



Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México
Número de Contrato: INE/ADE-008/2007

Dra. María Eugenia Ibararán Viniegra
Universidad Iberoamericana Puebla

Melissa Rodríguez Segura

Reporte Final
16 de noviembre de 2007

Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México

1. Introducción	3
2. Vulnerabilidad ante el cambio climático: contexto socioeconómico	4
2.1 Introducción	
2.2 Impactos físicos esperados del cambio climático: México	
2.3 Riegos de desastres naturales	
2.4 Resiliencia y vulnerabilidad ante el cambio climático	
2.5 Desigualdad del Ingreso	
2.6 Evaluación de los factores de la Vulnerabilidad Agregada	
2.7 Comentarios finales	
3. Valoración Económica de la Calidad Ambiental	19
3.1 Introducción	
3.2 Metodologías de valoración económica de la calidad ambiental	
4. Estimación de los costos derivados del cambio climático	21
Agricultura	
Ecosistemas	
Agua	
Salud	
5. Estimación de beneficios de mitigación en el Sector Energía	45
6. Costos de Adaptación en la Agricultura	47
7. Recomendaciones Finales	51
Bibliografía	56

1. Introducción

El cambio climático ha ido imponiendo mayores costos a la sociedad y a los ecosistemas. El contexto socioeconómico propio de México y el crecimiento poblacional y económico tienen ya inercias de uso de los recursos y servicios ambientales que los han llevado a un franco deterioro en varios casos. Esto aunado al cambio climático presenta un problema serio que se debe enfrentar como sociedad.

Este estudio es una primera aproximación a cómo es que se puede abordar el análisis del contexto socioeconómico de México ante la tendencia actual de crecimiento poblacional, económico y de uso de recursos naturales y generación de contaminantes. En la primera sección se sugiere una forma de calcular la vulnerabilidad agregada en México a partir de indicadores socioeconómicos, medioambientales, riesgos de desastres naturales, dados los impactos esperados del cambio climático.

El segundo objetivo de este estudio es mostrar la aplicación de distintos métodos de valoración económica para determinar el impacto del cambio climático a algunos sectores, los beneficios de la mitigación de energía y los costos y beneficios de algunas medidas de adaptación en el sector agrícola. Si bien se cumplió con el objetivo en tanto se analizaron los principales métodos de valoración y se aplicaron a sectores particulares, hay mucho por hacer aún.

Así, este estudio se divide en siete secciones. La sección 2 hace un análisis del contexto socioeconómico actual y calcula la vulnerabilidad agregada a partir de los impactos esperados del cambio climático, del riesgo de la ocurrencia de distintos eventos naturales, de la resiliencia estimada ante el cambio climático y de la distribución del ingreso. En la tercera sección se discute la importancia de hacer una valoración económica del medio ambiente y se plantean las metodologías de valoración. En la sección 4 se aplican estas metodologías para hacer ejercicios de valoración aplicados (parciales) en la agricultura, ecosistemas, agua y salud. Hasta este momento no se ha obtenido el valor del costo total para ningún sector, dada la carencia de datos. En la sección 5 se presenta un ejercicio para valorar los costos evitados de la mitigación a través de políticas en el sector de uso de energía y en el sector transporte. Aún cuando se presentan algunos resultados, es necesario ampliar esta valoración a otras opciones de mitigación. En la sección 6 se describe la naturaleza de la adaptación, tanto para reducir daños como para aumentar la resiliencia ante el cambio climático. Por la importancia para el sector, el análisis de la adaptación se enfocó al sector agrícola. Se describe ahí la manera en que debieran incorporarse costos y beneficios para ver los costos netos de la adaptación. Sin embargo, por la falta de información no se hizo ningún ejercicio. Por último en la sección 7 se presenta una evaluación crítica de lo que logró este estudio y a partir de ello las principales recomendaciones que debieran contemplarse en un estudio futuro de mayor envergadura.

2. Contexto Socioeconómico

2.1 Introducción

México es un país vulnerable ante el cambio climático. Esto ha estado documentándose en varios estudios (Gay 2003, Ibararán et al 2007, Tejeda 2007). La vulnerabilidad tiende a afectar a todos los sectores económicos en mayor o menor medida así como a todas las regiones del país, aunque de diferente manera tanto en intensidad y frecuencia como por tipo de afectación. Dicha vulnerabilidad proviene principalmente de dos fuentes: localización geográfica y nivel de desarrollo en el sentido amplio de la palabra, determinado por su situación socioeconómica y por la infraestructura con la que cuenta.

Existen muchas formas de medir la vulnerabilidad ante el cambio climático. En este estudio combinamos la información a partir de varios estudios para calcular la vulnerabilidad agregada a nivel estatal. Tomamos el estudio de Dilley et al (2005) que determina el riesgo relativo de distintas zonas en mortalidad y pérdidas económicas ante diferentes tipos de desastres naturales. Combinamos esto con información de Gay (2003) que analiza cuatro fuentes de afectaciones que se darán a partir del cambio climático. Tomamos además estudios recientes de la vulnerabilidad estatal con base en Ibararán et al (2007) y finalmente tomamos información de desigualdad del ingreso a partir de Reyes et al (2007). Al final se obtiene una jerarquización de los estados de acuerdo a su vulnerabilidad agregada ante el cambio climático.

Existe ya el riesgo de ocurrencia de distintos desastres naturales sobre diferentes regiones de México que con el cambio climático se verán potenciados. En la segunda sección se presenta un atlas de riesgos (Dilley, 2005), y se explica cómo es que estos guardan relación con el cambio climático. La sección tres hace un recuento de los principales efectos del cambio climático sobre México, a partir del análisis de Gay (2003). La sección cuatro, por su parte, presenta el análisis del índice de resiliencia calculado para todos los estados del país (Ibararán et al 2007), donde se describen los indicadores que servirán para construir el contexto socioeconómico de las distintas regiones ante el cambio climático. La quinta sección describe el comportamiento de la desigualdad tanto en el tiempo como entre regiones. En la sección 6 se propone una agregación de los indicadores anteriores, describe la metodología seguida y por último presenta los resultados de la vulnerabilidad agregada ante el cambio climático por zona. Las principales conclusiones de este análisis se presentan en la última.

2.2 Riesgos de desastres naturales

El cambio climático en sí mismo se espera que tenga un impacto directo en condiciones meteorológicas y en un aumento en la intensidad de los fenómenos

naturales. En esta sección se analiza la ocurrencia de los principales desastres naturales en México que eventualmente podrían verse potenciados por el cambio climático. Así mismo, presenta un atlas de riesgos que indican la ocurrencia de estos eventos en el futuro, así como su impacto en mortalidad y pérdidas económicas. Estos mapas de riesgo permiten, además, ver la distribución geográfica de estos eventos así como sentar las bases para analizar la vulnerabilidad de la población.

En particular, el cambio climático tiende a incrementar la frecuencia y la intensidad de eventos climatológicos extremos como huracanes, sequías, tormentas y olas gélidas y de calor (Emmanuel, 2005). Estos *eventos* naturales, en ocasiones, se convierten en *desastres* naturales dependiendo de su fuerza, el lugar donde pegan, la vulnerabilidad de los ecosistemas locales, de la infraestructura, la población expuesta y las actividades económicas que afectan (Rasmussen, 2004). Un desastre natural ocurre cuando un número grande de personas o de activos se ven dañados durante un evento natural (Dilley et al, 2005).

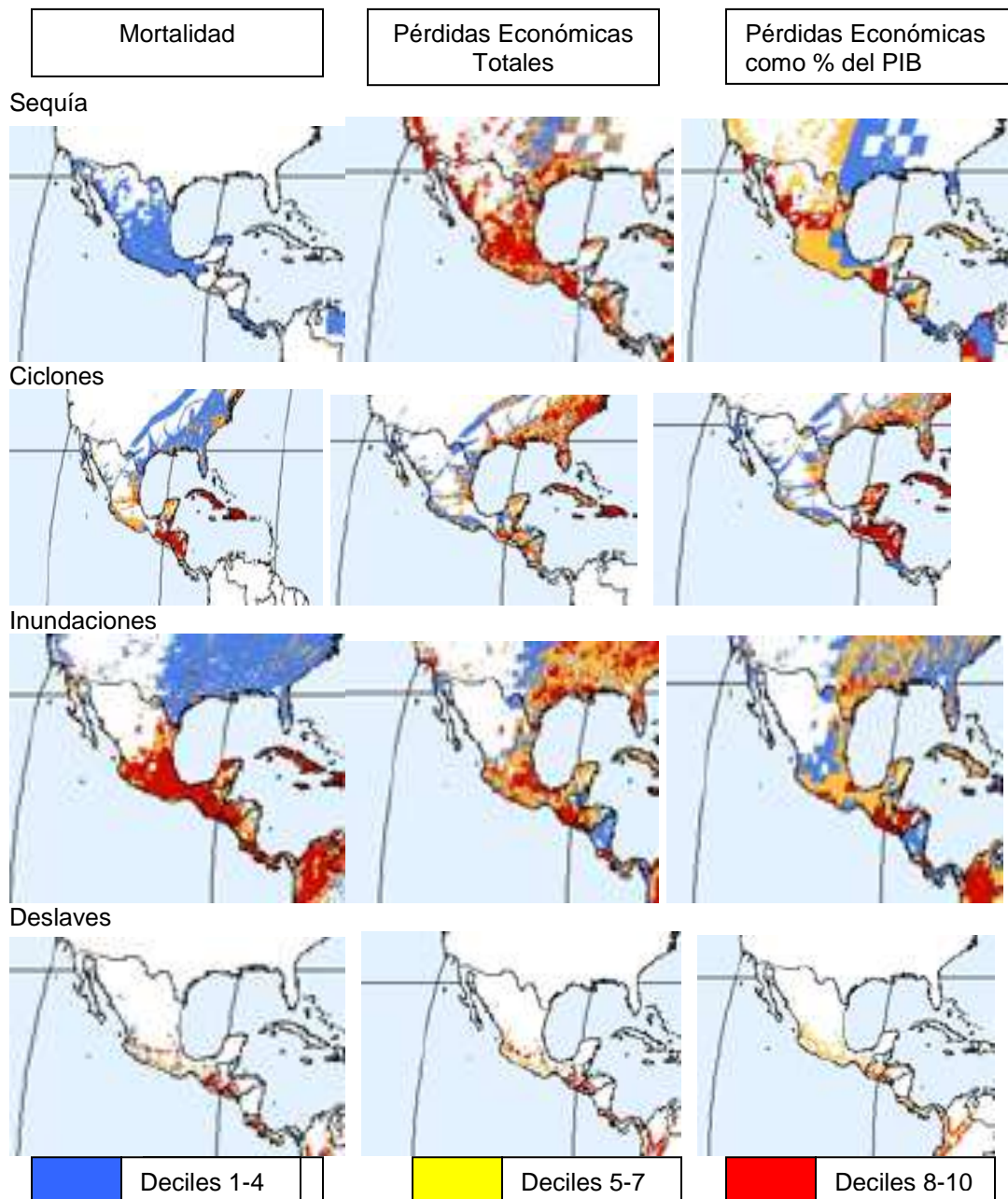
Independientemente de los efectos esperados del cambio climático, existe cierta probabilidad de ocurrencia de desastres naturales. México está en riesgo de ciclones, sequías, inundaciones, y deslaves, además de temblores y erupciones volcánicas. La ocurrencia de estos eventos naturales ha tenido un impacto negativo sobre la población, volviéndose verdaderos desastres que cobran vidas humanas, causan lesionados y desplazados y tienen un importante costo económico. En particular, condiciones de sequía son de los eventos más costosos para el país, pero sin duda los más frecuentes son los huracanes y las tormentas tropicales. Las inundaciones también son eventos muy importantes al menos en función del número de afectados. Los temblores, aun cuando son un desastre muy costoso en términos de vidas, no serán objeto de análisis dado que no hay causalidad entre un incremento en su frecuencia e intensidad con el cambio climático. El análisis de la actividad volcánica también se dejará fuera de este estudio por la misma razón.

Además de la afectaciones ya ocurridas, Dilley et al (2005) han hecho un atlas de riesgos futuros a nivel mundial que indica los lugares que tienen un mayor riesgo de que ocurran daños asociados a eventos naturales. Determinan pues los riesgos de pérdidas asociadas a los principales desastres, los riesgos de desastres naturales específicos, los niveles relativos de riesgo, la distribución geográfica a nivel subnacional de los riesgos y los riesgos de eventos múltiples. Calculan los riesgos de mortalidad y de pérdidas económicas asociados a distintos desastres, i.e. ciclones (huracanes y tormentas tropicales), sequía, inundaciones, derrumbes, temblores y actividad volcánica. Para ello, calculan tres índices de riesgo de desastre:

- 1) Riesgo de mortalidad asociado a desastres naturales, de acuerdo a la distribución de la población mundial

- 2) Riesgo de pérdidas económicas totales, en función del PIB global
- 3) Riesgo de pérdidas económicas expresadas como proporción del PIB de la región.

Figura 1. Impactos de la los desastres naturales en México



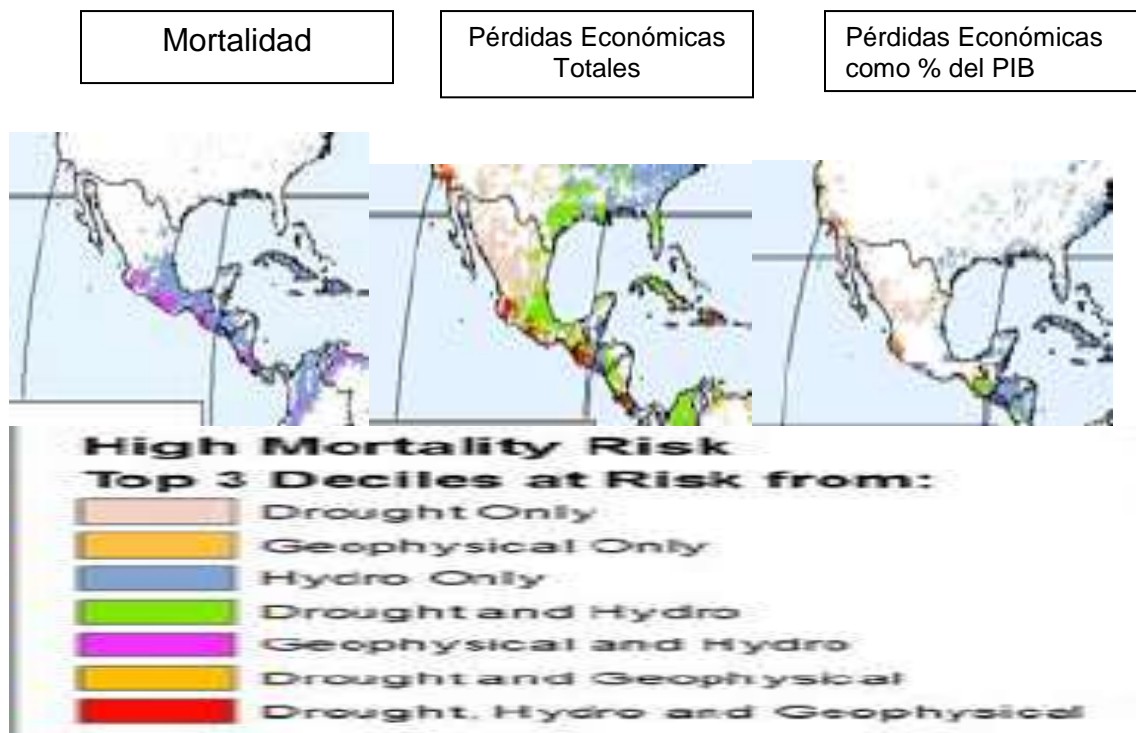
Fuente: Dilley et al, 2005.

El riesgo ante distintos desastres naturales se obtiene a partir de la exposición observada en cada celda, y se muestran en la Figura 1. Se obtiene multiplicando la frecuencia del evento por la población (o el PIB). Para obtener el riesgo de que ocurra un evento se multiplica la población o el PIB expuesto (de la

operación anterior) por la vulnerabilidad. La vulnerabilidad a su vez se determina mediante la tasa de afectación por desastre para cada combinación de regiones indicada por el Banco Mundial y grupo de riqueza del país.

Finalmente para obtener los resultados se clasifican todas las celdas de acuerdo al nivel de riesgo. El 30% de las celdas con mayor nivel de riesgo se marcan en **rojo**, el 30% siguiente en **amarillo**, y el 40% restante en **azul**. Las zonas en blanco no fueron analizadas por tener una población muy baja y poca actividad agrícola o no son afectadas por el evento en cuestión. Los paneles de la Figura 1 presentan los resultados para México como detalle del contexto mundial. Para mayor explicación de la metodología, es recomendable consultar el documento original.

Figura 2. Riesgos por la ocurrencia conjunta de desastres naturales



Fuente: Dilley et al, 2005.

Como se puede ver a partir de la Figura 1, algunas regiones de México están expuestas a un alto riesgo de pérdidas económicas por sequías y de mortalidad por ciclones. Este análisis permite entonces mapear las zonas de riesgo y el tipo de riesgo (mortalidad o pérdidas económicas) que enfrentan las distintas zonas del país debido a distintos desastres naturales que están relacionados con condiciones meteorológicas, i.e. sequía, inundaciones, ciclones y deslaves. La Figura 2 muestra las zonas de mayor riesgo de mortalidad y de pérdidas económicas a partir de los desastres indicados anteriormente así como de actividad volcánica y de temblores.

Es importante destacar que muchos de estos desastres tienden a presentarse con mayor frecuencia e intensidad debido al cambio climático. Estos resultados no muestran la interacción potencial entre el cambio en estas frecuencias e intensidades y los patrones de desarrollo y de asentamientos humanos, que podrían incrementar tanto el riesgo de mortalidad como de pérdidas económicas en una región.

2.3 Impactos físicos esperados del cambio climático

Gay (2003) hace un recuento de los efectos esperados por el cambio climático para México. Para ello, se analizan los resultados de dos modelos: el modelo Canadiense de Cambio Climático (CCC) y el Geophysical Fluid Dynamics Model (GFDC). En resumen, ambos predicen que si se duplica la concentración de carbón en la atmósfera habría un aumento en la temperatura en México. Los resultados sobre la precipitación son ambiguos.

En general los mayores efectos se sufrirán en el norte y en el centro del país, afectando la agricultura y la vida urbana principalmente. En particular los sectores afectados serán el sector agropecuario y el forestal a través de desertificación y sequía y una mayor incidencia de incendios forestales. Las zonas costeras también se verán afectadas por el aumento en el nivel medio del mar. Como se puede observar en las Figuras 3 a 6 todas las regiones se verán afectadas de alguna manera por estos efectos.

Por su parte, Tejeda (2007) hace una revisión bibliográfica de la investigación existente de los impactos físicos del cambio climático en México. Sus resultados incluyen a los descritos a partir de Gay (2003) y el de muchos otros investigadores (ver artículo original). Describe los efectos sobre paleoclimas y concluye, a partir de los estudios revisados, que habrá una mayor incidencia de eventos extremos futuros. Además, cita múltiples estudios donde se describen los efectos sobre la agricultura, los bosques, la biodiversidad y áreas naturales protegidas, las zonas costeras y las zonas urbanas. Todos estos efectos apuntan a que habrá una vulnerabilidad importante en varias zonas del país por sus condiciones físicas y características poblacionales, llevando a altos niveles de riesgo económico, social y ambiental.

Figura 3. Escenarios de producción de maíz

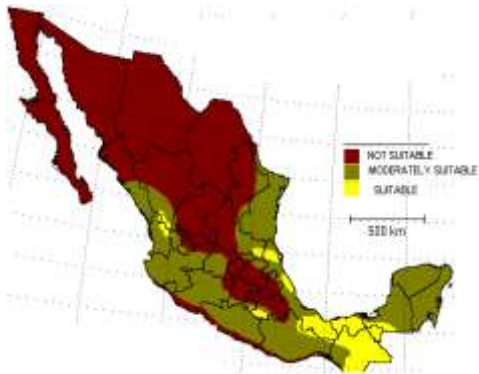


Figura 4. Escenarios de desertificación



Figura 5. Escenarios de sequía



Fuente: SEMARNAP, 1997

Figura 6. Escenarios de aumento en nivel del mar

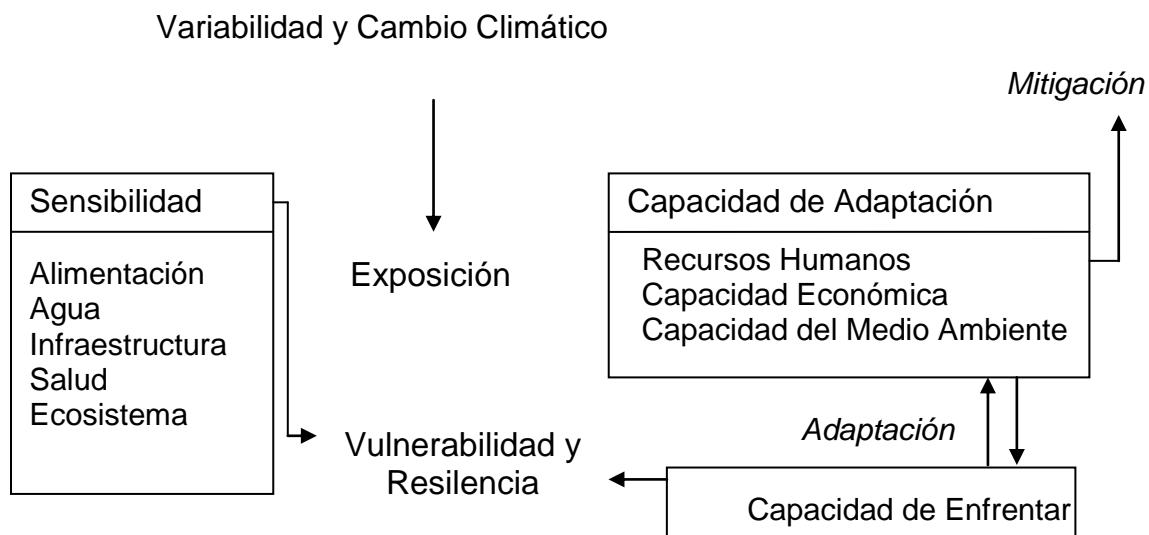


2.4 Resiliencia y vulnerabilidad ante el cambio climático

Como un elemento más para determinar la vulnerabilidad de una región en función del contexto socioeconómico, analizamos un trabajo sobre resiliencia ante el cambio climático realizado para México con datos del 2000 (Ibarrarán et al 2007). Este trabajo se basa en Brenkert y Malone (2005) que utilizaron el modelo VRIP (Vulnerability-Resilience Indicator Prototype) para determinar un índice de vulnerabilidad ante el cambio climático para la India y para cada uno de sus estados. Este modelo, basado en Moss et al (2000) se diseñó para identificar las causas de la vulnerabilidad y para medir tanto la vulnerabilidad como la resiliencia ante el cambio climático en función de tres factores, indicados en la Figura 7.

