, (2006). “*Deconvolution of the Factors Contributing to the Increase in Global Hurricane Intensity*”. Science Express. March
- INE (2007), “*Cambio Climático: Una Visión desde México*” Adrián Fernandez Bremauntz, Julia Martínez, Patricia Osnaya Ruiz (Compiladores), México 2008
- INEGI, (2003), “*Sistema de Cuentas Nacionales*”, Información en línea.
- INEGI, (2003), “*Estadísticas Estatales*”, Información en línea.
- INEGI, (2005), “*Anuarios Estadísticos Estatales*”, Guerrero, INEGI Información en línea.
- INEGI, (2005), “*Censo Nacional de Población*”, INEGI Información en línea.
- INEGI-ENIGH, (2005), “*Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares*”, Guerrero, INEGI Información en línea.
- INEGI-SCN (1998-2004), “*Sistema de Cuentas Nacionales*”, INEGI, compilación de cifras históricas.
- INEGI, (2000-2007), “*Anuarios Estadísticos Estatales*”, Guerrero, INEGI compilación
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), Climate Change (2001): “*Shyntesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the IPCC*”; informe compilado por R.T Watson y el Core Team, Cambridge, Cambridge University Press, 2001.

Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), IV Assessment Report Climate Change (2007)

International Institute For Environment Development – IIED Base de Datos 2005

Jofré González J. F., (2001), “*Conceptos Introdutorios de La Economía de Los Recursos Naturales*”, Santiago de Chile

Lobe, Jim. *Revista On-Line: Punto ambiental.com*, Septiembre 02, 2005

Martínez, Gregorio. Lara Ignacio (2000)., “*Producción y rentabilidad del cultivo de maíz en el estado de Guerrero.*” *RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DEL PRIMER SEMINARIO DE TITULACIÓN EN ECONOMÍA Y COMERCIO DE 1999, UCHP, Noviembre 2000*

Martinez Julia et al (2004). “*Cambio Climático: Una visión desde México*”, INE McKnight, Tom L; Hess, Darrel (2000). «*Climate Zones and Types: The Köppen System*», *Physical Geography: A Landscape Appreciation. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall*

Mendelsohn R., Dinar A. (2000), “*Efficient adaptation to climate change*”, *Climate Change*, No. 45, 2000, pags. 583-600

Narro-Robles J. et al (1995), “*El dengue en México: un problema prioritario de salud pública*” *Salud Pública México* 1995, suplemento 13: 20-25

Newton CE, Reiter P. (1992), A model of transmission of the dengue fever with an evaluation of ultra low volumen (ULV) insecticide applications on dengue epidemic. *AM Trop Med Hyg* 1992: 47(6): 709-720

O’Riordan, T., (1988), “*The Politics of Sustainability*” (*En Sustainable Management: Principle and Practice*, Turner, R.K., (Ed), Londres y Boulder, Belhaven Press y Westview Press.



Olivera V. Marcelo (2007), "*Valoración de áreas Protegidas en Bolivia*", UNAM, México.

Pindyck R., (2001), *Econometría: Modelos y pronósticos*, 4ed Mc. Graw Hill, Madrid España

Pearce, D. W. and Turner K. R., (1995), "*Economía de Los Recursos Naturales y Del Medio Ambiente*", Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Pearce, D. W. Económica, F. D. C., Ed., (1976), "*Economía Ambiental*", México.

Pearce, D. W. Económica, F. D. C., Ed., (1985), "*Economía Ambiental*", México.

Reiter P. (1998). *Weather, vector biology, and arboviral recrudescence*. En: *The Arboviruses: Epidemiology and Ecology* (Monath TP, ed). Florida: CRC Press, 245-255.

Reiter P., (2001), *Climate Change and Mosquito-Borne Disease*. *Environ Health Perspect*, 109(suppl 1):141–161 (2001).  
<http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2001/suppl-1/141-161reiter/abstract.html>

Reyes Osorio, (1974), "*Estructura Agraria y Desarrollo Agrícola en México* ", FCE, 1974

SEDECO GUERRERO, (2007), "*Informe de la situación económica del estado de Guerrero*", Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Guerrero, Chilpancingo, Guerrero.

SEDESOL, (2006), "*Situación de la Pobreza en México*", Secretaria de Desarrollo Social

SEMARNAT (2007), *¿Qué es el cambio climático?*, Documento en línea

Sexto Informe de Gobierno (2006), *Sexto Informe de Gobierno del C. Presidente Vicente Fox Quesada* Oficina de la Presidencia

- Spanos, A. (1986), "*Statistical foundations of econometric modelling*", Cambridge University, Cambridge U.K
- Stanvenhagen Rodolfo, (1974), "*Desarrollo Agrícola en México*", FCE. 1974
- Stern, Nicholas. (2007), "*Stern Review on the Economics of Climate Change*" (*El informe Stern: La verdad sobre el cambio climático*). Ed. Paidós, Madrid España
- Tol, R.S.J. (2002), '*New Estimates of the Damage Costs of Climate Change, Part I: Benchmark Estimates*', *Environmental and Resource Economics*, 21 (1), 47-73.
- Vazquez Aguirre Jorge L. (2007), "Variabilidad de la precipitación en la república Mexicana", Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM.
- Vega López E.,(2008) "*Por una transversalidad ambiental: in situ, ex ante*", Economía Informa, 2008 Facultad de Economía UNAM.
- Webster, P. J. and J. A. Curry. (2006). *Climate Impacts and Adaptation Responses in Latin America A Glimpse into the Near Future. Written composite version of papers delivered on November 7, 2006 at The World Bank's Panel on "Climate Impacts and Adaptation Responses in Latin America."*
- Wigley, T.M.L. (1985), "*Impact of extremes events*", *Nature*, no. 316, págs. 106-107
- Wilsie, C., (1956), "*Cultivos, aclimatación y distribución*", Zaragoza, España, Acribia.

Wooldridge, J.M, (1960), *“Introducción a la econometría; Un enfoque Moderno”*,  
3ra Edición. Thomson Learning Ed. México

World Health Organization (WHO) 2009, *“Protecting health from climate change:  
connecting science, policy and people”*- WHO Library

World Resources Institute (WRI) 2007, *“World Situation: Annual Report 2007”*

World Resources Institute (WRI) in collaboration with United Nations  
Development Programme, United Nations Environment Programme, and  
World Bank. 2005. *“World Resources 2005: The Wealth of the Poor—  
Managing Ecosystems to Fight Poverty”*. Washington, DC: WRI.

VII Censo Agrícola, (1991), *“Censo Agrícola”*, INEGI 1991 Información en línea.