Para medir la resiliencia ante el cambio climático se calcula un índice total de resiliencia, donde se suman los indicadores de capacidad de adaptación (positivos) y de sensibilidad (negativos). El objetivo de este estudio es analizar cuál es el grado de resistencia (o resiliencia) ante el cambio climático, viendo en detalle a las distintas regiones, estudiando sus características económicas de capital humano y la calidad y uso del medio ambiente. Para ello se utiliza un modelo donde a partir de 18 variables se calcula un índice de resiliencia. Este índice muestra la capacidad de hacer frente al cambio climático. Mientras mayor es el índice de resiliencia para un lugar, menor es su vulnerabilidad ante el cambio climático.

Figura 7. Estructura del Indicador de Vulnerabilidad-Resiliencia, VRIP



Fuente: Brenkert y Malone, 2005.

Este estudio se adaptó para hacer un análisis exploratorio de la resiliencia ante el cambio climático para México como un todo y para cada una de sus entidades federativas. Se usaron 18 indicadores para calcular la sensibilidad ante el cambio climático así como la capacidad de adaptación ante estos cambios. Los indicadores utilizados para medir la sensibilidad y capacidad de adaptación de cada estado se describen a continuación.

Los indicadores usados para medir la sensibilidad ante el cambio climático son:

- la **infraestructura y los asentamientos humanos**, que se calculó a partir de la *población en riesgo por incremento en el nivel del mar*, la *población sin acceso a agua potable de calidad* y la *población sin acceso a servicios sanitarios*

- la **seguridad alimentaria**, determinada a partir de la *producción de cereal por superficie de área agrícola* y el *consumo de proteína*
- la **salud**, mediante la *tasa de fertilidad global* y la *esperanza de vida*
- los **ecosistemas**, a través del *porcentaje de irrigación* y el *fertilizante utilizado por superficie agrícola*, que es una aproximación del estrés de la tierra resultado de la contaminación
- los **recursos de agua** con el *grado de presión en el uso de agua* y la *precipitación promedio* de los últimos cuarenta años.

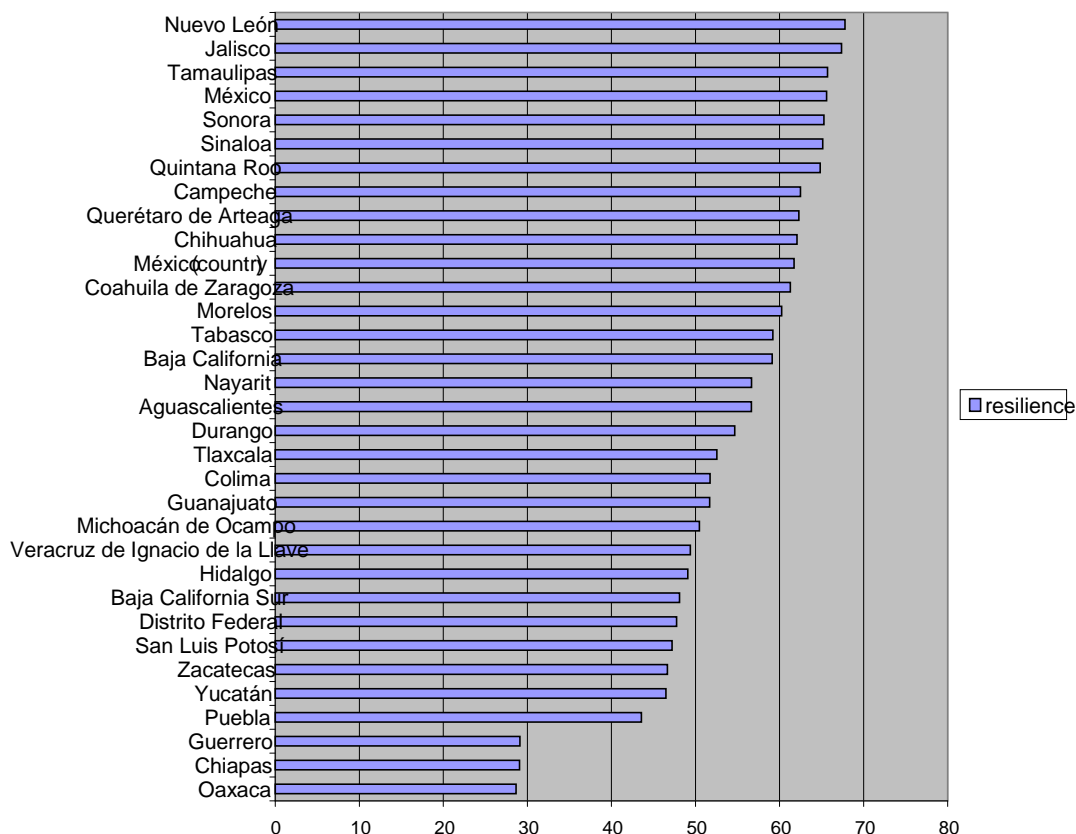
Por su parte, los indicadores utilizados para medir la capacidad de adaptación al cambio climático son:

- la **capacidad económica**, a través del *PIB per capita* y el *Índice Modificado de Desarrollo Humano*
- los **recursos humanos** con la *razón de dependencia* y el nivel educación medido con el *nivel de alfabetismo* y el *nivel de escolaridad promedio* del estado
- la **capacidad ambiental** usando el *porcentaje de suelo no utilizado para actividades productivas o humanas*, las *emisiones de SO₂* y la *densidad poblacional*

Se normalizan los valores para las distintas variables y a través de medias geométricas se determina la resiliencia ante el cambio climático para cada estado. La Figura 8 presenta los resultados del modelo. Nuevo León y Jalisco son los estados con mayor resiliencia al cambio climático, seguidos por Tamaulipas, Estado de México, Sonora, Sinaloa, Quintana Roo y Campeche. Los estados con menor resiliencia son Guerrero, Chiapas y Oaxaca.

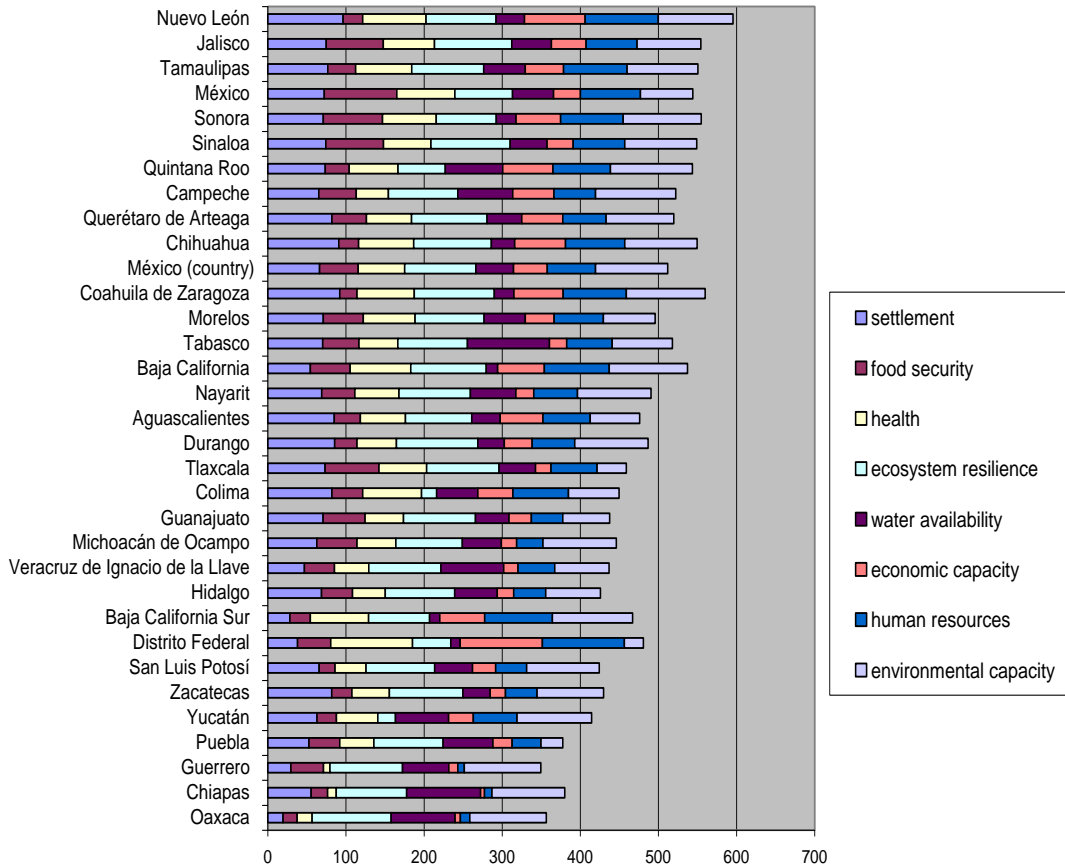
Al evaluar a primera vista los resultados se puede identificar que dentro del grupo de los ocho estados con mayor resiliencia, seis de ellos son costeros (Jalisco, Tamaulipas, Sinaloa, Sonora, Quintana Roo y Campeche). En cuanto a ubicación geográfica cuatro se encuentran en el norte del país (Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa y Sonora), uno en el centro occidente (Jalisco), uno en el centro del país (Estado de México) y dos en la península de Yucatán (Quintana Roo y Campeche). Por otra parte, entre los estados menos resilientes están estados costeros del sur (Oaxaca, Guerrero, Chiapas y Yucatán) así como estados del norte (Zacatecas y San Luís Potosí). Esto podría llevar a concluir que la ubicación geográfica (i.e. costa vs. interior o norte vs. centro o sur) no es un factor determinante de la resiliencia de los estados ante el cambio climático.

Figura 8. Posición de los estados de acuerdo a su resiliencia



La Figura 9 muestra la transparencia de los resultados en el siguiente nivel con indicadores por cada estado. Las razones para la baja resiliencia se debe a la seguridad alimentaria en Baja California Sur y, por otra parte, a las bajas precipitaciones de Coahuila, la falta de acceso a los sistemas de higiene en Oaxaca y la falta de producción de cereal en Zacatecas, por ejemplo. Esto muestra cómo la causa de la vulnerabilidad varía de una región a otra y que es necesario este análisis detallado para poder entender lo que realmente sucede y poder actuar en consecuencia, así como poder planear acciones concretas para cada lugar en el mediano y largo plazo.

Figura 9. Valor de indicadores sectoriales del índice de resiliencia



2.5 Desigualdad del Ingreso

Además de las variables anteriores es importante describir qué sucede con la desigualdad a nivel nacional y regional ya que esto contribuye igualmente a la vulnerabilidad. México es uno de los países más desiguales del mundo y entre los tres más desiguales de América Latina, comparable con Haití y Brasil. La desigualdad se mide a través del Coeficiente de Gini, que indica el grado de concentración del ingreso. Una distribución perfectamente uniforme entre todos los grupos de ingreso tendría un Gini de 0, mientras que en una distribución donde el grupo de ingresos más alto concentrara la totalidad del ingreso, el Gini sería de 1. En México el Gini, para el 2004, fue de 0.5460. Esto indica que en el 2004 se ha observado la mayor concentración del ingreso desde 1950, con excepción de 1994, donde fue aún mayor.

Tabla 2. Distribución del Ingreso Regional y Nacional, 2004

**Distribución del Ingreso por regiones
Año 2004**

Decil	Promedio Nacional	Norte	Centro	Sur
I	1.37	1.82	1.70	1.48
II	2.45	2.92	2.63	2.46
III	3.31	3.77	3.34	3.31
IV	4.21	4.69	4.12	4.31
V	5.24	5.64	4.93	5.21
VI	6.52	6.91	6.21	6.69
VII	8.19	8.65	7.61	8.19
VIII	10.76	11.22	10.33	11.03
IX	15.62	16.13	14.31	15.49
X	42.33	38.25	44.83	41.84

Fuente: Hernández Trillo, 2005.

La desigualdad varía también entre regiones. La Tabla 2 presenta los datos de desigualdad entre deciles a nivel nacional y dentro de tres regiones: centro, norte y sur. Como se puede ver, la disparidad entre los ingresos del Decil I y X es mayor en el centro y en el sur que en el norte. Esta distribución desigual del ingreso es también una causa de vulnerabilidad por la tensión social que genera, especialmente en momentos de crisis.

Por último, la Tabla 3 presenta la distribución del ingreso y el Gini para cada estado para el 2002. Algunos de los estados más pobres son los de peor distribución al ingreso, es decir, cuentan con un Gini más alto. Ejemplos de esto son Puebla, Yucatán, Michoacán, Veracruz, Campeche y Guerrero.

Tabla 3. Distribución de los ingresos de los hogares en México, 2002

Decil	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	GINI
NAL	1.3	2.34	3.27	4.26	5.31	6.6	8.31	11.06	16.36	41.19	0.5247
AGS	2.26	3.15	3.96	4.72	5.73	7.46	9.74	11.41	16.9	34.66	0.4551
BCS	2.21	3.47	4.56	5.42	6.66	8.18	10.32	13.24	20.01	25.93	0.4005
BC	3.06	4.26	5.06	6.16	6.75	8.02	10.66	12.43	17.98	25.62	0.3612
CAM	1.31	2.37	3.32	4.22	5.5	6.86	9.04	12.22	18.65	36.5	0.5057
COAH	2.79	4.05	5.09	6.08	7.24	7.87	9.4	12.42	15.18	29.89	0.3800
COL	2.18	3.44	4.12	5.18	6.36	7.29	8.8	10.87	16.54	35.23	0.4476
CHIS	2.05	2.85	3.59	4.53	5.23	7.29	9.29	10.29	16.89	37.99	0.4857
CHIH	1.68	2.97	3.97	4.86	5.85	7.04	9.06	11.58	16.89	36.11	0.4728
DF	1.8	2.69	3.33	4.1	5.09	6.46	8.22	10.73	16.94	40.65	0.5150
DGO	1.9	3.15	3.75	4.72	5.47	6.74	8.59	12	16.4	37.28	0.4792
GTO	2.17	3.24	3.99	5.2	6.52	8.11	9.25	10.91	15.27	35.35	0.4440
GRO	1.36	2.23	3.25	4.02	5.15	6.45	8.53	11.06	16.79	41.16	0.5293
HGO	1.59	2.65	3.71	4.66	5.26	7.5	9.23	12.21	19.18	34.02	0.4799
JAL	1.65	2.84	3.71	4.5	5.48	6.76	8.61	12.1	18.53	35.82	0.4870
MEX	2.02	3.23	3.78	4.64	5.56	6.65	7.91	10.39	14.55	41.26	0.4906
MICH	1.35	2.5	3.57	4.57	7.54	3.83	8.66	18.48	9.08	40.42	0.5237
MOR	1.97	3.05	3.97	4.69	5.41	7.01	8.11	11.73	18.22	35.83	0.4754
NAY	1.8	3.11	4.41	5.28	6.67	7.79	9.91	11.88	16.39	32.75	0.4366
NVO											
LEON	2.37	2.61	3.59	4.59	5.37	7.51	7.12	11.41	17.87	37.56	0.4873
OAX	1.55	2.62	3.46	4.21	5.69	7.73	8.92	12.68	17.87	35.27	0.4866
PUE	1.3	2.22	2.82	4.07	4.91	6.48	8.3	11.5	16.33	42.06	0.5389
QRO	1.75	2.8	3.85	4.87	5.71	7.33	8.66	13.25	18.82	32.95	0.4665
Q											
ROO	1.42	3.06	3.62	5.01	6.67	7.66	8.72	11.85	14.99	37	0.4706
SLP	1.45	2.66	3.58	4.39	5.59	6.76	8.93	11.89	16.94	37.8	0.4979
SIN	1.72	3.11	3.8	4.93	5.99	7.98	9.25	12.64	13.41	37.17	0.4637
SON	1.71	2.77	3.57	4.53	6.17	6.4	8.86	9.64	18.41	37.93	0.4934
TAB	1.76	2.5	3.42	4.51	5.48	6.38	8.02	10.13	15.7	42.09	0.5153
TAM	1.81	3.51	3.93	5.42	6.34	7.06	8.31	10.37	13.84	39.42	0.4658
TLAX	2.81	3.65	4.82	5.66	6.87	8.65	9.64	12.12	16.18	29.6	0.3904
VER	1.8	2.43	3.23	4.04	4.53	6.43	8.19	10.77	18.67	39.92	0.5239
YUC	1.64	2.98	3.03	4.05	5.11	5.64	6.97	9.11	13.29	48.19	0.5466
ZAC	1.41	2.66	3.83	4.65	5.9	7.85	8.97	11.63	16.58	36.52	0.4813

Fuente: Reyes et al, 2007.

2.6 Evaluación de los factores de la Vulnerabilidad Agregada

Los elementos presentados en las secciones anteriores sirven para describir el tipo de vulnerabilidad agregada por estado o región y las causas de esta vulnerabilidad. Para ello, esta sección se divide en dos partes. En primer lugar se presenta una descripción de la vulnerabilidad física y socioeconómica en tres regiones: norte, centro y sur de México. Después, se calcula la vulnerabilidad agregada por estado. Para ello, la Tabla 4 presenta las principales variables consideradas a nivel estatal y se hace una jerarquización de los estados a partir

de la agregación de los distintos indicadores: desigualdad, resiliencia, riesgo de desastres naturales y afectación del cambio climático.

Análisis regional

A partir del análisis de riesgo de desastres naturales, se observa que la parte norte del país es la que sufrirá más las consecuencias de la sequía, aún sin el impacto del cambio climático. El mayor riesgo es la afectación de las cosechas generando pérdidas económicas importantes. Agregando el impacto del cambio climático, siguiendo a Gay (2003), se ve que esta sequía resultará en la pérdida de la aptitud de la región para el cultivo de maíz en el largo plazo. Así mismo, se observará una desertificación del norte. Sin embargo, solamente la parte de Tamaulipas se verá afectada por la elevación del nivel medio del mar. En cuanto a la resiliencia, los resultados son muy variados. Hay estados como Nuevo León, Tamaulipas, Sonora y Sinaloa que muestran altos niveles de resiliencia, pero coexisten con otros como Zacatecas que es altamente vulnerable ante el cambio climático. Las principales causas de esta resiliencia tienen que ver con la existencia de infraestructura de calidad, altos niveles de salud, alta resiliencia de los ecosistemas, alta capacidad económica, de sus recursos humanos y amplia capacidad ambiental.

El centro del país, por su parte, se ve afectado por desastres naturales ligados a fenómenos meteorológicos, principalmente fenómenos hídricos como sequías e inundaciones. También está sujeto a fenómenos geofísicos. Estos desastres naturales tienen un impacto moderado sobre mortalidad pero implica un costo importante en la región en función de las pérdidas económicas que le impone. Esto es sin considerar modificaciones en las condiciones climatológicas ocasionadas por el cambio climático. Una vez añadiendo este efecto, el centro perderá de manera importante su aptitud para cultivar maíz, volviéndose sus tierras de aptas a no aptas y moderadamente aptas para este cultivo, con los consecuentes efectos sobre la pobreza. La desertificación será un fenómeno que irá de alta a muy severa. El índice de resiliencia se encuentra en el centro del rango de resiliencia a nivel nacional, excepto Puebla, que muestra una baja resiliencia ante el cambio climático. Por último, los valores del Gini para esta región son relativamente bajos, mostrando una mejor distribución del ingreso que a nivel nacional, pero destacan Michoacán, Puebla y el Distrito Federal como entidades con una alta desigualdad, mismos que sesgan al alza el Gini nacional.

Por último, el sur es la región del país con mayor riesgo de desastres naturales de todo tipo. Contrario a lo que podría pensarse, la sequía es uno de los desastres con mayor riesgo, causando grandes pérdidas económicas. El riesgo de ciclones también es alto, sobre todo en el suroeste, aunque sin mayor impacto en pérdidas económicas. Las inundaciones por su parte, llevan consigo un alto riesgo de mortalidad pero sobre todo de causar pérdidas económicas importantes para la región. Al conjuntar los efectos esperados del cambio

climático, la situación de producción de maíz se agrava en la zona costera del suroeste, perdiendo su aptitud para producir maíz. El resto del sur se vuelve moderadamente apto para este cultivo mientras que la zona al interior del continente mantiene su aptitud para este cultivo. Así mismo, la desertificación es muy alta y alta en la mayor parte del sur del país excepto en el interior. Los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo se ven afectados por un aumento en el nivel medio del mar. Con respecto a la resiliencia, Quintana Roo y Campeche son estados con una resiliencia relativamente alta ante el cambio climático, Tabasco es de resiliencia moderada y Yucatán, Guerrero, Chiapas y Oaxaca entre los estados con menor resiliencia a nivel nacional. La causa de la alta resiliencia de Quintana Roo y Campeche estriba en la calidad y cobertura de la infraestructura, la disponibilidad de agua, la capacidad económica y la calidad ambiental. Por su parte la vulnerabilidad de los demás estados está dada por la precariedad de la seguridad alimentaria, la salud, la capacidad económica y de recursos humanos. Por último, existe gran desigualdad al interior de la región. Los estados más desiguales son Campeche, Tabasco y Yucatán, con valores del Gini mayores a la media nacional.

Análisis por estado

A partir de los datos por estado, se construyó un indicador de Vulnerabilidad Agregada, conjuntando las variables de desigualdad (Reyes et al 2007), resiliencia (Ibarrarán et al 2007), riesgo de desastres naturales (Dilley et al 2006) y la afectación esperada del cambio climático (Gay 2003). Para ello, se asignaron valores a cada una de estas variables dependiendo del nivel de afectación para la entidad, como se explica a continuación.

Desigualdad - Si el Gini es mayor de 0.50, se consideró un nivel de vulnerabilidad alta (A). El nivel medio (M) se asignó a estados con un Gini menor a 0.50 y mayor a 0.47 y el nivel bajo (B), a aquellos con un Gini menor a 0.47.

VRIP – Vulnerabilidad y Resiliencia ante el Cambio Climático - Siguiendo a Ibarrarán et al (2007), se usó el índice de resiliencia presentado en la Figura 8. Se tomó que los estados con baja resiliencia (B) eran de Nuevo León a Chihuahua. Los estados con vulnerabilidad media (M) son los comprendidos entre Coahuila y Guanajuato. Los estados con alta vulnerabilidad (A) son los menos resilientes al cambio climático, y van de Michoacán a Oaxaca.

Desastres Naturales - Para determinar el riesgo relativo de cada estado ante los desastres naturales (sequía, ciclones, inundaciones y deslaves), se asignaron valores del 0 al 3 ante niveles de afectación esperada nula, baja, media y alta respectivamente para cada evento natural con base en la Figura 1, tanto para riesgo de mortalidad como de pérdidas económicas. Se sumaron todos los puntos y se asignó un nivel de riesgo alto, medio y bajo a cada estado según dicha puntuación.

Efectos esperados del Cambio Climático - Para determinar la afectación esperada del cambio climático por localidad se recurrió a la información presentada por Gay (2003) y descrita en las Figuras 3 a 6. A partir de esto, se determinó el nivel de afectación como alto, medio o bajo de la aptitud para producir maíz en el estado, del grado de desertificación, de la sequía esperada y de los probables efectos de aumentos en el nivel del mar. Como en el caso anterior, se sumaron los puntos y se le asignó un nivel de afectación por el cambio climático alto, medio y bajo a cada estado según dicha puntuación.

Tabla 2.4 Análisis de Vulnerabilidad Agregada

	Desigualdad	VRIP	Desastres Naturales	Cambio Climático	Vulnerabilidad Agregada
AGS	B	M	B	A	BAJO
BCS	B	A	M	M	MEDIO
BC	B	M	M	M	BAJO
CAM	A	B	M	M	MEDIO
COAH	M	M	B	A	MEDIO
COL	M	M	A	B	MEDIO
CHIS	B	A	M	M	MEDIO
CHIH	B	B	M	B	BAJO
DF	A	A	M	B	ALTO
DGO	M	M	B	A	MEDIO
GTO	A	M	A	B	ALTO
GRO	B	A	M	M	MEDIO
HGO	M	A	M	B	MEDIO
JAL	M	B	A	B	BAJO
MEX	M	B	A	B	BAJO
MICH	A	A	A	B	ALTO
MOR	M	M	A	B	MEDIO
NAY	B	M	M	M	BAJO
NVO LEON	M	B	B	A	BAJO
OAX	M	A	A	B	ALTO
PUE	A	A	A	M	ALTO
QRO	M	B	M	M	BAJO
Q ROO	B	B	M	M	BAJO
SLP	B	A	B	A	MEDIO
SIN	M	B	B	A	BAJO
SON	M	B	B	A	BAJO
TAB	A	M	M	M	ALTO
TAM	B	B	M	A	BAJO
TLAX	B	M	A	B	BAJO
VER	A	A	A	M	ALTO
YUC	A	A	M	B	ALTO
ZAC	M	A	B	A	ALTO

Fuente: Elaboración Propia

Vulnerabilidad Agregada - Por último, se agregaron los resultados de cada uno de los indicadores anteriores (desigualdad, resiliencia, riesgo de desastres y afectación del cambio climático) y sumando las puntuaciones correspondientes se obtuvo la jerarquización de los estados de acuerdo a su nivel de vulnerabilidad agregada. Estos resultados están reportados en la última columna de la Tabla 2.4.

2.7 Comentarios finales

Es importante destacar que al hacer el análisis a nivel nacional o estatal –como en este caso- no todos los habitantes de un estado, municipio o localidad se ven afectados en la misma medida. Existen grupos especialmente vulnerables ante las variaciones climáticas y los desastres naturales. A través de este estudio, se identifica la adaptación y la capacidad de respuesta ante dichas afectaciones. Al interior de cada estado, los grupos más vulnerables son las personas de menos recursos, es decir, los pobres, pero aún dentro de este grupo la afectación no es igual para todos. Las mujeres, los niños y los ancianos, y los grupos indígenas son los más afectados por dichos desastres (Ibarrarán et al 2006).

3. Valoración Económica de la Calidad Ambiental

3.1 Introducción

El objetivo de este apartado es mostrar cómo se pueden utilizar las distintas metodologías de valoración económica de la calidad ambiental para estimar los costos del cambio climático en México, así como para determinar los costos y/o beneficios de las políticas de mitigación y adaptación.

Existen diferentes métodos para valorar económicamente las modificaciones en el bienestar del ser humano ante cambios en el medio ambiente. Estos métodos son el Método de Costos Evitados o Inducidos, el Método del Costo de Viaje, el Método de los Precios Hedónicos y el Método de Valoración Contingente. En la sección 3.2 se describe cuáles son los métodos de valoración.

3.2 Métodos de Valoración Económica de la Calidad Ambiental

Existen diferentes métodos para valorar económicamente las modificaciones en el bienestar del ser humano ante cambios en el medio ambiente. Estos métodos de valoración económica se dividen en dos: los métodos indirectos y los directos (Azqueta, 1999). Los métodos indirectos aprovechan la relación de sustitución o de complementariedad entre dos bienes, uno privado, que se intercambia en un mercado y que por lo tanto tiene precio y un bien ambiental para el que no hay mercados. A partir de los gastos en el bien privado se puede estimar el valor del bien ambiental. Dicho de otra manera, dada la disposición a pagar por el bien privado se puede inferir el valor del bien ambiental. Los métodos directos por su parte preguntan directamente

el valor para la persona encuestada de cambios en la calidad ambiental, dado que no existe una relación de complementariedad y/o sustitución con bienes privados. Dentro de los métodos indirectos están (i) el Método de Costos Evitados o Inducidos, (ii) el Método del Costo de Viaje y (iii) el Método de los Precios Hedónicos. Todos estos métodos sirven para determinar el valor de uso de un bien ambiental, es decir, el bien ambiental tiene valor en tanto se use o se visite.

El método de los costos evitados o inducidos permite valorar el impacto del cambio en la calidad ambiental sobre la producción de un bien privado o sobre la utilidad de las personas. Es decir, una mejora en la calidad ambiental puede reducir la necesidad de aplicar cierto tipo de insumos para mejorar la producción. Lo que no se tuvo que gastar, dada la mejora ambiental, es el costo evitado. Por el contrario, una reducción en la calidad ambiental puede hacer necesario incrementar el gasto privado en algún sustituto del bien ambiental. Este sería un costo inducido por un deterioro de la calidad ambiental. Según Azqueta (1999), la relación entre el bien ambiental y el bien privado puede ser de dos formas: (1) cuando el bien ambiental es un insumo productivo más de la función de producción de un bien o servicio privado, y (2) cuando el bien ambiental forma parte, además de otros bienes privados, de una función de producción de utilidad de una persona o familia determinada. En el análisis del sector agrícola se retoma solamente la primera opción, es decir, cuando el bien ambiental (aire, agua, temperatura) es un insumo de la función de producción de los productos agrícolas.

El método del costo de viaje sirve para estimar el valor de uso de un bien ambiental, en particular localizado en un sitio o lugar. Consiste en estimar el valor que un determinado lugar tiene a partir de los costos en los que incurren los visitantes para llegar a ese lugar. Para determinarlo, es necesario hacer cuestionarios en el lugar donde se le pregunta al sujeto cuánto ha gastado en el viaje tanto en transporte como en hospedaje en su caso, así como en las entradas al lugar bajo valoración. Además, se controla por variables como distancia recorrida para llegar al lugar de visita, ingreso, nivel educativo, género, grado de atracción a la naturaleza, entre otros. A partir de esto se hace un análisis econométrico y los coeficientes obtenidos se usan para determinar el valor económico del lugar.

El método de los precios hedónicos parte del hecho de que el precio de un bien refleja varios atributos, algunos que podrían estar asociados a precios de mercado y otros que no. El cambio en el precio de un bien privado puede deberse a la existencia o carencia de un bien ambiental, por ejemplo. Un cambio marginal en la cantidad o en la calidad del bien ambiental se verá reflejado en el precio del bien privado. Este cambio en el precio del bien privado es la disposición a pagar por ese cambio en el bien ambiental. Una aplicación de esto es a través de salarios hedónicos, donde se puede inferir la valoración del riesgo de eventos fatales y no fatales a partir de la compensación exigida vía un mayor salario de enfrentar distintos niveles de riesgo en el trabajo.

Por último, el método directo es el método de valoración contingente. Consiste en preguntar la disposición a pagar por que exista un determinado bien ambiental o cierta calidad ambiental. Este método se puede aplicar a pesar de que no se haya visitado un lugar o que no haga uso del bien ambiental. Sirve para determinar el valor de que exista un bien. Para ello, se controla por variables socioeconómicas y se pregunta la disposición a pagar ante distintas opciones de comportamiento. Como es de imaginarse hay críticas, algunas severas a la utilización de este método, pero también es cierto que bajo ciertas condiciones en su aplicación sirve para obtener el valor de no uso, imposible de inferir a partir de los demás métodos.

4. Estimación de los costos debidos al cambio climático

Se espera que el cambio climático tenga efectos en muchos sectores (GICC, 2007). Los efectos físicos se observan en muchos sistemas que al final afectan las condiciones de vida de las personas en muchos aspectos, tanto económicos como emocionales. Lo que sí es cierto es que el cambio climático provoca variaciones que afectan a distintos sectores y, más allá de la afectación física, hay una afectación económica de estos impactos.

En esta sección se analiza el costo que el cambio climático impone a la agricultura, ecosistemas como bosques, manglares y zonas costeras, las implicaciones sobre el agua y, finalmente, sobre salud. Para ello, se aplican las metodologías descritas en la sección 3 para poder ilustrar cómo valorar el impacto económico del cambio climático. Es importante resaltar que estos son ejercicios parciales y perfectibles, pero sobre todo que las valoraciones aquí presentadas no son exhaustivas, sino sólo indicativas de cómo podrían efectuarse.

4.1 Agricultura

La agricultura en México es vulnerable a las condiciones climatológicas extremas como heladas, sequías e inundaciones debido a que más del 60% de la agricultura se lleva a cabo bajo condiciones de temporal (Conde, et al 1999; AGROASEMEX, 2006). Es, pues, necesario evaluar las posibles impactos económicos ante estos cambios que se verán exacerbados por el cambio climático.

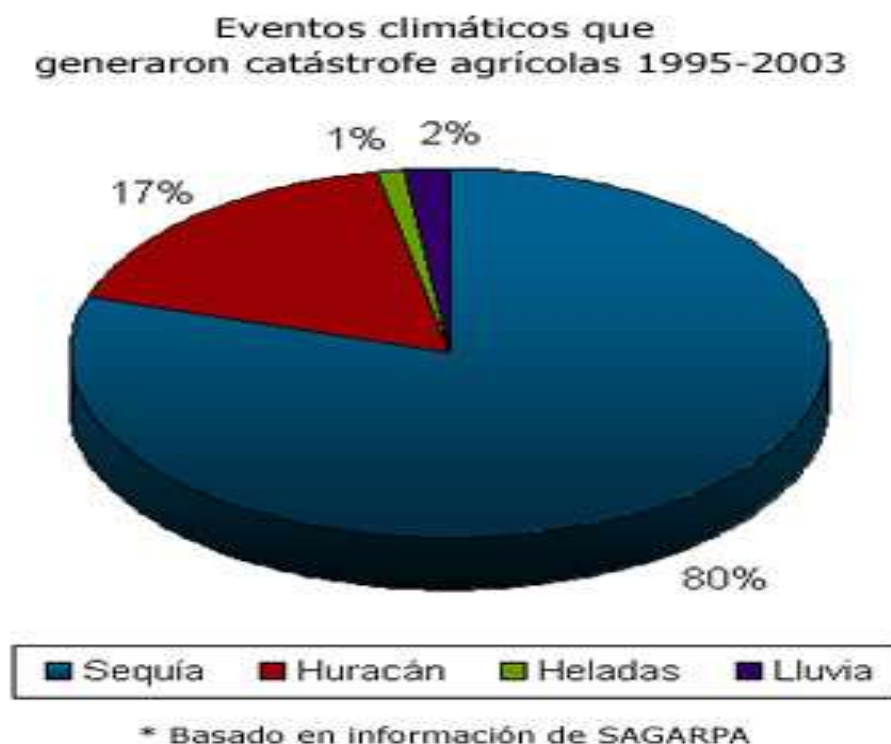
El cambio climático tiende a elevar la temperatura y generar anomalías en la precipitación. Entre 1995 y 2003 la mayor parte las catástrofes ocasionadas por eventos asociados al cambio climático fueron sequías. Esto conlleva a que tenga impactos sobre los sistemas de temporal, particularmente.

Aplicación del Método de Costos Inducidos

El método de costos evitados o inducidos permite analizar el impacto económico del cambio climático sobre el sector agrícola. En este método, la presencia del bien (o características ambientales) guarda una relación con algún bien privado en una función de producción. En este caso, la precipitación y la temperatura se relacionan

con la producción de cada uno de los distintos cultivos. Su participación en la función de producción es un elemento que se puede sustituir por irrigación o por algunas otras tecnologías de siembra (a la sombra, por ejemplo).

Figura 4.1 Eventos climáticos que generaron catástrofes agrícolas, 1995-2003



Fuente: Agroasemex, 2006

Idealmente, cuando se cuenta con información suficiente, la valoración se hace a través del análisis del comportamiento maximizador de beneficios del productor. Así es posible estimar el grado de respuesta a través de los cambios en la composición de los cultivos y el uso y la combinación de factores productivos utilizada ante un cambio en la calidad ambiental, para que a partir de ahí se pueda monetizar el valor de los cambios producidos en el bienestar (Azqueta, 1999). Este método permite una valoración de la calidad ambiental que toma en consideración las medidas defensivas que adoptan los productores y posibles cambios en los precios que puedan producirse, sin ser tan dependientes del conocimiento de las funciones dosis-respuesta.¹ Cabe señalar que este análisis no es posible realizarlo en el presente

¹ Para valorar el bienestar del consumidor ante cambios en el bien ambiental existe una metodología que utiliza funciones de producción de utilidad, en donde el bien ambiental forma parte de la función de utilidad de la persona y parte del supuesto de la existencia de sustituibilidad perfecta entre bienes ambientales y privados. Sin embargo, este método no aplica en el presente análisis del sector agrícola debido que el análisis es sobre el consumidor, no del productor.

estudio debido a la falta de información. Sin embargo, a partir de los censos agrícolas y de encuestas individuales podría empezarse a construir estas bases de datos.

Una segunda opción es contar con información suficiente para usar funciones dosis-respuesta que permiten analizar cómo un receptor (el cultivo de un producto agrícola) es afectado por la calidad del medio ambiente (cambios en precipitación y temperatura). Una gran cantidad de estudios de impacto ambiental se fundamentan sobre estas funciones de dosis-respuesta y son usadas como una aproximación a la valoración económica de un cambio en la calidad ambiental. Este estudio toma elementos de las funciones dosis-respuesta. Para ello se utilizan estudios que han estimado lo que sucede con el rendimiento de distintos cultivos ante condiciones de cambios en la temperatura y precipitación que se consideran altamente probables como resultado del cambio climático.

A pesar de que este método ha sido muy utilizado en los análisis de valoración económica, tiene sus limitaciones. El supuesto de partida es que el productor es precio-aceptante, tanto en el mercado de productos como en el de factores productivos. También supone que el productor no ajusta su comportamiento frente a lo que está ocurriendo, es decir, no se adapta a las nuevas circunstancias que provoca el cambio ambiental. La composición de la producción (de los cultivos, en este caso) y la cantidad y la composición de los insumos productivos utilizados se mantienen constantes y no toma en cuenta los posibles cambios en los precios de los productos agrícolas, por lo que este procedimiento solamente es válido en el caso en el que el productor sea pequeño y que no tome ningún tipo de medida defensiva. Este es el caso de muchos de los productores agrícolas de México. Basta ver cómo, ante la caída en los precios y la baja productividad del maíz, este producto se sigue cosechando y son pocos productores los que tienen la oportunidad de adaptarse y cultivar otros productos. Por otra parte, no hay información disponible de los costos de adaptación en el sector agrícola.

En este estudio se analiza el efecto de cambios en la temperatura y precipitación sobre la productividad del maíz, café, trigo, caña de azúcar, naranja y frijol para la estimación del costo del cambio climático en el sector agrícola mexicano. La elección de los cultivos se realizó con base en la importancia que tiene cada cultivo en el país como fuente de alimento, contribución a la autosubsistencia, su participación en la producción total agrícola y, en algunos casos, el número de personas que trabajan en el cultivo de cada producto.

El cultivo del maíz es el más importante en México, tanto desde el punto de vista alimentario, como social y económico. Según la SAGARPA, durante el periodo 1996 – 2006, el maíz ocupó en promedio el 51% de la superficie sembrada y cosechada y generó el 7.4% del volumen de producción agrícola total y el 30% del valor total de la producción (SIAP, 2007). La producción de este cultivo en México está presionada por el impacto que tendrá la desgravación del sector agrícola en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 2008, así como el hecho de que el precio de este cultivo en Estados Unidos, actualmente, es menor que el de México.

Dado que México es un importante consumidor de maíz y su producción por hectárea es sólo la sexta parte de la de Estados Unidos, el escenario que se aproxima es desalentador. A nivel nacional existen alrededor de 2 millones de productores dedicados al cultivo de maíz, por lo que un cambio en las condiciones climatológicas tendrán un impacto de gran envergadura sobre la producción y sobre los ingresos de los productores (SIAP, 2007).

Tabla 4.1 Caracterización de los productos analizados, 2006

Producto	Producción	Superficie sembrada	Valor de la producción/ valor producción total
Maíz grano	4.9%	36.4%	19%
Frijol	0.31%	8.4%	3.8%
Café cereza	0.34%	3.7%	1.7%
Trigo grano	0.76%	3.1%	2.4%
Caña de azúcar	11.3%	3.3%	8%
Naranja	0.94%	1.6%	1.7%

Total nacional 443 millones tor 21 millones Ha \$233 mil millones

Fuente: SIAP, SAGARPA (2006) Ciclo: Cíclicos y Perennes. Modalidad: Riego y Temporal

El frijol es un cultivo de gran importancia económica y social. Se cultiva en casi todo el país bajo distintas condiciones de suelo y clima. En 2006, ocupó el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a superficie sembrada (sólo después del maíz) de los productos para alimentación de la población mexicana (SIAP, 2006c) y representa la segunda actividad agrícola más importante en el país por el número de productores dedicados al cultivo (cerca de 500 mil agricultores se dedican a su producción). Además, genera alrededor de 385 mil empleos permanentes en el sector rural (SIAP, 2006a), por lo que es un generador de empleo dentro de la economía del sector rural. El frijol es un alimento que está presente en la dieta de la población mexicana y es una fuente muy importante de proteínas para los sectores con menor poder adquisitivo. Su cultivo es, además, una tradición desde tiempos prehispánicos, por lo que forma parte de la cultura gastronómica de México.

Por otro lado, en 2001 había alrededor de 287 mil productores de café en el país que cultivaban una superficie aproximada de 760 mil hectáreas. De este total de productores, el 92% son campesinos minifundistas con predios menores a las 5 hectáreas. Dentro de este universo, el 69% tiene huertas de 2 ó menos hectáreas, y dentro de este último grupo, 60% son indígenas (SIAP, 2002). El café es la principal fuente de divisas del sector agrícola y es uno de los cultivos más extendidos después del maíz, sorgo y frijol. Veracruz, por ejemplo, ocupa el segundo lugar, sólo después de Chiapas, en la producción de café por el número de productores y volumen de producción. De acuerdo a Gay et al (2004), la producción de este cultivo es fuente importante de divisas e ingreso para miles de pequeños productores, generando el 7.9% del PIB estatal y dando empleo al 31.7% de la población ocupada.

Por su parte, el trigo es el grano principal que se comercializa a nivel mundial. Es el grano más importante para consumo humano en el mundo y, junto con el maíz y el arroz, son los principales cultivos. El trigo es muy importante en la dieta de la población mexicana. Ocupa el tercer lugar en importancia en el país, sólo después del maíz y el frijol, y su producción beneficia a otras actividades productivas como a la industria. Sus principales zonas de producción se localizan en el Bajío y noroeste de la República Mexicana y, debido a la escasez de agua en esta zona, su producción no es estable.

Por su parte, caña de azúcar y la naranja son cultivos con cierta participación en la producción nacional agrícola. La participación de la caña de azúcar en 2006 fue del 11%, mientras que la de la naranja del 1% (SIAP, 2006c). El rendimiento nacional de la producción de naranja es de 14.4 toneladas por hectárea (SIAP, 2006c), mucho menor que el rendimiento obtenido a nivel mundial por países como Estados Unidos o Turquía, que es de 30 toneladas por hectárea. Con respecto a la caña de azúcar, más de 3 millones de personas dependen directa e indirectamente de su cultivo y transformación (1 de cada 7 veracruzanos, por ejemplo) y genera el 0.5% del Producto Interno Bruto Nacional (Cortés, 2006). Para 2005, México fue el séptimo productor a nivel mundial de azúcar, participando con el 4% (Cortés, 2006). La caña de azúcar es importante no sólo por su valor económico, sino también por ser productor de oxígeno y fijador de carbono atmosférico.

Impacto económico del cambio climático

Cambios en las condiciones de producción, como temperatura y precipitación, provocarán cambios en la producción, lo que a su vez representará un gran costo para el país. La Tabla 4.2 muestra la pérdida esperada en la producción debido al cambio climático, vía cambios en los rendimientos de los cultivos y el cambio resultante en el valor de la producción. Estos cálculos se hicieron a partir de distintos estudios aquí referenciados. Como se establecerá más adelante, en ocasiones no se encontraron estudios para México, pero se utilizaron estudios para otros países suponiendo que el comportamiento de esos cultivos en México ante el cambio climático sería semejante.

A pesar de la fuerte participación de la caña de azúcar en la producción nacional agrícola (11%) en México en 2006, no se encontraron estudios sobre la afectación que el cambio climático tendría en este cultivo para México. Sin embargo, se encontró un estudio de Deressa et al (2005) para Sudáfrica y, otro más, de Bonilla et al (2003), para el caso de Colombia. Deressa et al hallaron una caída de entre el 26 y 27% en la producción. Por su parte, Bonilla et al encontraron una reducción promedio de los rendimientos agrícolas, entre 6.5 y 4.3%, a causa del Niño y La Niña respectivamente. Si suponemos que el comportamiento de la producción, ante el cambio climático, se comportaría de manera semejante para el caso de México, el valor de la producción ante una variación en las condiciones del medio ambiente caería, siguiendo lo encontrado por Deressa.

En el caso del maíz, el estudio realizado por Conde et al (1999) encuentra una reducción del rendimiento esperado del maíz en seis de los siete municipios usados en su análisis: Atlacomulco, Izúcar, Ixcamilpa, Coatepec, Tuxpan, La Huerta y Magdalena. A partir de estos datos se calculó un rango promedio de las simulaciones para escenarios de cambio climático (modelos GFDLR-30 sin efecto CO₂ y CCC sin efecto CO₂), obteniendo un rango promedio de producción esperada que va de 1.24 a 1.60 toneladas por hectárea, lo que representa una disminución entre el 29 y 45% en la producción con respecto al rendimiento actual.

Tabla 4.2 Efectos económicos del cambio climático ante el sector agrícola

CULTIVO	PRODUCCIÓN (TON)	RENDIMIENTO TON/HA	CAMBIO EN PRODUCCIÓN POR CAMBIO CLIMÁTICO	PRECIO MEDIO RURAL (1)	RANGO DE VARIACION EN EL VALOR DE LA PRODUCCIÓN	
					ANTE CAMBIO CLIMÁTICO	
Caña de Azúcar	42,650,647	71.9	-26 % y -27% (2)	\$335	- \$ 3,604,480,071	- \$ 3,747,565,743
			-4.3% y -6.5% (3)		- \$ 499,520,967	- \$ 814,309,447
Maíz (4)	507,489	2.3	- 29% y - 45%	\$3,100	- \$ 333,546,241	- \$ 584,126,767
Naranja (5)	2,969,334	12.3	+ 20% y + 50%	\$1,705	+\$1,687,951,834	+\$ 3,206,706,317
Trigo	3,723,324	4.4	-5% y -30% (6)	\$2,410	- \$ 772,302,409	- \$ 3,015,769,656
			-15% y -50% (7)		- \$ 1,669,689,308	- \$ 4,810,543,478
Café (8)	122,468	2.6	- 73% y - 78%	\$4,309	- \$ 384,179,403	- \$ 410,562,680
Frijol (9)	1,121,956	0.6	- 30%	\$8,109	- \$ 2,632,231,500	- \$ 2,632,231,500

Fuente: Cálculos propios para los años 1981-2006 con información de SISPRO, SAGARPA

<http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/>

(1) El Precio rural es el precio pagado al productor en la venta de primera mano en la zona de producción, por lo cual no incluye los apoyos económicos que a través de Programas de Apoyo a Productores pueden otorgar el Gobierno Federal y/o Estatal. Se usó el Índice Nacional de Precios al Productor del sector agrícola para deflactar las series. (2) Deressa et al (2005) para caña de azúcar en Sudáfrica. (3) Bonilla et al (2003) para caña de azúcar en Colombia. (4) Conde et al (1999) para maíz en México. (5) Tubiello et al (2002) para naranjas valencianas en Estados Unidos. (6) Baethgen (1994) para trigo en Uruguay. (7) Siqueira et al (1994) para trigo en Brasil. (8) Gay et al (2004) para café en Veracruz, México, y (9) Dong-Xiu et al (2000) para haba (como "Proxy" de frijol) en China.

Por otro lado, no se encontraron estudios sobre la producción de la naranja en México. Tubiello et al (2002) realizan un estudio en el que simulan los efectos actuales y proyectados del cambio climático en la producción de naranja valenciana (valencia oranges) para los estados del sur de Estados Unidos para el 2030 y 2090. Hallan que el cambio climático proyectado incrementa la producción del cítrico entre un 20 y 50%.

Con respecto a la producción de trigo, no se encontró algún estudio para México, pero sí para Uruguay y Brasil. Baethgen (1994) en su estudio para Uruguay encuentra una disminución en la producción de trigo que va de 5% a 30%. Siqueira et al (1994), en su estudio sobre trigo en Brasil, encuentra una caída en la producción entre el 15 y 50%.

Para el caso del café, Gay et al (2004), en su estudio para el estado de Veracruz, encuentra una pérdida que va de 73 a 78% de la producción para el 2050. Estos resultados fueron obtenidos a través de la construcción de escenarios climáticos usando los modelos de HadCM2 y ECHAM4.

Finalmente, se encontró un estudio de la variación en la productividad de haba para China. Dong-Xiu et al (2000) estima una caída del 30% en la producción de haba. Desafortunadamente, no se encontró un estudio para México, pero si suponemos que el cultivo de haba puede ser un proxy del cultivo del frijol, los resultados obtenidos serían los mostrados en la Tabla 4.2.

De lo anterior se puede concluir que la pérdida económica que un cambio en el medio ambiente tendría en la producción agrícola puede ir del orden de los \$16 a los \$22 mil millones de pesos. Es decir, si se toma en cuenta que el valor de la producción de los 6 cultivos es del orden de los \$39 mil millones, la pérdida en la producción debida al cambio climático está entre el 42 y 57%.

Cabe destacar que estas estimaciones no toman en cuenta la introducción de medidas defensivas como incrementar el uso de insumos para contrarrestar la reducción en la productividad, modificar la composición de la producción y/o cambiar las fechas de siembra. Esta última medida, por ejemplo, se espera que tenga un impacto menor, para el caso de México, dado que los cambios en la temperatura de las distintas estaciones son imperceptibles (Conde, et al 1999). Sin embargo, en la sección 6 se discute y se valora el costo económico de la adaptación en el sector agrícola.

Impacto distributivo del cambio climático

Aunque el sector agrícola solamente representa cerca del 3% del PIB total del país, éste emplea al 15% de la población económicamente activa. Además, en este sector se encuentran los más pobres, tanto por nivel de ingreso, como de riqueza, y si se recuerda que del 70 al 100% de la superficie sembrada con maíz, frijol, sorgo, avena y cebada es de temporal (Agroasemex, 2006), la vulnerabilidad de los campesinos ante el cambio climático aumenta significativamente.

Por ello, es necesario hacer un análisis detallado del impacto distributivo de estos costos en el sector agrícola, pues las personas más afectadas serán los agricultores pobres que viven en condiciones socioeconómicas desfavorables y con un alto grado de marginación y muy pocas opciones de mitigación. Para determinar la magnitud de este efecto, es necesario utilizar datos del número de productores y personal ocupado en la producción de los cultivos analizados y la composición de su ingreso, así como el número de personas dedicadas a la producción para autoconsumo. La Tabla 4.3 muestra cuáles son los principales cultivos de autoconsumo por grupos de cultivos.

Tabla 4.3 Principales cultivos de autoconsumo por grupo, 1998 - 2004

GRUPOS	1998	2000	2002	2004
CEREALES	MAÍZ	MAÍZ	MAÍZ	MAÍZ
ESPECIES Y MEDICINALES	PIMIENTA	AMARILLO	AMARGOSO	JAMAICA
FORRAJES	AVENA ACHICALADA	ALFALFA	RASTROJO	RASTROJO
FRUTALES	SANDÍA	PIÑA	PLÁTANO	PIÑA
HORTALIZAS	CHILE	ACELGA	CALABAZA DE CASTILLA	CALABAZA DE CASTILLA
INDUSTRIALES	CAFÉ	CEBADA	CAFÉ	CAFÉ
LEGUMINOSAS	FRÍJOL	FRÍJOL	FRÍJOL	FRÍJOL
OLEGÍNASAS	CACAHUATE	SOYA	CACAHUATE	CACAHUATE
ORNAMENTALES	ZARAMBULLO	MALVÓN	ZARAMBULLO	FLORES
TUBERCULOS	PAPA	CAMOTE	PAPA	YCA

Fuente: SIAP, 2006b.

Existen 500 mil agricultores dedicados a la producción del frijol, asociados a 385 mil empleos permanentes (SIAP, 2006^a). Respecto a café, existen 300 mil productores, pero no se tiene el dato de los empleos permanentes que genera. A nivel nacional se identifican 2 millones de productores dedicados al cultivo del maíz y más de 3 millones de personas dependen directa o indirectamente del cultivo de la caña de azúcar y su transformación. Al haber una reducción en la productividad de la tierra y por tanto en la cosecha y en la producción, muchos de estos empleos serán obsoletos, con el consecuente efecto en desempleo, caída en los ingresos directos e indirectos y migración.

Otro aspecto importante a analizar es el impacto del cambio climático sobre los grupos más pobres en otros indicadores de desarrollo y no sólo del efecto en su ingreso. Para el caso de Veracruz, se encontró un estudio que analiza no sólo las condiciones de baja calidad en la producción de café, sino que además analiza la situación de marginación en la que viven los productores (SIAP, 2002). Encuentra que las zonas cafetaleras ubicadas por debajo de los 600 metros sobre el nivel del mar tienen rendimientos inferiores y la producción es de baja calidad, además de que dentro de estas zonas existen comunidades muy pobres con un alto y muy alto índice de marginación económica y social. De acuerdo a este estudio, las estadísticas de esta zona muestran problemas de salud, malnutrición, analfabetismo y migración por falta de fuentes de empleo. Esto tenderá a generalizarse con la reducción en la productividad inducida por el cambio climático y son costos importantes que habría que añadir a las pérdidas directas en productividad.

El INEGI, dentro de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gastos de los Hogares, divide a la población en cuatro estratos, de acuerdo con el número de habitantes por

localidad. La Tabla 4.4 muestra el ingreso per cápita por estrato. El ingreso menor es el del estrato 4, el cual corresponde al sector rural. Este es el sector que resultaría más afectado si las condiciones de medio ambiente cambian debido a que sobreviven básicamente a partir de producción para el autoconsumo y no tienen capacidad de adaptación. Esto agrava aún más la situación porque si se reduce la producción implicará una malnutrición crónica que redundará en una reducción en el capital humano, tanto en la salud como en la reducción del aprovechamiento de la educación. Lo anterior provocaría menor accesibilidad a empleos de cierto valor agregado, obteniéndose así una profundización en el círculo de la pobreza.

Tabla 4.4 Estratificación de la población por nivel de ingreso

	INGRESO CORRIENTE	POBLACION	INGRESO PROMEDIO
	TOTAL	OCUPADA	PER CAPITA
ESTRATO 1	2,055,750,773	116,818	\$17,597.89
ESTRATO 2	1,349,138,264	224,322	\$6,014.29
ESTRATO 3	2,707,629,839	826,849	\$3,274.64
ESTRATO 4	14,018,271,053	3,676,007	\$3,813.45

Fuente: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2002.

Estrato I: localidades con 100,000 o más habitantes. Estrato II: localidades de 15,000 a 99,999 habitantes.

Estrato III: localidades de 2,500 hasta 14,999 habitantes. Estrato IV: localidades menores de 2,500 habitantes, y que para el INEGI conforma el sector rural.

Consideraciones finales

Este estudio muestra la aplicación del método de costos inducidos a seis productos del sector agrícola para determinar el costo impuesto por el cambio climático. Los resultados son parciales en cuanto que (1) solamente incluye algunos productos, (2) no toma en cuenta medidas de adaptación y (3) no determina las pérdidas distributivas y para los consumidores. Estos son aspectos que se deberán incluir en la valoración del sector agrícola en estudios posteriores.

Estos cambios en rendimientos obedecen exclusivamente a modificaciones en temperatura y precipitación esperadas para los municipios y regiones mencionados, dadas sus particularidades climatológicas. Existe la necesidad de contar con estudios sobre el impacto del cambio climático en muchos cultivos, como el mismo frijol, caña de azúcar, naranja y trigo. Así mismo, es importante estudiar el efecto sobre el café para otras latitudes del país, debido a que el impacto del cambio climático quizá no sea el mismo que en otras regiones del país donde también se produce.

El maíz por su parte, está bastante estudiado en la zona central de México, pero quizá valga la pena estimar rendimientos en otras zonas del país. Además, sería conveniente determinar el cambio en la productividad para otros cultivos que también son muy importantes para México, como cebada, sorgo, cebolla, aguacate, chile verde, mango, limón, fresa, papa, plátano, sandía, tomate rojo y verde. Esto permitirá

determinar el efecto del cambio climático sobre otros cultivos importantes y analizar así el impacto que esto provocaría en la población.

Otra área donde se requieren estudios es en la parte de medidas de adaptación en todos los productos posibles. Es necesario ver tanto el costo de las medidas de adaptación como su impacto en la reducción de las pérdidas en productividad. Esto permitirá acotar el costo del cambio climático en la agricultura.

La distribución de los costos del cambio climático es fundamental. Es importante cuantificar el costo para cada grupo de productores, tanto el costo impuesto por el cambio climático como el costo de adaptación. Sería interesante calcular también el impacto que esto pudiera generar en la migración. No se cuenta por el momento con datos para determinar esto, pero sería fundamental incluirlo en estudios posteriores.

Por último estos resultados no muestran pérdidas adicionales resultantes de la interacción de la sequía con otros desastres naturales como inundaciones, huracanes e incendios, que podrían resultar del cambio climático. Sin embargo, en la sección sobre adaptación se discuten algunas medidas de protección al sector agrícola, principalmente uso de técnicas de riego, hidroponía y seguros por pérdidas catastróficas.

4.2 Ecosistemas

Existen un sin fin de ecosistemas que se verán afectados por el cambio climático, con su consiguiente impacto en la vegetación y en la biodiversidad. Así, se han hecho simulaciones para determinar los cambios en la cobertura actual por tipo de vegetación a partir del uso de tres distintos modelos, el MT+2, CCCM y GFDL-R30 (Villers y Trejo, 2000). En general se observa un aumento en la vegetación de climas cálidos y húmedos, una reducción de la cobertura de vegetación de climas semicálidos y subhúmedos y hasta la desaparición de bosques de coníferas que corresponden a climas semifríos. Por lo tanto, se espera un aumento en la vegetación de climas secos y cálidos y una reducción importante en la vegetación de los climas áridos como se ve en la Tabla 4.5.

Las modificaciones en la temperatura también afectan la biodiversidad de prácticamente todos los ecosistemas. Los bosques naturales y las zonas de explotación forestal se verán afectados de manera importante (Villers y Trejo, 2000; Halffter, 1992). La fauna se verá afectada o desaparecerá hasta en un 40%, generando un desequilibrio ecológico (Peterson et al, 2002). Así mismo, la pérdida de bosques va asociada a un cambio en el papel de los bosques como fuentes de emisión o captación de carbón (Maser et al, 1992; Maser et al, 1997; Sathaye et al 2001; Bellon 1993). Los ecosistemas costeros como los manglares también se verán afectados por la salinización del suelo (Sanjurjo, 2005; Ortiz y Méndez, 1995). Todo esto ha sido ya identificado por Tejeda y Rodríguez (2006).

Tabla 4.5 Porcentajes de vegetación actual, de acuerdo con el clima actual y según modelos aplicados

Tipo de clima (Koppen, modificado Por García)	Tipo de vegetación (Rzedowski)	Actual	Modelo T+2°C pp -10%	Modelo CCCM	Modelo GFDL-R30
Cálido húmedo	Bosque tropical perennifolio	5.86	6.40	6.67	7.85
Cálido subhúmedo 2	Bosque tropical subperennifolio	3.67	1.33	1.71	6.35
Cálido subhúmedo 1	Bosque tropical caducifolio y bosque tropical subperennifolio	17.70	20.12	20.20	22.80
Semicálido húmedo	Bosque mesófilo	2.10	0.26	0.54	1.30
Semicálido subhúmedo 2	Bosque tropical subperennifolio y bosque mesófilo	0.38	0.91	0.13	2.02
Semicálido subhúmedo 1	Bosque tropical caducifolio	6.58	4.62	5.02	5.97
Templado húmedo	Bosque de coníferas y quercus	0.56	0.28	0.28	0.28
Templado subhúmedo 2	Bosque de coníferas y quercus	2.67	1.32	1.31	2.12
Templado subhúmedo 1	Bosque de coníferas y quercus	3.13	2.31	2.06	1.52
Semifrio	Bosque de coníferas	2.31	0.00	0.00	0.00
Seco cálido	Bosque espinoso y matorral xerófilo	11.00	19.67	18.10	18.38
Seco semicálido	Matorral xerófilo y bosque espinoso	10.50	11.03	21.96	15.68
Seco templado	Pastizal y matorral xerófilo	11.60	3.97	12.49	10.86
Árido cálido	Matorral xerófilo	6.07	16.88	7.96	4.33
Árido semicálido	Matorral xerófilo	11.37	10.26	1.58	0.51
Árido templado	Pastizal	4.72	0.63	0.00	0.00

Fuente: Villers y Trejo (2000)

Villers y Trejo (2000) muestran las afectaciones esperadas para la vegetación por el cambio climático así como su estado de conservación actual en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Porcentaje de vegetación actual afectada por el cambio climático, considerando su estado de conservación

Tipo de vegetación	Modelo de sensibilidad			Modelo CCC			Modelo GFDL-R30		
	AFECTADA	Conservada	Secundaria	AFECTADA	Conservada	Secundaria	AFECTADA	Conservada	Secundaria
Bosque tropical perennifolio	18.7	21.3	78.7	19.5	14.8	85.2	19.4	17.8	82.2
Bosque tropical subperennifolio	20.4	30.8	69.4	15.5	25.8	74.2	16.9	29.5	70.5
Bosque tropical caducifolio	48.1	42.4	57.6	42.2	35.7	64.4	42.5	36.7	63.3
Bosque espinoso	28.4	78.0	22.0	37.1	78.0	23.9	37.6	73.0	27.0
Matorral xerófilo	59.5	89.1	10.9	72.9	90.0	10.0	74.2	88.2	11.8
Pastizal	66.1	48.4	51.6	78.1	49.0	51.0	85.5	46.3	53.7
Bosque templado	64.0	71.0	29.0	68.8	72.3	27.7	65.2	73.1	26.9
Bosque mesófilo	52.5	63.2	36.8	57.9	63.1	36.9	46.1	45.5	54.5
Vegetación acuática	24.8	95.5	3.5	29.7	96.7	3.3	25.7	99.5	0.5

Fuente: Villers y Trejo, 2000.

El objetivo ahora es cuantificar el valor económico de estos cambios. Para ello se necesita una gran cantidad de datos que no están disponibles o no existen. Pero aún así se pueden plantear distintas metodologías a aplicar a los diferentes tipos de ecosistemas. En esta sección se analizará cómo valorar la pérdida de bosques por incendios, que es uno de los efectos esperados por el cambio climático, el valor de existencia de los bosques que dan albergue a la mariposa monarca durante su migración en el invierno y los servicios ambientales que dan los manglares y las zonas costeras.

Pérdidas por incendio

El cambio climático, al aumentar la temperatura y cambiar los patrones de precipitación, tiende a generar las condiciones para que haya un aumento en incendios, tanto en su frecuencia como en su magnitud y alcance. Recientemente, y en particular en 1998, los incendios forestales han sido la segunda causa de pérdida en superficie forestal en México (Torres, 1998). Con el cambio climático, se espera que esto aumente. Estos incendios tienen impactos (y por lo tanto costos a nivel local y global) como mayor erosión, mayor probabilidad de inundaciones, asolve y sedimentación, afectando la producción de la tierra y causando problemas de salud. Aunado a esto, hay pérdidas de agua y biodiversidad, tanto de plantas como de animales, productos forestales, maderables y no maderables, y de un sin fin de servicios ambientales. Además se emiten gases de efecto invernadero con un claro impacto global.

El incendio de los bosques lleva a pérdidas económicas, tanto directas como indirectas. En particular, el incendio impone ciertos costos, como el costo mismo de la extinción del incendio hasta costos como la pérdida en la biodiversidad, la pérdida de los servicios ambientales que proveen los bosques, el costo de la reposición del bosque a través de la reforestación, la pérdida de productos maderables y no maderables, la destrucción de la propiedad y de zonas especiales. Sin embargo, también hay beneficios de los incendios forestales como el brote de hierba que sirve de base a la cadena alimenticia y el abatimiento del combustible ligero que reduce la presencia de incendios de grandes magnitudes, entre otros (Univ. Chapingo, 2004).

En particular, en esta sección se presentan datos sobre las pérdidas generadas por los incendios de bosques. Se muestran las pérdidas directas en madera, leña y costos de la reforestación, así como los costos de apagar incendios y los costos derivados de las emisiones de CO₂. También se determina el costo de las muertes de los combatientes de los incendios forestales así como de las lesiones causadas por el combate a los incendios.

Pérdidas directas - El impacto económico de los incendios forestales para 2004 fue de \$89 millones de pesos e incluye pérdidas de madera, leña y reforestación. El costo de las pérdidas directas es de \$1,905 pesos por hectárea y se calculó a partir de las pérdidas totales y de la superficie siniestrada en el 2004.

Tabla 4.7 Pérdidas directas de los incendios forestales

Estados	Madera	Leña	Reforestación	Pérdida total
			(5)	
AGUASCALIENTES	0	77,929	55,026	132,955
BAJA CALIFORNIA	1,881,872	1,317,595	2,072,979	5,272,446
BAJA CALIFORNIA SUR	0	31,701	161,662	193,363
CAMPECHE	6,877,417	728,006	5,540,220	13,145,643
COAHUILA	1,751	42,918	50,309	94,978
COLIMA	17,040	141,727	11,908	170,673
CHIAPAS	873,057	1,311,291	3,332,462	5,516,810
CHIHUAHUA	521,498	190,428	548,526	1,261,452
DISTRITO FEDERAL	23,501	53,877	3,240,059	3,317,237
DURANGO	266,314	188,996	262,989	718,299
GUANAJUATO	245,226	22,455	67,506	335,187
GUERRERO	710,772	522,378	3,677,217	4,910,367
HIDALGO	44,181	38,737	163,785	246,703
JALISCO	893,143	1,015,750	1,448,144	3,357,037
MEXICO	302,150	404,446	1978993	2,685,589
MICHOACAN	12,382,854	522,317	1,520,157	14,425,328
MORELOS	0	85,676	17,207	102,883
NAYARIT	54,256	215,875	464,449	734,580
NUEVO LEON	6,235	5,585	39,753	51,573
OAXACA	9,587,012	688,028	3,418,575	13,691,615
PUEBLA	362,347	176,008	179,761	718,116
QUERETARO	0	50,883	14,837	65,720
QUINTANA ROO	192,962	203,767	383,331	780,060
SAN LUIS POTOSI	5,561	46,365	37,829	89,755
SINALOA	406,426	93,927	115,725	616,078
SONORA	2,752,809	180,087	2,499,270	6,432,166
TABASCO	0	0	0	0
TAMAILIPAS	0	319,908	3,228,841	3,548,749
TLAXCALA	16,417	5,628	21,076	43,121
VERACRUZ	19,619	24,709	77,393	121,720
YUCATAN	1,628,193	2,395,089	3,021,025	7,047,307
ZACATECAS	9,002	184,879	121,842	315,723
TOTAL NACIONAL	40,081,614	11,289,693	37,771,854	89,143,131

Fuente: Universidad Autónoma Chapingo, (2004)

Costo de apagar incendios - En el 2004 se incendiaron 81 mil hectáreas. Si el costo de apagar estos incendios es parecido al observado en Estados Unidos en 1998, es decir, de \$517 pesos/ha (mismo que fue corroborado como aceptable en conversación telefónica con CONAFOR), entonces el costo del combate directo a los incendios es de \$42 millones de pesos para ese año.

Emisiones de CO₂ - Como consecuencia de los incendios forestales, en el 2004 se emitieron 1.3 millones de toneladas de CO₂ (Tabla 4.8). El costo de abatir esas emisiones fue de \$104 USD/ton de CO₂ equivalente (Ibarrarán y Boyd, 2006; Sands y Fawcett, 2005), por lo que el costo de estas emisiones es de \$1,471 millones de pesos. Este costo sólo toma las emisiones directas de CO₂ para el 2004. No se han agregado las demás emisiones, por lo que esto es sólo el límite inferior del costo de las emisiones.

Decesos y enfermedades - En 2003 (dado que no se reportan datos para 2004) se registraron 10 muertes y 42 lesionados por fracturas y torceduras, cortadas, golpes, intoxicación por humo y quemaduras. El costo de estos incidentes se obtuvo a partir de la aplicación del valor estadístico de la vida (punto medio del rango) para el caso de decesos y del valor de una lesión estadística.

En resumen, el costo inducido por los incendios forestales es de poco más de \$20,000 pesos por hectárea, calculado a partir de datos del 2004 (excepto en el caso de decesos y lesiones).

Tabla 4.8 Contaminantes emitidos por incendios forestales, 2004

Estados	NO	NO ₂	CO	SO ₂	CO ₂	Productos fotoquímicos (HCO)	Partículas suspendidas	Formaldehídos	Aldehídos	Acroleína	Total
AGUASCALIENTES	7.5	3.9	345.9	4.9	9932.1	59.5	97.9	28.3	4.9	3.4	9,485.1
BAJA CALIFORNIA	188.2	85.4	6,899.9	135.5	234,861.8	1,497.7	2,465.5	855.5	123.5	85.7	238,585.2
BAJA CALIFORNIA SUR	3.2	1.7	147.3	2.8	3,954.1	25.4	41.7	11.2	2.1	1.5	4,040.2
CAMPESHE	48.9	25.6	2261.5	31.3	83,384.4	399.3	639.5	171.7	32.2	25.4	82,824.9
COAHUILA	4.2	2.1	183.4	2.9	4,736.4	31.6	51.9	13.9	2.6	1.9	5,030.2
COLIMA	7.4	3.6	342.6	4.9	9,947.8	59.0	78.9	25.0	4.9	3.4	9,995.5
CHIAPAS	137.0	71.6	6330.5	87.7	163,472.3	1259.8	1768.4	585.5	90.1	83.1	173,713.1
CHIGUAHUA	39.5	20.1	1792.7	24.7	45,663.7	306.8	523.0	135.2	25.4	17.7	48,836.2
DISTRITO FEDERAL	18.4	9.6	852.1	11.8	23,053.9	146.7	241.0	64.7	12.1	8.5	23,368.8
DURANGO	38.5	18.7	1653.0	22.8	42,708.2	294.7	457.7	125.6	23.5	16.5	45,356.8
GUANAJUATO	2.5	1.2	129.8	1.8	3,352.0	22.4	38.7	9.9	1.9	1.3	3,585.1
GUERRERO	98.1	51.3	4531.3	62.8	117,016.2	760.1	1261.5	344.0	64.5	48.2	124,274.5
HIDALGO	4.0	2.1	194.4	2.8	4,786.7	31.7	52.1	14.0	2.8	1.8	5,056.0
JALISCO	77.9	40.7	3601.1	49.9	62,994.6	820.0	1,018.5	273.4	51.3	38.9	68,763.5
MEXICO	24.4	12.8	1,125.4	15.8	30,159.0	194.3	318.1	85.7	16.1	11.2	30,646.6
MICHOACAN	118.4	61.9	5,472.2	75.8	141,262.1	941.7	1,547.1	415.3	77.8	54.5	150,029.0
MORELOS	3.6	1.9	185.6	2.3	4,276.7	28.5	48.8	12.6	2.4	1.7	4,542.1
NAYARIT	21.7	11.4	1003.1	13.9	29,064.6	172.7	283.7	76.2	14.3	10.0	27,511.6
NUEVO LEON	1.5	0.8	87.7	0.9	1,747.8	11.7	19.1	5.1	1.0	0.7	1,856.3
OAXACA	87.9	35.5	3,137.7	43.5	81,026.1	540.2	887.4	238.2	44.7	31.2	86,054.4
PUEBLA	29.0	15.0	1,321.0	18.0	34,128.0	228.0	374.0	100.0	18.0	13.0	36,242.0
QUERETARO	3.5	1.8	180.1	2.2	4,132.2	27.6	45.3	12.2	2.3	1.6	4,385.5
QUINTANA ROO	8.7	3.0	281.3	3.8	6,748.2	45.0	73.9	19.8	3.7	2.6	7,160.8
SAN LUIS POTOSI	1.6	0.8	72.8	1.0	1,875.8	12.5	20.5	5.5	1.0	0.7	1,962.0
SINALOA	9.8	5.1	451.3	6.3	11,855.4	77.7	127.7	34.2	6.4	4.5	12,378.5
SONORA	44.1	23.1	2,037.7	28.2	62,921.9	380.8	579.3	154.7	29.0	20.3	65,886.1
TABASCO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAMALULPAS	5.9	3.0	318.5	4.4	8,223.8	54.8	88.1	24.2	4.5	3.2	8,733.3
TAMLAJALA	13.0	6.6	139.0	1.9	3,588.1	23.9	39.3	10.6	2.0	1.4	3,611.8
VERACRUZ	5.8	3.0	288.0	3.7	8,921.9	48.2	78.5	20.4	3.8	2.7	7,351.3
YUCATAN	38.7	19.2	1,695.8	22.5	43,786.7	291.9	479.8	128.7	24.1	18.9	48,507.1
ZACATECAS	22.9	12.0	1,058.6	14.6	27,285.0	181.9	289.8	85.2	15.0	10.5	28,674.1
TOTAL NACIONAL	1,078.2	563.7	45,798.0	689.3	1,285,001.6	8,374.8	14,684.2	3,888.8	709.1	498.9	1,383,877.8

Fuente: Universidad Autónoma Chapingo, (2004)

Tabla 4.9 Costo inducido por incendios forestales, 2004

	Costo Total (millones de pesos)	Costo Unitario (pesos/ha)
Perdidas directas (madera, lenia y reforestación)	\$89	\$1,095
Costo de apagar incendios	\$42	\$517
Costo de emisiones CO ₂	\$1,471	\$18,108
Decesos *	\$31	\$381
Lesiones *	\$3	\$37
Costo Inducido	\$1,636	\$20,138

Fuente: Estimaciones propias con información del Informe Final de la Evaluación del Programa Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales. Ejercicio Fiscal 2003 y 2004.

* Datos para 2003

Es altamente probable que el cambio climático aumente significativamente la presencia de incendios forestales. Si se toma el año de 1998 como un escenario probable dado el cambio climático, el costo inducido de los incendios forestales sería de \$17 mil millones de pesos por año aproximadamente. Cabe destacar que los valores reportados no incluyen las pérdidas de servicios ambientales y biodiversidad, el impacto inmediato sobre la producción agrícola, la afectación futura de la productividad de la tierra, el costo directo e indirecto a las comunidades afectadas y los costos de su de reubicación.

Valor de existencia de los bosques de la mariposa monarca

La valoración económica se puede aplicar para obtener el valor de uso de un bien o servicio ambiental, pero también para determinar el valor de no uso. Es decir, el valor de un bien o sitio ambiental está dado al menos por el beneficio que reporta la visita de ese sitio y por el valor que tiene para la gente que ese lugar exista, aún cuando no lo visiten.

Se encontró un ejercicio de valoración económica que obtiene estos valores para los bosques de la mariposa monarca en Michoacán (Kido et al 2005; Kido 2004). Para llevar a cabo esta valoración se usaron dos métodos: el del costo de viaje para obtener el valor de uso (el valor del sitio para los visitantes al lugar) y el de valoración contingente, para el valor de opción (el valor de que el sitio exista).

Kido (2004) determina que los beneficios de la explotación forestal son de \$667 pesos/ha, mientras que el valor de uso (valor recreativo) para los visitantes del sitio es de \$928 pesos/ha. Por otra parte, Kido et al (2005) determinan que el valor de existencia del bosque es de \$35 a 80 millones de dólares por año. Dado que este bosque cubre un área de 56,259 ha, el valor de existencia es de \$6,840 a \$15,640 pesos por hectárea. Habrá que hacer estos ejercicios para otros ecosistemas y sitios.

Servicios ambientales de los bosques

Por otro lado, Adger et al (1995) estimaron el valor económico de los servicios ambientales de los bosques en México. El valor total de los bosques en cuanto a los servicios ambientales que proveen refleja la multifuncionalidad de los ecosistemas. El límite inferior del valor de los servicios ambientales de los bosques mexicanos es del orden de \$44 mil millones de pesos. Este valor surge a partir del uso no-consuntivo, uso futuro potencial de los recursos genéticos y del valor de existencia. La mayor contribución a este valor proviene de los ciclos hidrológicos y del carbono. El valor de los servicios ambientales que proveen los bosques es de casi \$900 pesos por hectárea. Dependiendo de las estimaciones de hectáreas perdidas a consecuencia del cambio climático, se podrá determinar el costo de estas pérdidas.

Zonas costeras

En las zonas costeras se llevan a cabo varias actividades como la pesca, la acuicultura, petroleras y turísticas. El crecimiento poblacional y la actividad económica generan deterioro de estas zonas (PNUMA, 2004c).

El cambio climático, por su parte, también contribuye de manera importante a la afectación de las zonas costeras. Primero, la radiación ultravioleta afecta negativamente el fitoplancton y el zooplancton y, por lo tanto, las cadenas tróficas superiores que a su vez afecta la alimentación y la migración misma de las especies. Por otra parte, Maul (1993) estima que un aumento de entre 1.5 y 2°C llevarán a un

aumento de 20 cm en el nivel medio del mar y que a su vez implicará inundaciones en algunos puntos de México de entre 40 y 50 km para el año 2025, principalmente del área de infralitoral y de supralitoral que constituyen a su vez áreas de amortiguamiento y de riesgo potencial. En estas zonas se encuentran ecosistemas como marismas, manglares, pastos marinos y arrecifes coralinos. Por último, dado que en algunos lugares habrá una reducción en el nivel medio del mar, algunos humedales se secarán y el servicio de protección ante tormentas se verá reducido, dejando una mayor cantidad de zonas expuestas (Ortiz y Mendoza, 2000).

Tabla 4.10 Áreas estimadas para la vegetación y usos del suelo ubicadas en zona infralitoral, considerada como el escenario de impacto directo ante las variaciones del nivel marino

AREAS TOTALES (Km ²) PARA LA ZONA INFRALITORAL (Intemareal)						
	MARISMA CON MANGLAR		MARISMA CON HALOFITAS		LAGUNAS	
		%		%		%
Litoral Nor-Occidental (Tamaulipas)	50	0.4	481	3.9	1797	14.6
Litoral Centro-Occidental (Veracruz)	401	3.3	207	1.7	688	5.6
Litoral Centro-Sur (Ver, Tab. Y Camp.)	1891	15.4	1168	9.5	1430	11.6
Litoral Oriental (Campeche y Yucatán)	1293	10.5	531	4.3	351	2.9
Litoral Caribe (Q.Roo)	1050	0.6	72	7.2	886	7.6
TOTAL	4685	38.1	2459	20.0	5152	41.9

Fuente: Ortiz y Mendoza, (2000)

Tabla 4.11 Áreas estimadas para la vegetación y sus usos del suelo ubicadas en la zona supralitoral, considerada como área de amortiguamiento o riesgo potencial ante los impactos causados por las variaciones del nivel marino

AREAS TOTALES (km ²) PARA LA ZONA SUPRALITORAL (amortiguamiento o riesgo potencial)										
	PANTANOS		PASTIZALES		AGRICULTURA		CAMPOS DE DUNAS		ASENTAMIENTOS URBANOS	
		%		%				%		%
Litoral Nor-Occidental (Tamps)	57	0.3	361	2.2	41.02	0.2	84	0.5	6.12	0.0
Litoral Centro-Occidental (Ver)	739	4.5	1134	6.9	1486	9.0	255	15	77	0.5
Litoral Centro-Sur (Ver, Tab. y Camp)	2101	12.7	2577	15.6	1543	9.3	31	0.2	14	0.1
Litoral Oriental (Camp. y Yuc.)	482	2.9	1217	7.4	987	6.0	216	1.3	37	0.2
Litoral Caribe (Q.Roo)	2836	17.1	132	0.8	83	0.5	22	0.1	36	0.2
TOTAL	6215	37.5	5421	32.8	4140	25	608.1	3.7	170.47	1.0

Fuente: Ortiz y Mendoza, (2000)

Este estudio (Ortiz y Mendoza, 2000) presenta un inventario de uso del suelo de forma sistemática para las zonas costeras y permite determinar las áreas vulnerables y de amortiguamiento susceptibles de ser afectadas por el cambio climático. Será necesario aplicar un costo de cada una de ellas a las áreas perdidas bajo distintos

escenarios de cambio climático para determinar los costos que resultarán de la pérdida de estos ecosistemas. Por ejemplo, los ecosistemas arrecifales se ven afectados por el cambio climático dado que el aumento en la temperatura del agua causa la muerte de corales. Es necesario estimar el valor económico de los arrecifes para México, así como las pérdidas esperadas (en superficie) debido al cambio climático. Esto permitirá estimar el costo total de la afectación.

Para el caso de los manglares, Sanjurjo y Welsh (2005) analizan el impacto de cambios en los manglares sobre cambios en la producción pesquera. A partir de esto presentan un comparativo del valor de los servicios de protección a las pesquerías. Estos valores no son específicos a modificaciones en la cobertura de manglares debido al cambio climático (Tabla 4.12). Los servicios recreativos de los humedales costeros, vía ecoturismo, se han estimado para varios países. Algunos de estos valores se presentan en la Tabla 4.13

Tabla 4.12 Principales resultados sobre el valor de los servicios de protección de pesquerías

FUENTE	LUGAR	VALOR (DÓLARES POR HECTÁREA)
Windevoxhel 1992	Nicaragua	77
Lal 1990	Fiji	100
Ruitenbeek 1992	Indonesia	117
Constanza <i>et al.</i> 1989	Louisiana	128
Christensen 1982	Tailandia	130
Yañez-Arancibia 1995	Campeche	900

Fuente: Sanjurjo y Welsh (2005).

Además, existen otros valores ambientales de los manglares, como la protección a la biodiversidad, el valor de la captura de carbono y los servicios de protección a la costa, así como el valor de filtrado de aguas residuales. En particular, el valor de la biodiversidad se podría estimar a partir del método de valoración contingente. El valor de los servicios de protección a las costas se puede aproximar a través de los daños causados por eventos meteorológicos o a través de los costos para las compañías de seguros. Por último, el valor del servicio de filtrado de aguas residuales se puede

calcular por el costo de construir y operar una planta de tratamiento de aguas para reemplazar las funciones del ecosistema (Lal, 1990).

Tabla 4.13 Estimaciones del valor recreativo de los humedales costeros

LUGAR	VALOR ESTIMADO EN DÓLARES AMERICANOS			FUENTE
	POR HECTÁREA	POR VISITANTE	TOTAL	
Indonesia	515	-	6,200,000	Hudgson y Dixon 2000
Malasia	420	-	-	Bennet y Reynolds 1993
Nicaragua	-	53	900,000	Windevoxhel 1992
Louisiana	115	100	4,000,000	Farber y Constanza 1987
Nayarit	114	13	858,000	Sanjurjo 2004

Fuente: Sanjurjo y Welsh, (2005).

Para ver la afectación del cambio climático sobre los manglares se deberá utilizar este valor total de los manglares y multiplicarlo por las áreas que se espera resulten afectadas, obteniéndose así las pérdidas respectivas, al igual que se planteó en el caso del coral.

En todos los casos, para determinar la afectación económica por el cambio climático, es necesario tener presente que se tiene muy poco conocimiento sobre los valores de existencia, herencia y opción de los distintos ecosistemas. Además, estos métodos de valoración son para determinar la percepción subjetiva de cambios marginales en la cantidad y/o calidad de un ecosistema, pero que no sirven para darle un valor a la extinción de una especie, por ejemplo. Por último, el uso productivo que se le de a un ecosistema modificará el valor atribuible al mismo (Sanjurjo y Welsh, 2005).

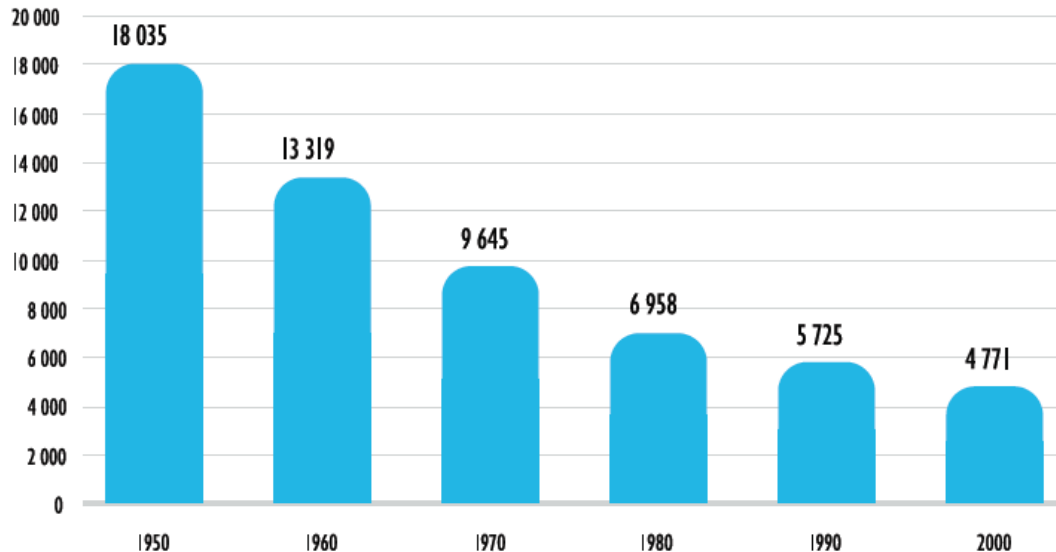
Agua

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua, dos tercios de los 188 acuíferos más importantes del país sufren de sobreexplotación (Diario Oficial de la Federación, 2003). De ellos, la extracción promedio para uso humano es de casi el doble del nivel de la recarga natural (Muñoz-Piña et al, 2005). La disponibilidad natural media per cápita en México ha ido disminuyendo con los años, pasando de 18 mil m³ por habitante al año en 1950 a menos de 5000 m³ por habitante al año en el 2000. La Figura 4.2 muestra la evolución de este indicador.

Otro problema que enfrenta México respecto a este recurso es la distribución desigual al interior del país. Zonas con mayor concentración de población, como lo es el centro de la República, cuentan con una menor disponibilidad de agua a

diferencia del sur. Así, la disponibilidad de agua es menor en las zonas más productivas del país (INE, 2007).

Figura 4.2 Variación de la disponibilidad natural media per cápita del agua de 1950 a 2000 (m³/hab/año)



Fuente: CONAGUA, 2007. Subdirección General Técnica

El dato de disponibilidad natural total, en millones de metros cúbicos por año, es de 465,137. Para los años 1950 a 2000, los datos de población son censales del INEGI.

Por otra parte, la escasez se incrementa por las tendencias de crecimiento poblacional y económico, así como por el deterioro de la calidad del agua y se ve agravada por el cambio climático. Además de los impactos directos de no tener agua, esto puede provocar un aumento en el precio del agua con la consecuente afectación en el bienestar de la población.

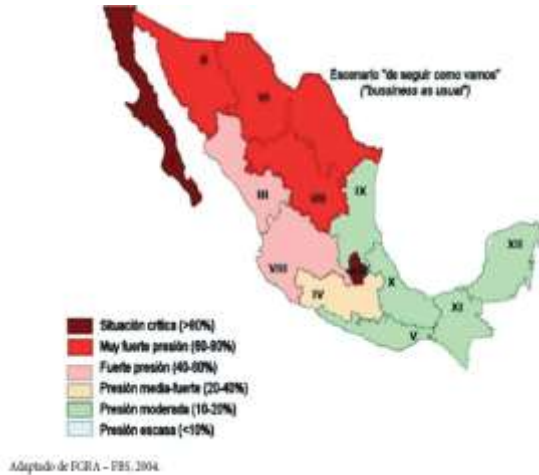
Se han desarrollado escenarios de grado de presión sobre el agua. Los paneles de la Figura 4.3 muestran cómo varía el grado de presión por estado, siguiendo las tendencias actuales y las modificaciones dada la conjunción con el cambio climático.

Aplicación del método de los costos inducidos al sector “agua”

El método utilizado para la evaluación económica del agua es el de costos inducidos. Analiza cómo es que el cambio climático afecta la disponibilidad de agua de una cuenca. Esta afectación puede ser por cambios en precipitación, temperatura, evaporación, etc. Para llevar a cabo la valoración, se utilizó el estudio de Maderey y Jiménez (2000), en el que analizan el cambio en la disponibilidad de agua durante el período 2025-2050 en las Cuencas Lerma-Chapala-Santiago, río Pánuco y río

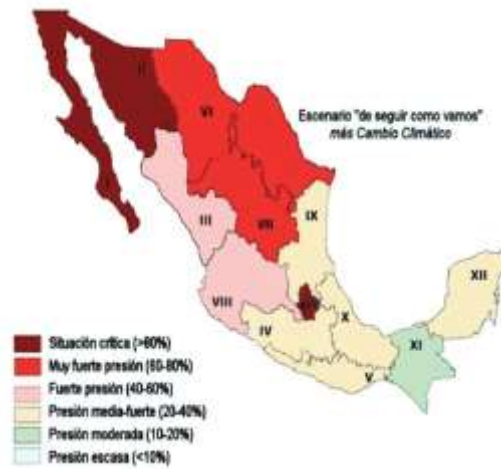
Balsas según los modelos GFDL-R30,CCC y MTC. Los resultados se muestran en la Tabla 4.14.

Figura 4.3 Escenario de grado de Presión (máxima) sobre el recurso agua al 2030 considerando tendencias en población, PIB y agricultura



Fuente: INE, 2007.

Figura 4.3 Grado de presión cuando se consideran las proyecciones socioeconómicas para 2030 y escenarios de cambio climático



Fuente: INE, 2007.

Tabla 4.14 Volumen de agua aprovechable y reservas ante el cambio climático

	MODELO	VOLUMEN DE AGUA APROVECHABLE	RESERVA
Lerma - Chapala - Santiago	Escenario actual	11,994.30	339.6
	GFDL	2,730.30	0
	CCCM	0	0
Cuenca del Río Pánuco	Escenario actual	15,659.55	11,078.67
	GFDL	15,600.57	10,125.13
	CCCM	2,536.20	10,469.19
	MTC	0.00	8,336.03
Cuenca del Río Balsas	Escenario actual	18,645.59	10,422.70
	GFDL	16,363.42	8,693.43
	CCCM	1,011.68	8,975.76
	MTC	0.00	7,493.20

Fuente: Maderey L. y Jiménez A., 2000

Para obtener el valor económico de la reducción en la disponibilidad de agua, se utilizó un valor de \$6 pesos/m³ (IMTA, conversación telefónica). La pérdida económica se calculó multiplicando este precio por el cambio en el volumen de

agua aprovechable en estas cuencas en particular. Los resultados para las cuencas analizadas están en la Tabla 4.15

Tabla 4.15 Pérdidas económicas

CUENCA	MODELO	CAMBIO EN DISPONIBILIDAD DEL AGUA (millones de metros cúbicos)	PERDIDA ECONOMICA (millones de pesos)
Lerma-Chapala-Santiago	GFDL	-9,264.00	-55,584.00
	CCCM	-11,994.30	-71,965.80
	MTC	-11,994.30	-71,965.80
Cuenca del Río Panuco	GFDL	-58.98	-353.88
	CCCM	-13,123.35	-78,740.10
	MTC	-15,659.55	-93,957.30
Cuenca del Río Balsas	GFDL	-2,282.17	-13,693.02
	CCCM	-17,633.91	-105,803.46
	MTC	-18,645.59	-111,873.54

Fuente: Elaboración propia con datos de IMTA (\$6 pesos / m³)

De esta manera, la pérdida económica total en estas tres cuencas varía entre 70 mil y 278 mil millones de pesos, para ese periodo. Cabe mencionar que los cálculos anteriores fueron obtenidos tomando en cuenta un precio del agua de \$6 pesos/m³ que refleja el costo de provisión solamente. Faltaría añadir el valor de los beneficios que genera el uso de esa agua. La suma de estos dos conceptos sería el precio que se debiera usar para determinar las pérdidas para la cuenca en caso de no contar con los mismos volúmenes de agua.

Por otro lado, los datos de disponibilidad de agua ante escenarios de cambio climático están altamente agregados y no permiten conocer estimaciones de uso futuro de agua por sector, haciendo difícil saber la productividad de esa agua. Además, debido a la mayor escasez del agua, es muy probable que se incremente su precio (tanto por costo de extracción y de distribución como por el impacto marginal en la producción) de manera muy importante, pero no hay estimaciones de trayectorias en precios futuros.

Consideraciones finales

Sería importante contar con estimaciones de la disponibilidad futura de agua para las demás cuencas, así como una desagregación por uso del agua. También se requiere de precios del agua por uso y cuenca y estimaciones de precios futuros para cada una de estas clasificaciones.

Salud

El cambio climático provocará un incremento en las enfermedades y la mortalidad asociadas a mayor temperatura, por un lado, y a una mayor

concentración de gases contaminantes en la atmósfera, por el otro. Es necesario conocer la manera en que la variabilidad en el clima puede afectar la salud, a través de morbilidad y mortalidad, así como el costo que esto traerá para el país.

Morbilidad

De acuerdo a la Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, para México se han identificado los cambios en las incidencias de enfermedades de vector (paludismo y dengue) y enfermedades infecciosas gastrointestinales ante cambios en la temperatura y humedad, principalmente (INE, 2007). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), en su IV Reporte, provee evidencia de otras enfermedades asociadas a cambio climático pero no para el caso de México.

Existe una carencia notable de estudios del impacto del cambio climático sobre la salud en México. Sólo existen estudios que determinan la relación entre cambios en la temperatura y humedad extrema que traen consigo el aumento en enfermedades como golpes de calor, enfermedades transmitidas por vector y enfermedades transmitidas por agua y alimentos. En la Tercera Comunicación (INE, 2007) se establecen los cambios en algunas enfermedades provocadas por incrementos en la temperatura. Por cada grado que aumenta la temperatura, los efectos sobre el cambio de incidencia de estas enfermedades son diferenciados, como muestra la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Morbilidad por efecto del cambio climático, 2005

	Morbilidad 2005 (no. de casos)	Incremento promedio en morbilidad por aumento de 1°C	Cambio en Morbilidad 2005 si temperatura incrementa 2°C	Pérdidas por morbilidad (pesos)
Paludismo *	131	1.1%	4	\$319,000
Dengue **	10,201	1.75%	370	\$29,507,500
Enf. Infecciosas gastrointestinales ***	84,389	1.07%	1,806	\$144,028,500
Total			20,180	\$173,855,000

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud (2006) y Hammitt e Ibarrarán (2005) e INE (2007).

*Paludismo: promedio de Chiapas (1.15%) y Sinaloa (1.06%)

**Dengue: promedio de Colima (1.5%) y Guerrero (2%)

***Enfermedades infecciosas agudas: Porcentaje para Chiapas y Puebla (1.07%) por Enfermedad Diarreica Aguda.

Para llegar a estos valores, se tomó la incidencia de enfermedades a nivel nacional para 2005. A las enfermedades relacionadas con el cambio climático se les aplicó el cambio esperado por grado incremental de temperatura y se estimaron los casos de morbilidad incremental por un aumento de 2°C. A cada

caso de morbilidad se aplicó un costo por enfermedad estimado por Hammit e Ibararán (2006), el cual se encuentra en un rango de \$38,500 a \$121,000. Se tomó el punto medio de este rango, es decir \$79,750 pesos por caso, a partir de un estudio de compensaciones salariales por riesgos laborales.

Por su parte, Smith et al (1999) estiman los porcentajes atribuidos a factores de riesgo ambientales, e incorporan un número mayor de enfermedades (Tabla 4.17). Sin embargo, el porcentaje no puede ser atribuido en su totalidad al cambio climático. Faltaría un estudio posterior que determine qué porcentaje de estas enfermedades se deben al cambio climático.

Tabla 4.17 Porcentaje atribuible a factores de riesgo ambientales para categorías de enfermedades seleccionadas

Patología	% atribuible a causas ambientales
Infecciones respiratorias agudas (IRA)	40 – 60
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	33 – 50
Enfermedad isquémica cardíaca	8 – 10
Enfermedad cerebrovascular	8 – 10
Tuberculosis	20 – 25
Enfermedades diarreicas	80 – 90
Neoplasias malignas	20 – 25
Anomalías congénitas	5 – 10
Accidentes de tráfico	25 – 30

Fuente: Smith et al 1999.

Debido a que no se contó con la información de todos los costos de enfermedades causadas por contaminación, así como de los costos de enfermedades asociadas a cambio climático, la valoración fue realizada con los costos calculados por Hammit e Ibararán (2006). Sin embargo, de existir esta información, los costos podrían ser estimados nuevamente.

Por su parte, existen estimaciones de costos de distintas enfermedades determinados por varios autores. Las tablas 4.18 y 4.19 muestran estos valores. De hecho, los cálculos de la tabla 4.16 podrían rehacerse tomando estas otras fuentes, de existir los costos.

Tabla 4.18 Costos de atención asistencial de enfermedades causadas por contaminación en agua

Enfermedad	Costos de atención asistencial por intervención individual
Diarrea aguda sin deshidratación	\$296.93
Diarrea aguda con deshidratación	\$2,474.76
Diarrea cólera sin deshidratación	\$309.65
Diarrea cólera con deshidratación	\$2,404.52 - \$6,955.37
Dengue clásico	\$318.50

Fuente: Costos estimados para 2002 por la Secretaría de Salud, citados en Nigenda, et al (2002)

Tabla 4.19 Costos por beneficiario por año de enfermedades causadas por contaminación en aire.

Costos SSA 2002	Costos Funsalud 1992
Diagnóstico y tratamiento de infección respiratoria aguda \$629.51	Tratamiento de infección respiratoria aguda en niños \$74
Diagnóstico y tratamiento de asma \$9,417.14	Tratamiento de asma simple \$530
	Tratamiento de asma severo \$5,223
Diagnóstico y tratamiento de bronquitis en niños \$5,764.64	Tratamiento ambulatorio de bronquitis crónica y enfisema pulmonar \$1,596
	Tratamiento de las complicaciones de bronquitis crónica y enfisema pulmonar \$2,725
Diagnóstico y tratamiento de neumonía \$12,183.01	Tratamiento ambulatorio de neumonías en adultos \$277
	Tratamiento ambulatorio de neumonía en adultos \$277

Fuente: Costos estimados para 2002 por la Secretaría de Salud citados en Nigenda, et al (2002).

Mortalidad

El otro efecto del cambio climático sobre la salud es a través de la mortalidad. Para 2005, solamente se tienen las muertes por dengue (42), paludismo (1) y enfermedades infecciosas intestinales (532). Sin embargo, no existen datos que indiquen en cuánto aumentaría la mortalidad debido al cambio climático. La Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático sólo menciona que la mortalidad por golpes de calor se incrementaría entre 1.2 y 1.3% por cada grado centígrado de

aumento en la temperatura y no proporciona datos de mortalidad para las enfermedades transmitidas por vector y las enfermedades infecciosas intestinales. Además, no se tienen datos de defunciones por golpes de calor, por lo que el impacto del cambio climático, en función de la pérdida de vidas, no se puede determinar en ninguno de los casos anteriores.

Es importante mencionar que también otras enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental constituyen una parte importante en la morbilidad y mortalidad. Dado que éstas se relacionan con contaminantes que pueden estar asociados a gases de efecto invernadero, las infecciones respiratorias y pulmonares se asocian al cambio climático (PICC, 2007). Sin embargo, la proporción de estas enfermedades asociadas al cambio climático, así como su evolución con cambios en la temperatura no están determinadas para México.

Consideraciones finales

Existe poco trabajo relacionando cambio climático y salud. Se requiere determinar el efecto del cambio climático sobre la incidencia de enfermedades particulares y cómo evolucionarán estas enfermedades dados distintos escenarios de cambio climático. Así mismo es fundamental estimar el impacto del cambio climático sobre la mortalidad.

5. Estimación de beneficios de mitigación en el sector energético

Una vez vistos los costos que puede imponer el cambio climático, se analizarán ahora los beneficios que se pueden derivar de la inversión en mitigación de emisiones. La lógica que se sigue en esta sección es la de estimar el costo evitado por la instrumentación de políticas que han inhibido la emisión de gases de efecto invernadero. Este costo evitado constituye un ahorro que a su vez es el beneficio de instrumentar una política concreta o de adoptar una tecnología en particular. Para obtener el beneficio neto de una medida de mitigación habría que restarle el costo de inversión y operación de la nueva tecnología.

La mitigación de emisiones se da principalmente en el sector energético, ya sea en la producción o en el consumo. En la Tabla 5.1 se listan los sectores en los que FIDE llevó a cabo proyectos en 2005 que han reducido las emisiones de gases de efecto invernadero. En total se evitaron casi 5 600 millones de toneladas de CO₂. El 25% de las emisiones evitadas se deben a la instrumentación del horario de verano.

En la última columna de la Tabla 5.1 se muestra el costo evitado dado que no se generaron estas emisiones. Este costo se estima a partir de los costos estimados para México de abatir una tonelada de carbón, dada su tecnología y sus posibilidades de sustitución de combustibles. Este costo es de \$104 dólares por tonelada (Ibarrarán y Boyd, 2006; Sands y Fawcett, 2005). A partir de estos datos, tanto de emisiones

evitadas como de costo de abatimiento se estimó el valor de las emisiones evitadas, que fue de \$6 mil 400 millones de pesos para 2005.

Tabla 5.1 Costos Evitados por Mitigación
Proyectos realizados y ahorros obtenidos por FIDE

SECTOR	PROGRAMA	ACCIONES	2005			COSTO EVITADO (pesos)	
			MW	GW-h	TON DE CO2 EVITADAS		
DOMESTICO	Sustitución de lámáras fluorescentes compactas	798,372	387.25	496.31	543,494	\$621,757,136	
	Sustitución de aires acondicionados	62,469	30.42	41.04	45,032	\$51,516,608	
	Sustitución de refrigeradores	342,437	138.57	297.84	211,600	\$242,070,400	
	Viviendas aisladas	11,472	22.33	97.84	107,358	\$122,817,552	
	Diagnósticos	1,503	13.32	33.44	36,693	\$41,976,792	
	Micro y pequeñas empresas	Proyectos	245	38.01	51.16	56,137	\$64,220,728
	Industria	Proyectos	32	184.96	866.8	951,123	\$1,088,084,712
Comercios y servicios	Proyectos	54	41.9	106.2	116,531	\$133,311,464	
Servicios municipales	Proyectos	39	42.6	104.01	114,128	\$130,562,432	
Horario de verano			982	1,301	1,417,563	\$1,621,692,072	
Incentivos y desarrollo de mercado	Motores		169	755.16	828,623	\$947,944,712	
	Unidades de alumbrado		98.55	178.63	196,007	\$224,232,008	
	Compresores		11.17	34	37,308	\$42,680,352	
Agropecuario	Pozos de bombeo	972	203.74	803.04	881,161	\$1,008,048,184	
	LFC en granjas		50	39.1	42,904	\$49,082,176	
Totales			2,413.81	5,205.57	5,585,662	\$6,389,997,328	

Fuente: INE, (2007) y cálculos propios

Por su parte, el sector transporte es la fuente más importante de emisiones, principalmente en las zonas urbanas. Sin embargo, hay proyectos para reducir estas emisiones. La Tabla 5.2 muestra las proyecciones de emisiones para el caso base y las emisiones bajo la combinación de distintas políticas como la introducción de un mayor número de vehículos a diesel, el aumento de la eficiencia energética de vehículos ligeros, la introducción de la Norma Europea de rendimiento de vehículos a gasolina, la introducción de vehículos híbridos, el uso de 10% de etanol en la gasolina en 2020 y el uso de 10% de biodiesel proveniente de plantas oleaginosas en el diesel en 2020. Dada esta combinación de políticas, se pueden reducir emisiones con respecto al escenario base, llegando a una reducción de hasta 20% en el 2020 (INE, 2007).

El último renglón de la Tabla 5.2 muestra la valoración económica de esas emisiones evitadas. Para ello, se utilizó el mismo costo que en el caso anterior de \$104 dólares por tonelada (Ibarrarán y Boyd, 2006; Sands y Fawcett, 2005). El costo evitado de la instrumentación de esta combinación de medidas en el sector transporte sería de \$6 millones de pesos en el 2010 hasta \$53 millones de pesos en 2020.

Tabla 5.2 Costos evitados del sector transporte bajo escenarios alternativos
Emisiones (Gg CO₂)

	EMISIONES Gg CO ₂			
	2010	2013	2015	2020
Base	139,174	158,355	173,356	226,079
Combinación	133,982	145,974	153,838	179,949
Reducción (%)	3.7	7.8	11.3	20.4
Cambio	5,192	12,381	19,518	46,130
Costos evitados (pesos)	\$5,939,991	\$14,163,864	\$22,328,363	\$52,772,834

Fuente: INE, 2007 y cálculos propios

Para obtener los beneficios netos de la mitigación es necesario restar los costos de inversión y de operación en las nuevas tecnologías que permiten dicha mitigación a los beneficios obtenidos a partir de las emisiones evitadas. Además, se debe sacar el valor presente neto de la mitigación a partir de acumular y descontar los beneficios (o costos netos) en cada periodo.

Consideraciones finales

Esta misma metodología se podría aplicar al caso de emisiones evitadas en otros sectores, por ejemplo, a la prevención de incendios forestales. Al final, se tendrían que comparar el ahorro por el costo de abatimiento de las emisiones evitadas y los costos evitados en cuanto a pérdida de madera y leña, así como el valor de las muertes y lesiones evitadas y los costos evitados del combate a los incendios y la inversión realizada para prevenir estos incendios forestales.

6. Estimación de costos de adaptación en la agricultura

En general, la adaptación al cambio climático incluye medidas que sirven para reducir los daños del cambio climático e incrementar la resiliencia de las sociedades y de los ecosistemas al cambio climático (Fankhauser, 1998). En este sentido, esta sección analiza los costos de la adaptación en la agricultura en México.

Uno de los efectos que provocará el cambio climático es la dificultad en el abastecimiento de alimentos. Las inundaciones, sequías, huracanes, tormentas que se presentarán en el país afectarán fuertemente los cultivos, principalmente de los agricultores de subsistencia, e incluso provocarán la pérdida total de los

mismos en determinadas regiones del país. De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), en 1997 había 29 países que tuvieron emergencia alimentaria, y para 1998 éstos subieron a 36 debido principalmente a los efectos de El Niño (FAO, 1998). De esta manera, dados los escenarios de clima para México, resulta urgente buscar alternativas para que la agricultura pueda adaptarse a las nuevas condiciones. La ciencia y la tecnología juegan un papel importante en el desarrollo de métodos alternativos de producción agrícola y pueden ser usados como medidas de adaptación al cambio climático.

Entre las medidas de adaptación en el sector agrícola se encuentran el sistema de cultivo a través de hidroponía, el aseguramiento de los cultivos ante riesgos de sequías a través de Agroasemex y la inversión en mejores tecnologías de riego. Estas tres opciones contribuyen a reducir los daños y aumentar la resiliencia ante el cambio climático.

En particular, para el caso de medidas que sirven para reducir los daños del cambio climático, los costos de la adaptación se estiman a partir de las inversiones y gastos de operación necesarios para producir aquellos servicios ambientales que el medio ambiente ya no puede proveer debido al cambio climático. A esto se le resta el valor incremental de la producción bajo la situación de adaptación con respecto a la situación inicial.

En el caso de que la adaptación sirva para incrementar la resiliencia de las sociedades y de los ecosistemas al cambio climático, la valoración se hace a través de las ganancias excedentes que son producto de la aplicación de las medidas de adaptación o de los daños evitados, restándole los costos de inversión y adaptación. Tanto en este caso como en el anterior es necesario obtener el valor presente de la medida de adaptación.

En esta sección se describen algunas de las opciones para el sector agrícola pero no se lleva a cabo una valoración concreta debido a que no se cuenta con datos duros que sean consistentes y comparables para hacer las valoraciones del costo de la adaptación en el sector agrícola (y para el caso en los demás sectores). Dado esto, la metodología de valoración depende de cuál de los efectos de la adaptación se quiera valorar, pero en términos generales queda estipulada en los párrafos anteriores.

Hidroponía

La hidroponía es una medida de adaptación que aumenta la resiliencia de la agricultura ante el cambio climático. Es un sistema de producción de plantas sin hacer uso del suelo (tierra), en el que las raíces son provistas de agua y nutrientes de una forma controlada, logrando obtener condiciones biológicas, químicas y físicas más adecuadas para su desarrollo. Entre sus ventajas más importantes se encuentran el mayor rendimiento por unidad de superficie, el uso

más eficiente del agua y fertilizantes (ya que hay una mayor eficiencia en la regulación de la nutrición de la planta) y la no dependencia de las lluvias de temporal. Además, si es un sistema hidropónico bajo invernadero, el cultivo es más limpio para el consumidor, se evitan problemas de plagas y enfermedades y se reduce la cantidad de químicos empleados.

Tabla 6.1 Productividad en cultivos seleccionados
(ton/año)

CULTIVO	HIDROPONICO		TRADICIONAL
Tomate	375	2*	100
Pepino	750	3*	30
Lechuga	313	10*	52
Pimentón	96	3*	16
Repollo	172	3*	30

Fuente: Huerta Hidropónica Popular, FAO, 2003

*Número de cosechas al año para cultivos hidropónicos.

Sin embargo, este proceso de producción tiene sus limitaciones. De acuerdo a Moreno (2007), una limitante que se puede presentar es que requiere capacitación técnica que es costosa. La evidencia demuestra que la producción a través de hidroponía es rentable económicamente (referencia). Dicha rentabilidad se determina al considerar los costos de la inversión inicial y de producción, así como los ingresos por la venta del producto.

Para valorar el costo neto de esta tecnología productiva, es necesario contar al menos con datos de costos iniciales de inversión, costos de operación, rendimiento y precios de venta tanto para cultivos hidropónicos como para cultivos tradicionales. De esta manera, tendrían que determinarse los costos incrementales y restarle los beneficios incrementales resultantes de la comparación del sistema hidropónico y del tradicional. Aún cuando hay experiencia de esta tecnología, no hay datos (ni en la hidroponía ni en los cultivos tradicionales) que permitan hacer esta valoración. Sin embargo, es importante rescatar estas experiencias.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) impulsó el Proyecto Regional para la Superación de la Pobreza en América Latina y el Caribe del cual surgió el proyecto de Hidroponía Popular. La Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el PNUD han unido esfuerzos para difundir esta tecnología. Los cálculos obtenidos a partir del proyecto de Hidropónica Popular son evidencia de los beneficios de este sistema de cultivo (FAO, 2003).

Existen experiencias en México del uso de la hidroponía. En el estado de Guanajuato, hay un proyecto de 20 hectáreas de cultivo hidropónico de jitomate apoyado por el Banco Mundial, el cual tendrá un impacto positivo en el

desarrollo de la región rural, creando empleo directo para 240 personas y afectando las condiciones de vida de la población local (IFC).

Seguros

Una alternativa más de adaptación, que por un lado reducen los daños del cambio climático es el aseguramiento de la producción agrícola ante variaciones en el clima y la presencia de eventos climáticos extremos. AGROASEMEX es una institución nacional de seguros que provee el Seguro Agrícola Catastrófico para Eventos Climáticos, que está orientado a proteger al productor de bajos ingresos contra los efectos de la sequía de características catastróficas (Agroasemex, 2007). El seguro está dirigido a los gobiernos federal y estatal principalmente para apoyarlos en sus políticas hacia el sector agropecuario.

En 2006 se estimaron primas por 17.3 millones de dólares, una superficie protegida de 2.3 millones de hectáreas y una suma asegurada de 131.9 millones de dólares (Agroasemex, 2006). Este tipo de medidas permiten reducir los daños que sufren los productores ante el cambio climático.

Riego

El riego es una medida de adaptación que permite aumentar la resiliencia ante los efectos del cambio climático. En particular, el riego por goteo es un sistema alternativo para la agricultura mexicana en las zonas secas principalmente, tanto para disminuir la dependencia de la agricultura de temporal como para enfrentar la situación de escasez de agua en el país. Este sistema permite un buen manejo del agua y mejores índices de producción. Consiste en aplicar el agua gota a gota a cada planta y ésta es transportada por medio de tuberías o mangueras de plástico a lo largo de cada surco de la parcela. Estos conductos tienen orificios por donde sale el agua y son hechos de tal manera que a cada planta le corresponde un orificio. Finalmente, en cada orificio es colocado un tornillo con el que el tamaño y la frecuencia de la gota es regulado. De esta forma, la planta aprovecha mejor el agua debido a que la recibe precisamente en el área donde la necesitan, donde crecen las raíces.

Sin embargo, esta técnica es muy costosa por la inversión que requiere así como el mantenimiento. Los costos oscilan entre \$1,200 y \$2,500 dólares por hectárea en Estados Unidos (La Imagen Agropecuaria, 2007). Alternativo al riego por goteo se encuentra el riego por aspersión, cuyo costo oscila entre 10 mil y 17 mil pesos por hectárea (La Palabra, 2005).

Para poder valorar esta opción, es necesario ver los costos de inversión y de operación, así como las ganancias generadas en función de la producción excedente con respecto a temporal, y calcular el valor presente. No se cuenta con los datos necesarios para hacer el cálculo.

Consideraciones finales

México deberá enfocar gran parte de su política en torno al cambio climático a la adaptación. Esto hará muy importante la valoración de los costos netos que esto implica. Para ello será necesario contar con la información adecuada de cada medida de adaptación así como de los beneficios o costos evitados que genera para así poder tomar decisiones y se invierta en los proyectos más rentables tanto desde el punto de vista de costos como de beneficios esperados.

7. Recomendaciones finales

Este estudio es una primera aproximación a cómo es que se puede abordar el contexto socioeconómico de México ante la tendencia actual de crecimiento poblacional, económico y de uso de recursos naturales y generación de contaminantes. En la primera sección se sugiere una forma de calcular la vulnerabilidad agregada en México a partir de indicadores socioeconómicos, medioambientales, riesgos de desastres naturales y dados los impactos esperados del cambio climático.

El segundo objetivo de este estudio es mostrar la aplicación de distintos métodos de valoración económica para determinar (1) el impacto del cambio climático a algunos sectores, (2) los beneficios de la mitigación de energía y (3) los costos y beneficios de algunas medidas de adaptación en el sector agrícola. Si bien se cumplió con el objetivo en tanto se analizaron los principales métodos de valoración y se aplicaron a sectores particulares, hay mucho por hacer aún. Por lo tanto, a partir del análisis aquí realizado, se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. En estudios futuros, tanto para el contexto socioeconómico como para la valoración económica de los costos y beneficios, es fundamental marcar años de corte para reportar los resultados. Así mismo, se sugiere que se tomen los años de 2025 y 2050 para reportar los indicadores socioeconómicos y de vulnerabilidad así como los costos de los impactos del cambio climático los beneficios producto de la aplicación de las políticas de mitigación y adaptación.
2. Para todos los casos se deberán presentar los valores en términos anuales y acumulados (valor presente neto) para periodos definidos. Además, deberá realizarse un análisis de sensibilidad usando distintas tasas de descuento intertemporal. Se podrían usar las tasas de 3%, 8% y 12% que son las más usadas para descontar el tiempo en los proyectos ambientales y sociales de largo plazo..
3. Se deberán expresar los costos y beneficios en función del PIB, para fines de comparación tanto sectorial como nacional e internacional.

4. Valdría la pena hacer la valoración a nivel nacional para mantener consistencia en los datos. En caso de existir, se podría ver el impacto regional (norte, centro y sur), pero la unidad de análisis deberá ser el país.
5. Es necesario revisar si la desagregación de los sectores aquí planteada es la más adecuada para la ampliación del estudio. En este caso los sectores analizados fueron agricultura, ecosistemas, agua, salud y energía. En otros estudios se han analizado los sectores que muestra la Tabla 7.1. Podría valer la pena incluir otros sectores como pecuario (ganado y pesca) y biodiversidad.

Tabla 7.1 Desagregación de sectores para la valoración del cambio climático

Mendelsohn	Tol	Nordhaus	PICC	Tercera Comunicación, INE
Agricultura	Agricultura	Agricultura	Agricultura	Agricultura y ganadería
Bosques	Bosques	Bosques		Bosques
Energía	Energía	Energía	Energía	Energía
Agua	Agua	Agua	Agua dulce	Agua
Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas costeras	Zonas Costeras	Zonas costeras
	Ecosistemas	Ecosistemas	Ecosistemas	Ecosistemas
	Mortalidad	Mortalidad	Salud	Salud
		Recreación		
		Construcción	Industria, asentamientos y sociedad	
		Pesquerías	Alimentos, fibras y productos forestales	

Fuente: Stern, 2007, INE,2007 y PICC, 2007.

6. Este estudio presenta los métodos de valoración que se podría utilizar en cada caso. Sin embargo, se podrían aplicar otros métodos dependiendo de los insumos que se tuvieran para hacer las estimaciones. Cuando sea posible, sería adecuado usar más de un método para corroborar los resultados dentro de cada sector.
7. Por otra parte, este estudio hizo una revisión bibliográfica amplia (aunque de ninguna manera exhaustiva) de la información existente en torno a los impactos del cambio climático así como de las políticas de mitigación y adaptación que se han planteado, todo para el caso de México. A partir de esta revisión y de la valoración aquí presentada, se observaron carencias de información que deberá obtenerse para poder realizar una mejor valoración del impacto económico del cambio climático, así como de los beneficios de las políticas de mitigación y adaptación.

Agricultura - En el sector agrícola, el método de los costos inducidos se aplicó a seis productos solamente, para determinar el costo impuesto por el cambio climático. Los resultados son parciales en cuanto que (1) solamente incluye algunos productos y (2) no toma en cuenta medidas de adaptación y (3) no determina el impacto distributivo ni las afectaciones tanto al ingreso de los productores como de los consumidores.

Por otra parte, se ha detectado la necesidad de contar con estudios sobre el impacto del cambio climático en México para varios cultivos, como el mismo frijol, caña de azúcar, naranja y trigo, que por falta de estudios para México, se tuvo que recurrir a estimaciones para otros países. El maíz por su parte, está bastante bien estudiado en la zona centro, pero sería importante hacer estudios de cambios en la productividad para otras regiones del país, que tienen otras condiciones climatológicas. Así mismo, sería importante ver el efecto sobre el café para otras latitudes porque el impacto quizá no sea el mismo para la producción de café en Veracruz que en el resto del país. Otros productos que valdría la pena analizar son la cebada, sorgo, cebolla, aguacate, chile verde, mango, limón, fresa, papa, plátano, sandía, tomate rojo y verde. Valdría la pena incluir también algunos productos pecuarios.

Finalmente, es fundamental hacer un análisis del impacto sobre los ingresos de los productores y de los consumidores, y por tanto su efecto sobre pobreza y distribución del ingreso.

Ecosistemas – Los bosques se valoraron en varios sentidos. Primero, en las pérdidas que podrían sufrir a causa de los incendios y segundo, en tanto el valor que tienen en sí mismos para los visitantes y para aquellos que valoran su existencia aún cuando no los visiten. Así mismo, se presentan resultados del valor de los bosques en función de los servicios ambientales que proveen.

Para el caso de incendios forestales, los valores reportados sólo se refieren a las pérdidas materiales en madera, leña y reforestación, el costo directo de apagar incendios y el costo de las emisiones de CO₂ generadas por el incendio. No incluyen las pérdidas de servicios ambientales y biodiversidad, el impacto inmediato sobre la producción agrícola y la afectación futura de la productividad de la tierra, ni los costos directos e indirectos a las comunidades afectadas, así como los costos de reubicación.

En cuanto a la estimación de los valores de uso y de existencia del bosque de las mariposas monarca, hay que resaltar que son valoraciones muy puntuales, de una parte de la reserva y que por sus características (como la presencia misma de las mariposas) su valor no es extrapolable a cualquier otro bosque. En todo caso es recomendable hacer estudios similares para bosques menos atípicos en México para ver el valor que

los visitantes tienen por los demás bosques del país. Lo mismo habría que hacerse en el caso del valor de existencia.

Para los demás tipos de ecosistemas del país, deberá determinarse su valor de uso y de no uso y multiplicarlo por las hectáreas de esos ecosistemas que desaparecerían bajo el cambio climático.

Agua - Existen pocos datos detallados de la disponibilidad de agua ante escenarios de cambio climático. Los que existen están definidos solamente para algunas cuencas y en todos los casos están altamente agregados, no permitiendo conocer estimaciones de uso del agua en el futuro por sector. En cuanto al precio, aún cuando hay tarifas de agua, estas no reflejan realmente el valor de escasez de la misma. Es fundamental contar con un valor que indique realmente la productividad del agua por zona o sector, no solamente su precio de venta. Esto es fundamental para estimar el costo de no contar con este líquido en el futuro. Además, será necesario diferenciar la reducción en la disponibilidad del agua a causa del cambio climático por un lado y por condiciones naturales de crecimiento poblacional para no sobreestimar el impacto del cambio climático.

En síntesis, es importante contar con estimaciones de la disponibilidad de agua para las demás cuencas, así como una desagregación por uso del agua. También se requieren precios del agua por uso y cuenca y estimaciones de precios futuros para cada una de estas clasificaciones.

Salud - Es necesario desarrollar estudios que indiquen claramente cuál será el comportamiento de distintas enfermedades ligadas al cambio climático. Existen algunos datos para paludismo y dengue y de enfermedades diarreicas, pero no se han definido en el caso de mortalidad, por ejemplo. Así mismo, hay datos de aumentos esperados en el caso de mortalidad por golpe de calor, pero no hay datos de morbilidad. Además, los estudios son solamente para algunas entidades del país y en ocasiones no son muy contundentes. La recomendación sería hacer estudios sistemáticos a nivel nacional para determinar la incidencia de morbilidad y mortalidad asociada con el cambio climático y plantear cómo se espera que estas enfermedades evolucionen en el futuro. A partir de esto se puede aplicar el valor de una vida estadística definida para México, o en su defecto, armar una base de datos de costo de tratamiento de enfermedades asociadas al cambio climático.

8. Es fundamental hacer un análisis distributivo del costo del cambio climático y de su impacto en cambios en la pobreza. De analizar estos datos por sector y por región habría un valor agregado. Así mismo, deberán estimarse los beneficios y costos de las políticas de mitigación y adaptación, así como su distribución.

9. En el caso de mitigación, es necesario determinar los costos de inversión y operación de las distintas tecnologías y comparar esto con los costos evitados de las emisiones mitigadas. Será necesario hacer esto para las principales opciones de mitigación, tanto en el sector energético como en el de transporte. Además, será importante evaluar distintas opciones de mitigación con respecto al cambio en el uso del suelo. Lo ideal sería hacer una valoración amplia en este caso para así determinar el potencial de mitigación para México, así como la relación costo-beneficio para cada una de las opciones.
10. En cuanto a adaptación, se describen algunas de las opciones para el sector agrícola, pero no se lleva a cabo una valoración concreta debido a que no se cuenta con datos duros que sean consistentes y comparables para hacer las valoraciones del costo de la adaptación en el sector agrícola. Esto sucede también en los demás sectores.

Sin embargo, para valorar el costo neto de una tecnología nueva, es necesario contar al menos con datos de costos iniciales de inversión, costos de operación, rendimiento y precios de venta, tanto bajo las formas convencionales como de las innovadoras de producción. De esta manera, tendrían que determinarse los costos incrementales y restarle los beneficios incrementales resultantes de la comparación de los dos sistemas. Esto dará los costos netos de la adaptación.

Además, la adaptación se puede medir a través de las inversiones necesarias para la protección contra eventos naturales, así como para hacer más resiliente al sistema social ante eventos futuros. Los costos en este sentido debieran ir más allá de la simple construcción de infraestructura, e incluir costos como el de desarrollo de instituciones eficientes y la construcción de sistemas de alerta temprana, por ejemplo.

11. En este estudio no se hacen recomendaciones concretas de políticas públicas dado que no es el objetivo del estudio y no hay elementos para ello. Estudios futuros deberán construir el análisis de manera de que se puedan hacer recomendaciones concretas de políticas públicas donde se determine tanto el costo para México del cambio climático como las políticas concretas de mitigación y de adaptación que se deberán adoptar y el orden en que debieran ser adoptadas de acuerdo a sus costos y beneficios sociales.
12. En relación a estudios futuros, será relevante, para los que lo financien, que el estudio guarde gran similitud con el Stern Review a fin de obtener resultados comparables y consistentes tanto con el estudio original como con estudios que se puedan derivar a nivel internacional.

BIBLIOGRAFIA

Acosta-Gallegos y P. Pérez Herrera (2003). "La Situación del cultivo del frijol en México". Producción e Investigación. Programa de Frijol del INIFAP, Chapingo, Edo. De México.

Adger, Neil, K. Brown, R. Cervigni y D. Moran. (1994). "Towards Estimating Total Economic Value of Forests in Mexico". Inglaterra, University of East Anglia and University College London. CSERGE Working Paper GEC 91-21.

Adame-Martínez, Salvador, J.L. Oropeza-Mota, M.R. Martínez-Méñez, Vinicio H. Santoyo-Cortés y M.E. Ramírez-Guzmán (2000). "Evaluación económica del proyecto de rehabilitación de suelos en la cuenca del río Texcoco". *Agrociencia* 34. p. 509-521, Colegio de Posgraduados.

Agroasemex (2007)
<http://www.agroasemex.gob.mx/>

Agroasemex (2006).
"La experiencia mexicana en el desarrollo y operación de seguros paramétricos aplicados a la agricultura". Agroasemex. Disponible en Internet:
<http://www.agroasemex.gob.mx/publicaciones/E2.html>

Alcántara, Irasema (2003). Valoración económica del servicio de ecosistemas. Prevención de desastres. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Asociación Hidropónica Mexicana
<http://www.hidroponia.org.mx/esp/info.php>

Ávila, Sara, C. Muñoz, L. Jaramillo y A. Martínez (2006). "Análisis del Subsidio a la Tarifa 09". Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ávila, Sara (2002). "Estimación del costo de oportunidad del uso de suelo forestal en ejidos a nivel nacional." Avances del proyecto. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Baethgen, W.E. (1994). "Impact of Climate Change on Barley Uruguay: Yield Changes and Analysis of Nitrogen Management Systems", en Rosenzweig, C. y A. Iglesias (eds), *Implications of Climate Change for International Agriculture*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., p 1-15

Barrera-Roldán, A. y A. Saldívar V (2004). "Índice de Sustentabilidad Industrial: Refinería Miguel Hidalgo", *Problemas del Desarrollo*, Vol 35, No. 137, p. 77-93. Instituto de Investigación Económica. UNAM.

Brenkert, A.L, M.E. Ibararán, y E.L. Malone (2007). "Projecting resilience: a state-level analysis for Mexico", Work in progress.

Brenkert, Antoinette L., y E. L. Malone (2005), "Modeling Vulnerability and Resilience to Climate Change: A Case Study of India and Indian States". *Climatic Change*, Vol. 72, p. 57-102.

Bonilla, Alexander, R. Rosales y J. Maldonado (2003). "El valor económico de la predicción del fenómenos El Niño Oscilación (ENOS) en el sector azucarero colombiano". *Desarrollo y Sociedad*. Vol. 52.

Boyd, R. and M. E. Ibararán (2007). "Extreme Climate Events and Adaptation: An Exploratory Analysis of Drought in Mexico", Work in progress.

Carabias, J. y R. Landa (2005). "Agua, medio ambiente y sociedad: Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México". México, El Colegio de México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Carbone, M.E. y M.C. Piccolo, (2002). "Caracterización de las sequías en la localidad de tres arroyos (1930-1975). Aplicación del Método de Palmer", Instituto Argentino de Oceanografía.

Cardoso, J.L, M.F. Archanjo-Sampaio, B. Reruel-Menderos y M. Stella-Zibordi (2004). "Comparación de Indicadores de Desempeño de la Producción Agropecuaria: Países de América Latina y de la Unión Europea", *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, Julio-Diciembre. p. 171-181, Colegio de Posgraduados.

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), (2004), "EM-DAT: The OFA/CRES International Disaster Database", <http://www.em-dat.net>

Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales (1981). "Expansión de la frontera agropecuaria y medio ambiente en América Latina". Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales, Madrid.

Centro Mario Molina (2006). "Emisiones de gases efecto invernadero y oportunidades de mitigación". Reporte elaborado para la Estrategia Nacional de Acción Climática. Centro Mario Molina.

Comisión Nacional Forestal. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Conversación telefónica.

Conde, C., R.M. Ferrer y D. Liverman (1999). "Estudio de la vulnerabilidad de la agricultura de maíz de temporal mediante el modelo CERES – maize", en Gay C., *México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*, México, Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM.

Conde, C. y S. Orozco (2006). "Climate Change and Climate Variability Impacts on Rainfed Agricultural Activities and Possible Adaptation Measures. A Mexican Case Study". *Atmósfera*, Vol. 19, Num.3, p. 181-194.

Cortés, Raúl (2006). Conferencia Magistral. Primer Foro Nacional de Etanol 2006. Universidad Veracruzana.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2007). Tarifas del agua por entidad federativa. Disponible en Internet:
<http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Directorio/Default.aspx>

De Siqueira O.J.F., J.R. Boucas Farlas y L.M. Aguilar Sans (1994). "Potential Effects of Global Climate Change for Brazilian Agriculture: Applied Simulation Studies for Wheat, Maize and Soybeans", en Rosenzweig C. Iglesias A. (eds) *Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study*. EPA, Washington, D.C.

Deressa, T. R. Hassan y D. Poonyth (2005). "Measuring the Impact of Climate Change on South African Agriculture: The Case of Sugar-Cane Growing Regions". *Agrekon*, Vol. 44, No. 4, p. 524 – 542.

Diario Oficial de la Federación (DOF) 31 de enero de 2003. Determinación de zonas críticas para la recarga de acuíferos. Comisión Nacional del Agua, México.

Dilley, M., R.S.Chen, U. Deichmann, A.L. Learner-Lam y M. Arnold (2005), "Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis, Disaster Risk Management". Series No. 5, World Bank, Washington DC.

Dong-Xiu y Gen_Xuan Wang (2000). "Interaction of CO₂ Enrichment and Drought on Growth, Water Use, and Yield of Broad Bean (*Vicia faba*)". *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 43, Issue 2, p. 131-139

Emanuel, K. (2005), "Increasing Destructiveness of Tropical Cyclones over the past 30 years," *Nature* 436, 686-688.

Epstein, P.R. (2005). "Climate Change and Human Health", *The New England Journal of Medicine*, Vol. 353, No. 14, p. 1433-1436.

Epstein, Paul (2004). "Emerging Infectious Diseases of Plants: Pathogen Pollution, Climate Change and Agrotechnology Drivers", *Trends in Ecology & Evolution*, Vol.19, Issue 10. p. 535-544.

Epstein, Paul R. (2004). "Climate Change and Public Health: Emerging Infectious Diseases." *Encyclopedia of Energy*, Vol. 1, p. 381-392.

Epstein, P.R. (2001). "Climate Change and Extreme Weather Events Implications for Food Production, Plant Diseases, and Pests", *Global Change & Human Health*, Vol. 2, No. 2. p. 90-104.

Epstein, P.R. (2001). "Climate Change and Emerging Infectious Diseases", *Microbes and Infection*, Vol. 3, p.747-754.

Epstein, P.R. (2000). "Is Global Warming Harmful to Health?", *Scientific American Magazine*.

Epstein, P.R. (1997). "Climate, Ecology, and Human Health". *Consequences*, Vol. 3, No. 2.

Esaú Moreno (Universidad Chapingo) (2007)
Revista Teorema Ambiental, No. 64. Disponible en Internet:
http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=47&id_art=4280&id_ejemplar=92

Escalante Semerena, R.I. (2006). "Desarrollo Rural, Regional y Medio Ambiente". *Económica*, Mayo-Agosto 2006. Núm. 8. UNAM.

Fankhauser, Samuel (1998). "The Costs of Adapting to Climate Change". *Global Environmental Facility*, Working Paper 16.

Fawcett, A.A. y R.D. Sands (2006). "Non-CO₂ Greenhouse Gases in the Second Generation Model". *The Energy Journal* (forthcoming).

Fernández, A. y J. Martínez (comps) (2004). Cambio Climático. Una visión desde México. México, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Flores Martínez, A. (coord) (2005). "Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales 2005". Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Gay, Carlos, F. Estrada, C. Conde y H. Eakin (2004). "Impactos Potenciales del Cambio Climático en la Agricultura: Escenarios de Producción de Café para el 2050 en Veracruz, México", en García Condrón, J.C., Diego Liaño, Fernández de Arróyabe Hernández, Garmendia Pedraja y Rasilla Álvarez (Eds) (2004), *El clima entre el mar y la*

montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A. no. 4, Santander.

Gay, C. (ed y comp) (2000), *México: una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México. Resultados de los estudios de la vulnerabilidad del país*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Universidad Nacional Autónoma de México.

Grêt-Regamey A. y S. Kytzia (2007). "Integrating the Valuation of Ecosystem Services into the Input-Output Economics of an Alpine Region", *Ecological Economics*, Vol. 63, Issue 4. p. 786-798.

Gutiérrez Núñez, C. (1992). "Estudios de Impacto Ambiental en Tamaulipas, México. Hacia una Metodología de Evaluación Económica". *Problemas del Desarrollo*, Vol. 23 Núm. 91 Oct-Dic. p. 67-84, Instituto de Investigación Económica. UNAM.

Hammit, J.K. and M.E. Ibararán (2006). "The Economic Value of Fatal and Non-Fatal Occupational Risks in Mexico City Using Actuarial- and Perceived-Risk Estimates", *Health Economics*, Vol.15, Issue 12. p. 1329-1335.

Hospital General de México (2003) Anuario Estadístico 2003. Hospital General de México. Disponible en internet:
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/DOCSAL7474.pdf>

Ibararán , M.E., Antoinette L. Brenkert, and Elizabeth L. Malone (2007), "Climate change vulnerability and resilience: an exploratory analysis for Mexico", Joint Climate Change Research Institute, College Park, MD.

Ibararán, M.E., M. Ruth, S. Ahmad y M. London (2006a), "Climate Change and Natural Disasters: Macroeconomic Performance and Distributional Impacts", University of Maryland, School of Public Policy.

Ibararán M. y R. Boyd (2006b). *Hacia el futuro: Energy, Economics and the Environment in 21st Century Mexico*. Springer,

Imagen agropecuaria

"Ventajas y desventajas de la agricultura de riego"

http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.php?id_sec=13&id_art=46&id_eje_mplar=1 Jueves 15 de marzo de 2007. Núm. 1

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (2007). Coordinación de Desarrollo Profesional e Institucional. Comunicación telefónica con Eduardo F. Donath,
edonath@tlaloc.imta.mx

Instituto Nacional de Ecología (2007). *México. Tercera Comunicación nacional ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Ecología (INE) (2006a). *Análisis de escenarios de cambio climático y vulnerabilidad de sectores clave en México y propuestas de adaptación*. Estudio desarrollado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera , UNAM. Informe de síntesis.

Instituto Nacional de Ecología (2006b). *Integrated National Adaptation Pilot: Strengthening the resilience of the coastal wetlands in the Gulf of Mexico to climate change (through improved water resource management)*. Proyecto en desarrollo por la Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Nacional de Ecología.

Instituto Nacional de Ecología (INE) (2006c). *Análisis de posibles impactos del cambio climático en el sector energético mexicano*. Estudio desarrollado por el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM para el Instituto Nacional de Ecología y el Programa Nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Instituto Nacional de Ecología (2006d). *Análisis de Posibles Impactos del Cambio Climático. Estudio de Caso Preliminar: Cancún, Quintana Roo*. Estudio desarrollado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para el Instituto Nacional de Ecología. Informe final.

Instituto Nacional de Ecología (2006e). *Inventario Nacional de Emisiones de gases de Efecto Invernadero 1990-2002*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Ecología (INE) (2006f). *Análisis del estado del cambio climático en ecoregiones de México, estudio de caso: especies selectas de vertebrados endémicos*. Estudio realizado por el Instituto de Biología de la UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología y el Programa Nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Instituto Nacional de Ecología (2006g). *Análisis de la Vulnerabilidad y Capacidad de Adaptación al Cambio Climático de los Sectores Hídrico y Agrícola en el Estado de Morelos*. Estudio desarrollado por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos para el Instituto Nacional de Ecología.

Instituto Nacional de Ecología (INE) (2004a). *Fomento de Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en México, Centroamérica y Cuba*. Estudio en desarrollo por el Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM para el INE y el PNUD. Disponible en Internet: <http://pembu.atmosfcu.unam.mx/~cambio/>

Instituto Nacional de Ecología (2004b). *Adaptación al Cambio Climático: Hermosillo, Sonora. Un Caso de Estudio*. Informe desarrollado por Stratus Consulting Inc., Universidad Nacional Autónoma de México y el Colegio de Sonora para el Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y USEPA.

Instituto Nacional de Ecología (2001). *Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Ecología (1997). *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Internacional Finance Corporation (IFC), World Bank Group
<http://www.ifc.org/ifcext/eca.nsf/Content/SelectedPRBulgaria?OpenDocument&UID=0CBE32127C0B554685256AA8007109AD>

Kalkstein, L. y J. S. Greene (1997). "An Evaluation of Climate/Mortality Relationships in Large U.S. Cities and the Possible Impacts of a Climate Change." *Environmental Health Perspectives*, Vol 105, No. 1. p. 84-93.

Kalkstein, L. y K.E. Smoyer (1993). "The Impact of Climate Change on Human Health: Some International Implications." *Experientia*, Vol. 49, p. 969-979.

Kalkstein, L. y K.E. Smoyer (1993), "The Impact of Climate Change on Human Health: Some International Implications", *Cellular and Molecular Life Sciences*, Vol. 49, No. 11.

Kalkstein, L. (1991), "A New Approach to Evaluate the Impact of Climate on Human Mortality", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 96, p.145-150.

Kido, Antonio, A. Seidi y J. Loomis (2005). "Estimadores de panel que combinan información de costos de viaje y conjuntos de datos de valoración contingente para evaluar áreas naturales protegidas". *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, Vol. 2, No. 2, p. 75-82.

Kido, Antonio (2004). "Un análisis de valor de opción sobre los bosques de la mariposa monarca". *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, Vol. 1, No. 2, p. 163-169.

La Palabra.com

Fernando Reyes Pantoja

<http://esp.mexico.com/lapalabra/una/19735/costos-del-pvc-frenan-la-tecnificacion-del-riego-agricola> 17 junio 2005

Lal, P.N. (1990). *Conservation or Conversión of Mangroves in Fiji. Occasional Paper 11*. East-West Environment and Policy Institute, Honolulu, EE.UU.

Liverman, D.M. y K. L. O'Brien (1991). "Global Warming and Climate Change in Mexico". *Global Environmental Change*, Vol. 1 (4), p. 351-363

Maderey, Laura E. y Jiménez, A. (2000). "Los recursos hidrológicos del centro de México ante un cambio climático global." *México, Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México, U.S. Country Studies Program.

Magaña, Víctor (ed) (1999). *Los impactos de El Niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México,

Magaña, Víctor (2004). *Evaluación de Modelos y Construcción de Capacidades para la Evaluación de la Vulnerabilidad al Cambio Climático*. Instituto Nacional de Ecología.

Magaña, Víctor y C. Gay (2002). *Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambiental, social y económicos*. Instituto Nacional de Ecología.

Martínez, Anabel (2000). "Elementos que delimitan la valoración de un bien o servicio ambiental: el caso del recurso agua en la Reserva de la Biosfera El Triunfo en Chiapas, México". Seminario de Valoración Económica del Medio Ambiente. Instituto Nacional de Ecología.

Martínez, A., L.M. González y C.Rodríguez (Coords) (2005). "Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005". México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Martínez, J. y A. Fernández (comp) (2004). *Cambio climático. Una visión desde México*. México, Instituto Nacional de Ecología.

Markham, A. (ed) (1998). *Potencial Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems*. Holanda, Kluwer Academic Publishers.

Masera, O. y S. López-Ridaura (eds) (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. México, Programa Universitario de Medio Ambiente, UNAM.

Maul, G.A. (1993). *Climatic Change in the intra-Americas Sea*. UNEP. Gran Bretaña.

Moss, R.H., A.L. Brenkert y E.L. Malone (2001). *Vulnerability to Climate Change: A quantitative Approach*. PNNL-SA-33642. Washington D.C.: Pacific Northwest National Laboratory.

Mulás, Pablo (2005). "Prospectiva Tecnológica del Sector Energía para el Siglo XXI; Visión al 2030" Secretaría de Energía. Disponible en Internet: <http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=168>

Muñoz-Piñas, Carlos, A. Guervara, J.M. Torres y J. Braña (2005). "Paying for the Hydrological Services of Mexico's Forests: Analysis, Negotiations and Results". Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Nigenda, G., E. Cifuentes y P. A. Duperval (2002). "Estimación del valor económico de reducciones en el riesgo de morbilidad y mortalidad por exposiciones ambientales". Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT, Serie Estudios. México.

Núñez-López, D., C.A. Muñoz-Robles, V.M. Reyes-Gómez, I. Velasco-Velasco y H. Gadsden-Esparza (2007). "Caracterización de la sequía a diversas escalas de tiempo en Chihuahua, México", *Agrociencia*, 41 p. 253-262, Colegio de Posgraduados.

Ojea, E. y Loureiro, M.L. (2007). "Altruistic, Egoistic and Biospheric Values in Willingness to Pay (WTP) for Wildlife", *Ecological Economics*, Vol. 63, Issue 4. p. 807-814.

Olgín, E.J. (Comp.) (1994). *Tecnologías ambientales para el desarrollo sustentable*. México, Instituto de Ecología, A.C.

Organización de las Naciones Unidas. *Integrated Environmental and Economic Accounting 2003. Handbook of National Accounting*. Final Draft Circulated for Information Prior to Official Editing. Organización de las Naciones Unidas, Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico y Banco Mundial.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Adaptación
http://www.fao.org/clim/index_en.htm y
http://www.fao.org/clim/docs/adaptation_to_climate_change_2007.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Depósito de Documentos de la FAO. Disponible en Internet:
www.fao.org/docrep/field/003/AB461S/AB461S01.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1998). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 1998*.

Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/w9500s.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2003). Huerta Hidropónica Popular. Disponible en Internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ah501s/ah501s.pdf>

Ortiz, Mario A. y A.P. Méndez (2000). "Repercusiones por ascenso del nivel del mar en el litoral del Golfo de México" en Gay, C. *México. Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México, U.S. Country Studies Program.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) (2007). Cuarto informe de Evaluación. Grupo de Trabajo 2. Cambio climático adaptación y vulnerabilidad. PNUMA, UNEP.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC) (2001). Tercer informe de Evaluación. Cambio Climático 2001. Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. PNUMA, UNEP.

Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (PICC). "Impactos Regionales del Cambio Climático. Evaluación de la Vulnerabilidad. Cap. 6: América Latina. Informe especial". (1997). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. PNUMA, UNEP.

Parry, Martin, N. Arnell, T. McMichael, R. Nicholls, Pim Martens, S. Kovats, M. Livermore, C. Rosenzweig, A. Iglesias y G. Fischer (2001). "Millions at Risk. Defining Critical Climate Change Threats and Targets". *Global Environment Change*, Vol. 11, Num. 3. p.181-183.

Patz, J.A., M. A. McGeehin, S. M. Bernard, K. L. Ebi, P. R. Epstein, A. Grambsch, D. J. Gubler, P. Reiter, I. Romieu, J. B. Rose, J.M. Samet y J. Trtanj (2000). "The Potential Health Impacts of Climate Variability and Change for the United States: executive Summary of the Report of the Health Sector of the U.S. National Assessment". *Environmental Health Perspectives*, Vol. 108, No. 4, p. 367-376

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004). "Salud, vulnerabilidad humana y desastres ambientales" en *Perspectivas de Medio Ambiente en México. (GEO México 2004)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2004b). "Agua". *Perspectivas del Medio*

Ambiente en México (GEO México 2004). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2004c). "Zonas marinas y costeras" en *Perspectivas de Medio Ambiente. GEO 2004*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Programa Universitario de Medio Ambiente (1996). Riesgos Ambientales para la Salud en la Cd. de México. México, Programa Universitario de Medio Ambiente, UNAM.

Rasmussen, T. N., (2004). "Macroeconomic implications of natural disasters in the Caribbean". Fondo Monetario Internacional, Working Paper WP/04/224.

Romero Hernández, O. y S. Romero Hernández (2006). *Inventario de la investigación científica y tecnológica en materia de cambio climático en México, 2005*. México, Instituto Nacional de Ecología.

Rose, J.B., P.R. Epstein, E.K. Lipp, B.H. Sherman, S.M. Bernard, J.A. Patz (2001), "Climate Variability and Change in the United States: Potential Impacts on Water- and Foodborne Diseases Caused by Microbiologic Agents", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 109, Supplement 2. p. 211-221.

Sanjurjo, Enrique (2006). "Aplicación de la metodología de valoración contingente para determinar el valor que asignan los habitantes de San Luís Río Colorado a la Existencia de Flujos de Agua en la Zona del Delta del Río Colorado". Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sanjurjo, Enrique y S. Welsh (2005). "Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares" en *Gaceta Ecológica*, No. 74

Sanjurjo, Enrique (2001). Valoración Económica de Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas: Humedales en México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Santiago, H. y M. Massieu, H.R. Rodarte y F.J. Garfias (1999). *Incendios forestales y agropecuarios: Prevención e impacto y restauración de los ecosistemas*. México, Programa Universitario de Medio Ambiente, UNAM.

Santos-Hernández, A.L., E. Palacios-Vélez, A. Exebio-García y L.E. Chalita-Tovar (2000). "Metodología para evaluar la distribución de costos e ingresos relacionados con el servicio de riego", *Agrociencia* 34, p. 639-649, Colegio de Posgraduados.

Solís M., L., (2005), "La escasez, el costo y el precio del agua en México", *Económica*, Vol. 2, No. 6, Universidad Nacional Autónoma de México.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2003). El ingreso rural y la producción agropecuaria en México (1989-2002). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
Disponible en Internet:
<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/modelos/indmacro/Archivos/ingrrural89-02.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2007). *Situación actual y Perspectivas del maíz en México 1996-2012*. SIAP, SAGARPA. Disponible en Internet: <http://www.siap.gob.mx/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2006a). *Situación actual y perspectiva de frijol en México 2000-2005*. Disponible en Internet:
http://w4.siap.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_frijol.html

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2006b). *Ingresos del hogar provenientes de negocios agrícolas 1998 – 2004*.

Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2006c). Avance de siembras y cosechas, resumen nacional, incluye programa, riego y temporal, para diferentes años. Elaborado con información de las Delegaciones de SAGARPA.
<http://www.siap.gob.mx/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2005a). *Compendio Estadístico. Base de datos de la encuesta nacional de ingreso-gasto de los hogares (ENIGH) 2002, para el estudio sobre ingresos y gastos de los hogares del sector rural*. Disponible en internet:
<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/modelos/indmacro/Archivos/ingreso2005.pdf>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2005b). *Situación actual y perspectiva del trigo 1990 - 2006*. Disponible en Internet:
http://w4.siap.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_trigo.html

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2005). *Situación actual y perspectivas del café*. Disponible en Internet:
http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_cafe.html

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2005). *Descripción sobre la naranja*. Disponible en Internet:
http://w4.siap.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_naranja.html

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y Servicios Profesionales Integrales para el Desarrollo Regional (SPIDR) (2002) "Estudio de reconversión productiva en las zonas marginales productoras de café". Servicio de Información

Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. Disponible en Internet:
http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/sispro/SP_AG/sp_cafe.html

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. SEMARNAT, INE.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003). “Anuario Forestal” Disponible en Internet:
<http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/forestalysuelos/Pages/anuariosforestales.aspx>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (1997), *México: Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Enkidu Editores. www.semarnap.gob.mx

Secretaría de Salud (2007). Estadísticas en Salud. Mortalidad y Egresos Hospitalarios 2005. Disponible en Internet:
<http://sinais.salud.gob.mx/>
<http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad/>
<http://sinais.salud.gob.mx/egresoshospitalarios/>

Secretaría de Salud (2003). Dengue y Dengue Hemorrágico. Guía práctica para su diagnóstico, manejo y tratamiento. Secretaría de Salud, Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. Disponible en internet:
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/DOCSAL7477.doc>

Secretaría de Salud (2002a). El Programa de Acción: Salud Ambiental. Secretaría de Salud. Disponible en internet:
<http://bibliotecas.salud.gob.mx/greenstone/collect/publin1/index/assoc/HASHd8e6.dir/doc.pdf>

Secretaría de Salud (2002b). Mortalidad 2001. Secretaría de Salud, Dirección General de Información y Evaluación del Desempeño. Disponible en internet:
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/DOCSAL7451.zip>

Secretaría de Salud (2001a). Programa de Acción: Enfermedades Transmitidas por Vector. Secretaría de Salud. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica Disponible en internet:
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/vectores.pdf>

Secretaría de Salud (2001b) Programa de Acción: Tuberculosis. Secretaría de Salud. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Disponible en internet:
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/tuberculosis.pdf>

Secretaría de Salud (1999). Mortalidad 1998. Contexto actual y aspectos relevantes. Perfiles Estadísticos no. 13. Secretaría de Salud, Dirección General de Estadística e Informática. Disponible en internet:

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/morta1998.pdf>

Smith, J., C. Corvalan y T. Kjellstrom (1999). "How much of Global Ill health is Attributable to Environmental Factors?." *Epidemiology*, 10, p. 573-584.

Stern, Nicholas (2007). *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Cambridge University Press, Reino Unido.

Tejeda, Adalberto (2007). "Estado de la investigación de los aspectos físicos del cambio climático". *Investigaciones Geográficas*, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 62, 2007, p. 31-43.

Tellez-Rojo, MM, I. Romieu I, M. Polo-Peña, S. Ruiz-Velazco, F. Meneses-González y M. Hernández Ávila. (1997). Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública en México*, 39, p. 513-522.

Toledo, A. (2003). Ríos, costas, mares. Hacia un análisis integrado de las regiones hidrológicas de México. México, Instituto Nacional de Ecología.

Torres-Meza, V. (2000). Acute Morbidity at Primary Care Setting and Air Pollution in Mexico City. Master in Sciences, National Institute of Public Health. Cuernavaca, Morelos, México.

Torres, Juan M., O. S. Magaña y G.A. Ramírez (2006). "Índice de peligro de incendios forestales de largo plazo". Centro de Investigación y Docencia Económicas, División Economía e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Torres, Juan M. (1998). "Hacia un sistema de valoración de daños producidos por incendios forestales". Ponencia invitada para el foro "Los incendios forestales en el contexto del desarrollo rural", organizada por el Consejo Técnico Consultivo Nacional Forestal (SEMARNAP), México DF, 14-15 de octubre de 1998.

Townsend, A.R., R. Howarth, F. Bazzaz, M.S Booth, C.C. Cleveland, S. Collinge, A. Dobson, P.R. Epstein, E.A. Holland, D.R. Keeney, M.A. Mallin, C.A. Rogers, P. Wayne and A.H. Wolfe (2003), "Human Health Effects of a Changing Global Nitrogen Cycle", *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 1, Issue 5.

Tubiello, F.N., C. Rosenzweig, R.A., Goldberg, S. Jagtap, J.W. Jones. (2002). "Effects of Climate Change on US Crop Production: Simulation Results Using Two Different GCM Scenarios. Part I. Wheat, Potato, Maize, and Citrus". *Climate Research*, Vol. 2, p. 259-270.

Universidad Autónoma Chapingo (2004). Informe técnico. Evaluación del Programa Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales. Ejercicio Fiscal 2004. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional Forestal.

Universidad Chapingo (2003). Informe final. Evaluación del Programa Nacional de Prevención y Combate de Incendios Forestales. Ejercicio Fiscal 2003. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Comisión Nacional Forestal.

Villers-Ruiz, L. y Trejo-Vázquez (2000). "El cambio climático y la vegetación en México". *México. Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México, U.S. Country Studies Program.

Zuk, M., V. Garibay, R. Iniestra, M. t. López, L. Rojas e I. Laguna (2006). Introducción a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México. México, Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT.