

La Dimensión Económica de los Desastres Asociados a Fenómenos Naturales: Adaptación al Cambio Climático

Marcelo Olivera V.¹; Graciela Binimelis² de Raga; Roberto Orbe C³.

Resumen.

El estudio aborda la cuantificación de los costos y el impacto del Cambio Climático a consecuencia de los desastres asociados a fenómenos naturales en el Estado de Guerrero, México. El modelo explora la relación entre aumentos en la temperatura media, la precipitación y los fenómenos naturales extremos, en este caso huracanes, sobre las principales actividades agrícolas de la región. El análisis se enmarca en escenarios del Cambio Climático, que modifican la intensidad de los fenómenos naturales analizados. Al plantear la posibilidad de un incremento en la cantidad de posibles desastres, debido al Cambio Climático, surgen muchas interrogantes así como distintas formas de encarar esta problemática; por lo que la presente investigación pretende dar pautas preliminares para el desarrollo de investigaciones más extensas y profundas.

Un incremento en 2 °C en la temperatura a consecuencia del Cambio Climático, disminuye la productividad media de los cultivos de maíz en un 8 % e incrementa los daños asociados a los huracanes que tocan tierra, daños que pueden llegar a afectar el total de la producción de granos del Estado de Guerrero. La investigación se convierte, en un punto de partida para entender la respuesta de la población y las instituciones públicas ante dichos fenómenos naturales, proponiendo lineamientos de política que permitan la adaptación de la sociedad a las inevitables consecuencias del Cambio Climático.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva económica, los desastres asociados a fenómenos naturales forman parte del análisis de riesgo e incertidumbre inherentes al desarrollo de cualquier actividad económico - productiva. La economía suele encarar la incertidumbre existente, a través de la adquisición de un seguro o el establecimiento de una política pública que dé respuesta a este tipo de amenazas. Lamentablemente estas medidas han sido rebasadas por la magnitud de los desastres asociados a fenómenos naturales presentes y futuros a consecuencia del calentamiento global y el cambio climático asociado.

¹ Doctor en Economía por la UNAM, posdoctorante del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México

² Investigador Titular C en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, forma parte del Grupo de Trabajo I para la Cuarta Evaluación del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, grupo merecedor del Premio Nobel de la Paz en el 2007. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México y de la Academia Mexicana de Ciencias.

³ Pasante en Economía, UNAM. Diplomado en Economía IIE UNAM

Los indicios científicos sobre la existencia de este cambio climático son innegables y sus consecuencias en el corto y mediano plazo no pueden ya ser revertidas. Es decir, la sociedad y las economías regionales sufrirán las secuelas inmediatas de estos cambios, los cuales se pueden evidenciar en América Latina en los años donde el fenómeno de *El Niño* se hace presente (WMO, 2007). Para la región, el marco de políticas internacionales sobre esta temática contempla los siguientes elementos de discusión:

1. *Compra-venta de emisiones de gases de efecto invernadero.* Los países ricos podrán impulsar flujos de recursos a economías emergentes para el desarrollo de tecnología con bajas emisiones de carbono
2. *Cooperación tecnológica.* Se debe impulsar mejores formas de transferencias de tecnología que permitan la reducción de gases de efecto invernadero
3. *Acciones destinadas a reducir la deforestación y cambio en el uso del suelo.* La deforestación es la segunda fuente de gases de efecto invernadero
4. *Adaptación.* Los países más pobres son los más vulnerables al cambio climático. Es necesaria la incorporación de políticas de cooperación entre las economías ricas y pobres que permitan el desarrollo de sistemas de cultivo más resistentes a las sequías e inundaciones; entre otras acciones que disminuyan la vulnerabilidad de las economías más pobres. (Stern, 2007)

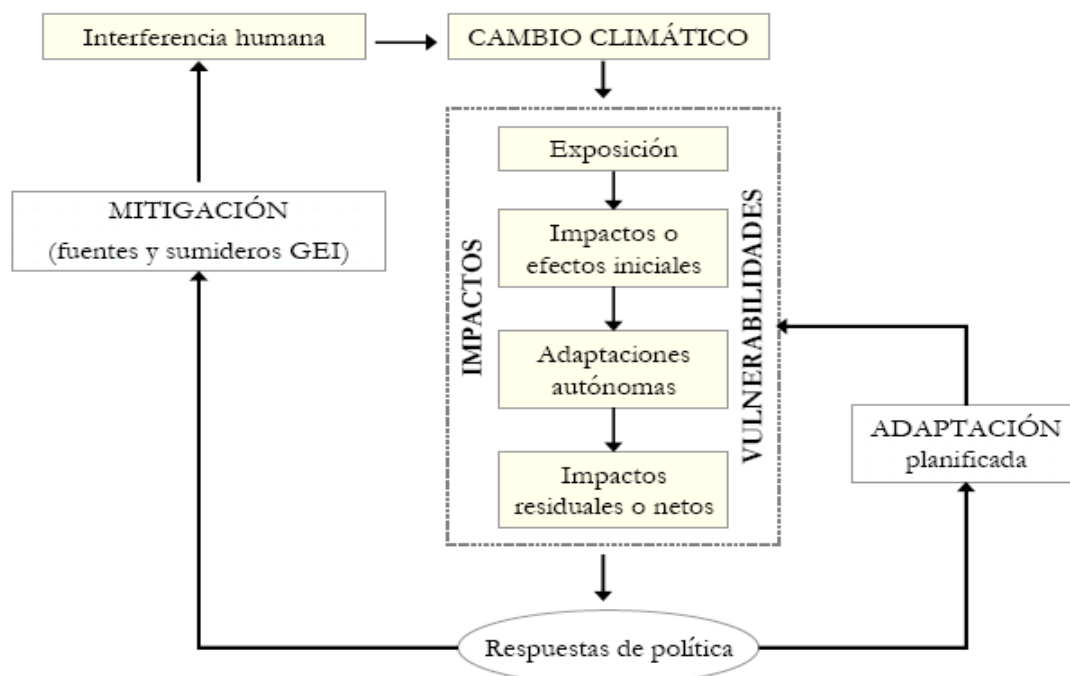
Estos temas de discusión se pueden resumir en dos perspectivas de acción: la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que provocan este cambio.

- La adaptación al cambio climático (CC), involucra el desarrollo de políticas económicas y sociales encaminadas a frenar los efectos, sobre el desarrollo de las economías, la migración de la población y los efectos en la salud pública de la elevación de la temperatura en la superficie de la Tierra, el cambio en los regímenes de precipitación, las sequías prolongadas, etc. (IPCC, 2001, 2007) Para reducir la vulnerabilidad al cambio climático futuro, se requiere mayor información sobre los efectos económicos y sociales que sufrirá nuestra región; ya que si bien hay medidas sobre los impactos y sus costos, éstos no son completamente entendidos pues varios sectores solamente tienen en cuenta los costos y beneficios en el corto plazo, desconociendo así el potencial que tiene el CC sobre la estabilidad del mundo como hoy lo conocemos. (IDEAM-PNUD, 2007)

- La mitigación de emisiones por su parte está encaminada a cambiar la tecnología dominante en nuestros sistemas productivos y de forma de vida, de un sistema de alto consumo de gases de efecto invernadero a otro de baja intensidad en este tipo de emisiones. (Stern, 2007) Esquema N° 1

El presente trabajo enfoca su análisis en las políticas de adaptación al cambio climático desde la perspectiva de las economías latinoamericanas, dejando la discusión de la mitigación de los gases de efecto invernadero para un trabajo futuro. La intención del trabajo es presentar los principales tópicos de discusión sobre la adaptación al CC encontrados en la literatura y presentar una metodología de evaluación y proyección de los costos del cambio climático para nuestras economías⁴; así como los lineamientos de política necesaria para frenar estos efectos.

El estudio parte por desarrollar un marco de análisis y definiciones, luego de lo cual se presenta la metodología de evaluación de costos y una aplicación de la misma para el sector agrícola en el Estado de Guerrero en México. Así como su posible aplicación a otras regiones y economías.



(Fuente: Tercer Informe de Evaluación, IPCC 2001)
Esquema N° 1.

⁴ “Sin conocimiento no es posible generar leyes; ya que lo que no se mide no se controla” Olivera, 2007.

2. LOS DESASTRES ASOCIADOS A FENÓMENOS NATURALES Y LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO. ENTENDIENDO LOS DESASTRES

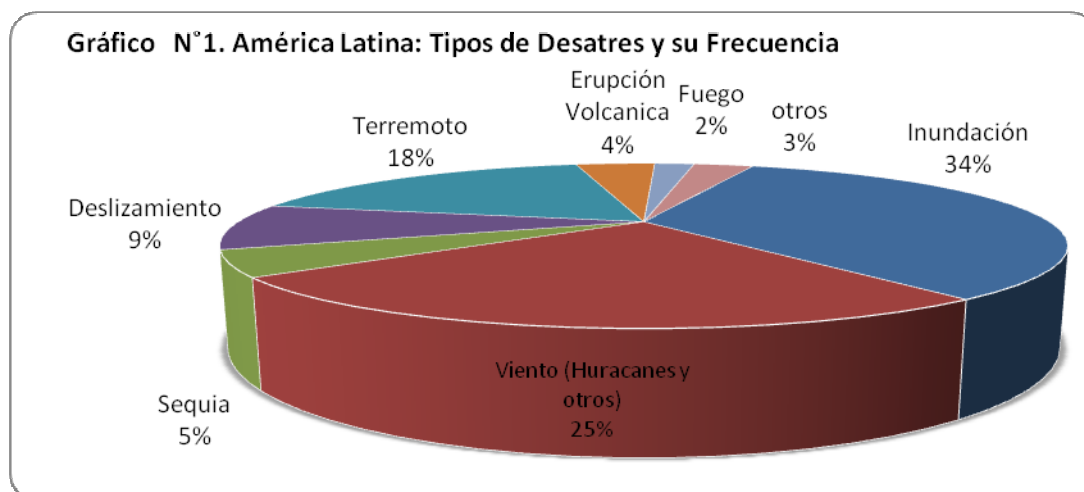
Existen fenómenos naturales, tales como terremotos, deslizamientos de suelo, tornados, huracanes, etc., que pueden constituir una grave amenaza para la población. Cualquiera de estos fenómenos naturales puede dar como resultado un desastre de variadas proporciones dependiendo del lugar donde ocurran. Los desastres asociados a fenómenos naturales pueden definirse como la destrucción parcial o total, transitoria o permanente, actual o futura, de un ecosistema y por tanto de vidas humanas, del medio y de las condiciones de subsistencia. Dichos desastres se presentan cuando se desencadena una fuerza o energía potencialmente destructiva (amenaza) en un medio que se caracteriza por condiciones de debilidad ante ésta o por la incapacidad para reponerse de sus efectos (vulnerabilidad). La vulnerabilidad determina la intensidad del desastre, es decir, el grado de destrucción asociado al fenómeno.

La amenaza depende de la energía o fuerza potencialmente peligrosa, de su predisposición a desencadenarse y del detonador que la activa. La vulnerabilidad es la función del grado de exposición, la protección preestablecida, la reacción inmediata, la recuperación básica y la reconstrucción. La vulnerabilidad de un sistema está dada por su propensión a sufrir transformaciones significativas como consecuencia de su interacción con procesos externos e internos. Por transformación significativa se entiende un cambio de índole estructural o, al menos, relativamente permanente y profundo (CEPAL, 2005).

En Latinoamérica los desastres asociados a fenómenos naturales azotan con frecuencia poblaciones marginales y grandes centros poblados ocasionando daños cuantiosos y pérdidas de vidas humanas. Durante las últimas cuatro décadas se ha registrado un aumento significativo del impacto de desastres. Las pérdidas patrimoniales se han multiplicado hasta por ocho y las pérdidas en algunos países representan entre un 15 % y un 200% del PIB por año, lo cual muestra la disparidad en el accionar ante estos fenómenos naturales. (CEPAL, 2005)

Entre las principales explicaciones se encuentran:

- El aumento de la población
- La infraestructura y la producción se localizan en zonas peligrosas
- Aumento en la vulnerabilidad de sufrir percances por estas dos razones
- Cambios en los regímenes climáticos



Fuente: CEPAL, 1999

El cambio en los regímenes climáticos, tiene un carácter sistémico difícil de comprender en toda su magnitud. En forma esquemática se puede describir de la siguiente manera: el aumento en las emisiones de los gases de efecto invernadero por las actividades humanas ha resultado en un incremento de sus concentraciones en la atmósfera. Dichos gases atrapan parte de la energía emitida por la Tierra, la cual permanece en el sistema Tierra-atmósfera, dando como resultado un aumento de la temperatura promedio de la superficie del planeta. Se producen asimismo, otros cambios en el sistema, tales como la distribución de energía en la atmósfera y su relación con el océano y los regímenes de lluvia, entre otros. Los cambios en la distribución espacial de la lluvia, así como su intensidad, afectan el ciclo hidrológico, teniendo efectos directos para la población mundial. Algunos de los impactos directos identificados en el informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático – IPCC (IPCC, 2007), son:

- Deshielo de los glaciares; incrementa el riesgo de inundaciones, disminuye los reservorios de agua en época de sequía.
- Elevación del nivel del mar, inundaciones en zonas costeras.
- Acidificación del agua de mar.
- Cambios en los regímenes meteorológicos regionales, cambio en los monzones y efectos de *El Niño*.

- Mayor intensidad y duración de las sequías.

Estos factores geofísicos causan efectos en la biota y en la sociedad:

- Elevaciones de los niveles de estrés térmico para cultivos.
- Rendimientos decrecientes en los cultivos de países tropicales; aun el calentamiento moderado (1°C para el trigo y el maíz y 2°C para el arroz) puede reducir significativamente el rendimiento de estos cultivos.
- Malnutrición en poblaciones afectadas por rendimientos decrecientes de cultivos.
- Mayor vulnerabilidad potencial en los ecosistemas: se calcula la extinción de entre el 15 y 40 % de las especies, en especial en la región amazónica.
- Pérdida de biodiversidad marina por cambios en la composición química de los océanos
- Desplazamiento de millones de personas de las áreas costeras por la elevación del nivel del mar

2.1. La Economía Global y el Cambio Climático

La economía clasifica al clima mundial entre los *bienes públicos* y a los desastres asociados a fenómenos naturales como el cambio climático de origen humano dentro el concepto de *externalidades*, teniendo como una característica primordial su carácter global, por lo que sus causas y consecuencias impactan a toda la comunidad global aunque en diferentes escalas. Entender en forma puntual los desastres asociados al CC nos permitirá adaptarnos y afrontar las causas a pesar de la incertidumbre que rodea al fenómeno

El "Informe Stern" es el marco de análisis más reciente sobre los principales efectos presentes y futuros del cambio climático, utilizando un enfoque económico basado en un compendio de estudios de diferente índole, siendo el más importante el informe del IPCC del año 2007.

Para ello emplea diferentes escenarios climáticos (cambios en la temperatura y regímenes de precipitación) y diferentes escenarios socio-económicos (comportamiento del PIB a nivel mundial con diversas tasas de crecimiento de la economía, tales como niveles constantes del PIB con y sin cambio climático). El análisis de los diversos escenarios en el informe tiene como finalidad dar una pauta de los posibles comportamientos de la sociedad ante este fenómeno. Los

incrementos en el nivel del PIB van relacionados directamente a la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada economía.

Este análisis se realiza enmarcado en evaluaciones regionales, dadas las características particulares de las diferentes regiones del planeta. Adicionalmente se consideraron estudios sobre la capacidad de adaptación de las economías y las regiones particulares ante los cambios extremos que se avecinan.

Esquema N° 2. Marco de Análisis del Informe Stern



Fuente: WHO, 2008

En el estudio se puntualizan los principales efectos que se podrían esperar en la región latinoamericana, siendo los principales:

Cuadro N° 1. Efectos del cambio climático en América Latina.

Aumento en temperatura °C	Efecto esperado	Área de conflicto
1°C a 3 °C	Desaparecen por completo de los pequeños glaciares de los Andes 50 millones de personas afectadas	Agua potable, inundaciones y sequias severas Principales ciudades afectadas Quito, Lima, La Paz, Santiago
1°C a 3 °C	Alteración en los regímenes meteorológicos regionales	Variación en el fenómeno del Niño, pérdidas del 5 % al 20% del PIB de la región.
1°C a 3 °C	Incremento en los sucesos meteorológicos extremos	Lloviznas y granizadas intensas. Ej.: ciudad de La Paz 2005
1°C a 3 °C	Aumento en la incidencia de inundaciones	Parte media y baja de las cuencas orográficas. Inundaciones de las llanuras amazónicas en Bolivia, Perú, Brasil.
2 °C	30 % de menor escorrentía en las regiones secas de Sur América	Países afectados, Argentina, Bolivia, Paraguay
2 °C	Descensos en la producción de alimento de las regiones tropicales del continente (5 a 10%)	Región amazónica
2 °C	Afectación directa al bosque amazónico, conversión del bosque en sabanas y matorrales	Región amazónica
2 °C	Incremento en la intensidad de tormentas tropicales, pérdidas en infraestructura	Regiones costeras
2 °C a 3 °C	Desplazamiento de poblaciones por inundaciones y sequias	Regiones secas y costeras
3 °C	Descensos en la producción de alimento de las regiones templadas del continente (5 a 10%)	Países del Mercosur
4 °C	Aumento de enfermedades relacionadas con aumentos en temperatura como infecciones diarreicas, malaria y dengue	2% de los niveles actuales equivalentes a 300.000 muertes anuales
3°C a 5°C	Desaparece el bosque amazónico	Pérdida de biodiversidad Incremento en la pobreza de la región

		Inundaciones severas
Más de 5 °C	Grandes desplazamiento de la población a gran escala, los efectos están más allá de los actuales modelos de predicción.	Escala global
Fuente: Stern, 2007		

Gran parte de estos efectos son irreversibles ante los actuales escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que los países en desarrollo deberían innovar políticas públicas para adaptarse a las consecuencias. Esto es particularmente inquietante pues el cambio climático tiene efectos sobre la pobreza y el desarrollo. En gran parte, probablemente lo soporten los pobres de las zonas rurales tropicales y subtropicales, que tienen una capacidad extremadamente limitada para hacerles frente. Incluso un incremento mínimo de la temperatura reduciría la productividad agrícola en esas regiones. Ello agravará la malnutrición y escasez de agua en muchas zonas, aumentando, a su vez, la incidencia de las enfermedades de transmisión vectorial (malaria, fiebre del dengue) e hídrica (como el cólera). (IMF, 2007)

2.2. Políticas Públicas y el Cambio Climático

Desarrollar políticas para adaptarse será esencial para las economías, ya que los costos de adaptación son mucho menores a los costos de la inacción ante el CC. El impulsar caminos hacia un desarrollo que incluya los efectos del cambio climático es fundamental para la adaptación en sí. En gran medida la adaptación corresponde a buenas prácticas en el proceso del desarrollo y la reducción de la vulnerabilidad de los más pobres. Entre las medidas principales para lograr esto están:

- El fomento del crecimiento económico y la diversificación de la actividad económica.
- La inversión en salud y educación, en especial con enfermedades relacionadas con el agua (Cólera, malaria, etc.)
- Fomentar la prevención mediante redes de riesgo y seguridad, en especial para los más pobres.
- Proporcionar información de alta calidad (climatológicas) y generar valoraciones de vulnerabilidad; sistemas de aviso temprano.
- Planificación en el uso del suelo.
- Las evaluaciones de inversión del sector público deben integrar los efectos del CC; generación de infraestructura adecuada a situaciones extremas como lluvias y vientos.
- Generación de fondos de contingencia estatales, locales y familiares en casos de desastres y emergencias.

- Generación de seguros, reservas de riesgo y enfoques de compartición del riesgo, participación del estado para la generación de seguros en sectores como el agrícola y el pecuario.
- Acceso a las micro finanzas
- Avances en la seguridad económica y alimentaria, cambios de cultivos a las nuevas condiciones climáticas.
- Mejoras en la planificación urbana
- Inversión en capital humano, físico, social, natural e impulsar la transferencia de tecnología.
- Tomar medidas de mitigación sobre la emisión de gases de efecto invernadero

Los proyectos de reconstrucción en caso de inundaciones así como los de su prevención, suele tener índices de costo/beneficio superiores a 10 en los países en desarrollo. Esto indica que adaptarse mediante la generación de fondos y manejo de infraestructura es mejor que asumir el costo íntegro de los desastres asociados al CC. Cabe remarcarse que la inercia del sistema climático, las emisiones pasadas y presentes de GEI impulsarán incrementos en la temperatura media global durante varias décadas más. Así que los proyectos de mitigación tendrán un efecto menospreciado en la reducción del coste del CC en los próximos treinta-cincuenta años: la adaptación es el único medio de enfrentar la situación. (Mendelson et al, 2000)

Como mencionamos en la introducción del trabajo, la economía suele encarar la incertidumbre existente en este tipo de problemáticas, a través de la adquisición de un seguro o el establecimiento de una política pública que dé respuesta a este tipo de amenazas. Es imposible predecir al tomar una decisión de inversión, por ejemplo en infraestructura hotelera, cuándo y dónde tocará tierra un huracán aunque se tengan una estimación de probabilidades que predicen que la región del Caribe es una de las regiones más afectadas por este fenómeno siendo también una de las regiones con mayor capacidad hotelera instalada en el planeta.

Estas medidas tradicionales de política han sido rebasadas por la magnitud de los desastres influenciados en gran parte por el calentamiento global y el cambio climático asociado. Un ejemplo lamentable de ello, fue el paso del huracán Katrina en la ciudad de Nueva Orleans. Si bien se acusa al gobierno de USA de haber descuidado los sistemas de diques del área y los pronósticos ambientales. Los costos directos del fenómeno rebasan los 20.000 millones de dólares y si se suman los

efectos indirectos como la interrupción del transporte naviero, por camión y vías férreas de productos agrícolas, madereros e industriales desde el Medio Oeste estadounidense, siguiendo el río Mississippi, la afectación de nueve refinerías de petróleo, la elevación de los precios del petróleo, etc. los costos superan los 50.000 millones de dólares. (Lobe, 2008) .A pesar de la experiencia del Programa de Control Urbano de Inundaciones del Sudeste de Luisiana (SELA), los daños por Katrina superaron las proyecciones de daño.

En el caso de los países andinos la Corporación Andina de Fomento creó el Programa Regional de Prevención y Mitigación de Riesgos (Preandino). Dicho programa muestra en evaluaciones recientes que el enfoque tradicional de las instituciones locales en la región es sólo reactivo, es decir, orientado sólo a atender la emergencia, a asistir a los damnificados, a reconstruir o, en el mejor de los casos, a prepararse para lo que vendrá y "prepararse no es prevenir". Por el contrario, el enfoque de gestión del riesgo maneja el concepto de desarrollo y está orientado a buscar las causas y los orígenes del desastre, educar a la población y organizarse, dentro de un proceso de planificación. De hecho en dicha evaluación se indica que solo los municipios más grandes de estos países cuentan con unidades de prevención de desastres naturales. (Arias, 2008)

Lo anterior indica que las medidas tradicionales de políticas públicas de prevención y seguros públicos y privados han sido superadas, ¿que resta por hacer?, desde la perspectiva de países en desarrollo ¿cómo enfrentamos esta problemática ya latente en la región?

La propuesta desde este trabajo es el desarrollo de un lineamiento de políticas que aborde la creación de seguros y fondos de contingencia acordes con los daños proyectados en los diferentes sectores de la sociedad que deberán enfrentar los impactos del CC. Así se presenta una metodología de evaluación y proyección de los costos del cambio climático para nuestras economías.

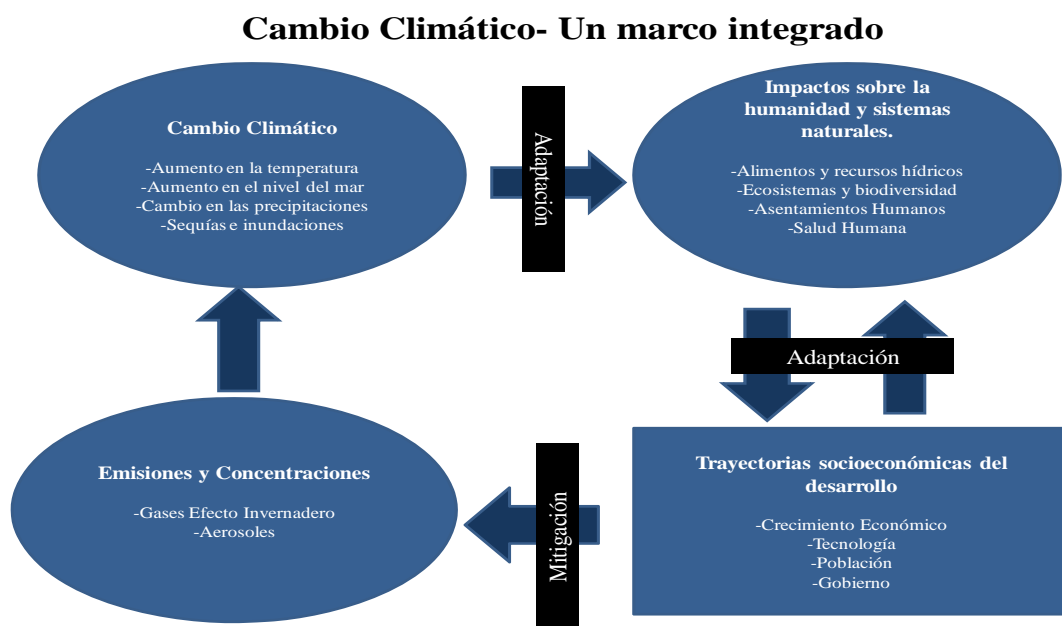
3. EVALUANDO LOS COSTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los países en vías de desarrollo son especialmente vulnerables a las consecuencias físicas del CC por su mayor exposición a un medio ambiente ya frágil, por la elevada

sensibilidad de su estructura económica y productiva a un clima adverso y cambiante y por su baja renta que limita su capacidad de adaptarse, así como la poca planificación en el área de desastres asociados a fenómenos naturales. El invertir en la creación de fondos y programas sub o sobre dimensionados solo afectarán las capacidades de adaptación de las economías y su crecimiento en forma directa.

Por ello es necesario entender cuáles serán los efectos del Cambio Climático en cada una de las regiones y actividades económicas en específico y desarrollar escenarios que permitan tomar medias puntuales para cada una de estas actividades. Las medidas ya fueron esbozadas en la sección anterior, que van desde el desplazamiento de población, la adopción de nuevas tecnologías, la creación de infraestructura adecuada, el establecimiento de fondos y la creación de seguros tanto públicos como privados. Ejemplos de estos accionares podemos verlos en México con Agrosemex.

Esquema N° 3



Fuente: IPCC, 2001.

La vulnerabilidad de los países latinoamericanos, se hace latente al analizar la composición de sus principales actividades económicas, en el Cuadro N° 2, se muestra que una variación en los patrones climáticos y el incremento en los desastres asociados a fenómenos naturales afectarían directamente las actividades

agropecuarias, la extracción de bienes primarios (pesca) y dotación de servicios turísticos, así como al patrón de dispersión de los vectores transmisores de enfermedades. Las actividades económicas analizadas representan entre el 4 y 22 % del PIB de los países de la región, por lo que un impacto en estos sectores afectaría directamente la renta de estas economías. Los países se ordena de acuerdo a la importancia relativa de la producción agrícola dentro el PIB.

La creación de un seguro y/o fondo de contingencia parte por evaluar los costos presentes y futuros de un desastre natural, así como su frecuencia e intensidad a futuro. En el presente trabajo se usa un modelo de daño potencial respecto a condiciones climáticas. El modelo trata de recoger las relaciones existentes entre los daños provocados por fenómenos meteorológicos puntuales, tales como huracanes y lluvias intensas, en el contexto climatológico de cada región (es decir precipitación, temperatura, etc.), para luego valorar el daño respecto a cada una de las actividades económicas analizadas.

El modelo general de análisis (ecuación 1) puede expresarse como:

$$Y_p - Y_e / Y_p = Daño \quad 1)$$

Donde

Y_p = mide el nivel de actividad potencial de la actividad

Y_e = mide el nivel real de la actividad

El daño es expresado en porcentaje del potencial esperado de producción o nivel de actividad analizado

Daño = f (precipitación, temperatura, meses secos, fenómenos meteorológicos puntuales, etc.) 2)

El daño se considera como una función que depende del fenómeno y de las condiciones climatológicas (ecuación 2), y cuya relación pueden ir desde la lineal, la exponencial, la parabólica y la cubica, según el caso. Se deben realizar pruebas empíricas para cada región y para actividad analizada, determinando así la formulación más adecuada. (Hitz y Smith, 2004)

La literatura analizada muestra las siguientes relaciones entre actividades económico-sociales y desastres naturales:

- Agua, ecuación de Clausius-Clapeyron muestra una relación exponencial entre la retención hídrica del agua en la atmósfera y el aumento de la temperatura.
- Producción agrícola, parábola inversa
- Mortalidad humana función de U invertida en función de la temperatura
- Daños por tormentas, función cúbica en relación con la velocidad del viento
- Costos de protección costera, función parabólica en relación con el aumento del nivel del mar

Una vez calculado el daño, se debe proceder a calcular el impacto económico provocado por el desastre natural (ecuación 3). Para ello se pueden emplear diferentes escenarios: un incremento en los precios con diferentes tasas de crecimiento de la economía o un nivel de estabilidad de precios que permita comparar valores ajustados a la tasa de descuento de cada economía en particular. Esta última opción será la tomada por el presente estudio.

$$\text{Valor del Impacto} = \text{Daño} * (\text{precio de mercado de la actividad, niveles de autoconsumo, valores indirectos del desastre, otros}) \quad 3)$$

El modelo puede aplicarse de forma general a todos los sectores económicos mencionados, cambiando la definición de daño y sus unidades de medida. Por lo tanto, se puede emplear en el caso de la agricultura al considerar las hectáreas dañadas por lluvias intensas, en el turismo por la no recepción de visitantes a un área específica, en la salud por el incremento de enfermedades relacionadas a un factor climático, etc.

3.1. El Modelo Econométrico

El trabajo adopta el modelo de regresión múltiple para el desarrollo empírico del análisis y como caso de estudio el daño a la producción de maíz y de frijol en el Estado de Guerrero en México. Se considera el daño ocasionado por factores climáticos y por los huracanes formados en el Pacífico mexicano que pueden afectar la región de estudio.

En forma general, se usa el modelo de daño potencial descrito en la anterior sección teniendo un comportamiento cuadrático de los factores climáticos visto en estudios

anteriores (ecuación 4) como el de Gay et al (2006) y exponencial ante eventos catastrófico visto en Hitz y Smith (2004) y en Magaña (1997, 1999)

$$\text{Daño} = f(\text{lluvia}_t, \text{lluvia}_t^2, \text{Def.T}_t, \text{msecos}_t, \text{Huracanes}_t) \quad 4)$$

Cuadro N° 2

Interacción entre actividades económica con posibles afectación por el Cambio Climático. Comparación

Países	Agricultura % de participación en el PIB		Turismo número de arribos expresado en miles		Captura de Peces en Kg.				Malaria Número de casos	
	2005	1994	2005	1995	Agua Dulce		Agua Marina		2003	1990
					2005	1995	2005	1995		
Guatemala	22.8	24.5	883	216	7,300	4,025	4,948	4,228	31,127	41,711
Paraguay	22.1	20.6	96	162	21,000	21,000	NA	NA	1,392	2,912
Nicaragua	18.6	21.7	211	51	1,347	538	29,567	9,141	6,812	35,785
Bolivia	15	17.1	346	92	6,660	5,692	NA	NA	20,343	19,680
Belice	14.1	16.9	ND	ND	< 0.5	< 0.5	3,915	9,657	928*	3,033
Honduras	13.9	24.3	476	85	100	127	19,100	22,790	10,122	53,095
Colombia	12.5	16.1	1,570	887	29,000	23,524	92,002	107,287	164,722	99,489
República Dominicana	12.4	12.5	ND	ND	1,694	2,106	9,412	15,768	1,296	356
Venezuela	10.4*	5.3	713	995	49,090	54,175	420,910	446,642	31,719	46,910
El Salvador	10.3	15.0	838	152	2,051	4,324	39,063	10,748	85	9,269
Argentina	9.4	5.4	3,241	2550	35,398	17,191	896,074	1,155,881	122	1,660
Costa Rica	8.7	13.4	1,804	763	1,000	900	21,340	16,541	718	1,151
Brasil	8.1	9.9	4,169	1,085	243,435	193,042	506,848	413,666	379,551	560,396
Perú	7.2	9.2	1,371	521	40,370	50,789	9,348,292	8,886,553	79,473	28,882
Ecuador	6.5	16.8	488	315	400	300	407,323	505,095	52,065	71,670
México	3.8	6.0	12,801	6,847	99,881	122,020	1,205,139	1,208,168	3,819	44,513

Fuente: Elaboración propia con datos del World Resource Institute.

Donde:

Daño = número de ha. afectadas como porcentaje del número de ha. sembradas expresado en logaritmos

lluvia_t = precipitación acumulada en el año *t* expresada en logaritmos

lluvia_t² = precipitación acumulada en el año *t* al cuadrado expresada en logaritmos

Def. T_t = diferencia de la temperatura máxima y mínima en el año *t*

msecos_t = número de meses con menor precipitación a la media de la región en el año *t*

Huracanes_t = número de huracanes que tocaron tierra en el año *t*

La serie de datos de regímenes pluviométricos y rangos de temperatura fueron obtenidos de la Sección de Meteorología Tropical del Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM. Los datos agrícolas tienen como fuente la base de datos SIACON de la SAGARPA correspondiente a los años 1980 a 2002.

El modelo tiene dentro su especificación una función cuadrática en la precipitación acumulada a lo largo del periodo agrícola; ya que se espera que a menor cantidad de precipitación se tengan daños por estrés hídrico (sequías) y a mayor cantidad de precipitación se tengan daños por anegamiento (lluvias extremas). Se considera que existe un rango de precipitaciones óptimo, en la cual la producción agrícola no sufre por estrés a demasía en la precipitación. Igualmente ante aumentos de la temperatura media, se espera que el estrés hídrico de las plantas sea mayor y el daño en la producción incremente. En anexos se describe el comportamiento del cultivo del maíz y su relación con los factores climáticos.

La existencia de esta función cuadrática en la regresión, genera problemas de multicolinealidad, la cual incrementa el valor de la varianza e impide tener valores t-estadísticos significativos, por lo que hay que ser muy cuidadosos al momento de determinar la validez en la especificación del modelo. Adicionalmente, se espera tener una leve autocorrelación entre los parámetros temperatura y precipitación por tener una relación física intrínseca dentro su comportamiento, así como una distribución que tiende a la normalidad. Por estas razones la regresión fue estimada

mediante un modelo lineal generalizado (GLM) con una distribución Gausiana – normal.⁵

Se estimaron dos modelos con las mismas especificaciones una para el caso de las hectáreas dañadas en la producción de maíz y otra para la producción de frijol del Estado de Guerrero entre los años 1980 al 2002. Siendo estos:

Para los daños en producción de frijol:

$$\text{Daño frijol} = 435.2 - 134.95\text{lluvia} + 9.95 \text{lluvia}^2 + 0.98 \text{Def.T} - 0.13\text{msecos} + 1.87\text{Huracanes} + 1.08 \text{d98}$$

5)

Para los daños en producción de maíz:

$$\text{Daño maíz} = 698.1 - 207.2 \text{lluvia} + 15.01 \text{lluvia}^2 + 0.55 \text{Def.T} - 0.22\text{msecos} + 2.47\text{Huracanes} - 1.29 \text{d98}$$

6)

3.2. Resultados Empíricos. Interpretando el Modelo

El modelo de la ecuación 5, nos muestra la relación existente entre los daños a la producción de frijol y los factores climáticos prevalecientes en el Estado de Guerrero, incorporando el impacto de los huracanes de la región sur del Pacífico mexicano.

$$\text{Daño frijol} = 435.2 - 134.95\text{lluvia} + 9.95 \text{lluvia}^2 + 0.98 \text{Def.T} - 0.13\text{msecos} + 1.87\text{Huracanes} + 1.08 \text{d98}$$

5)

El modelo de la ecuación 6, nos muestra la relación existente entre los daños a la producción de maíz y los factores climáticos prevalecientes en el Estado de Guerrero, incorporando el impacto de los huracanes de la región sur del Pacífico mexicano.

⁵ Los GLM son una extensión del modelo lineal. Entre otras ventajas, permiten modelizar variables asimétricas y variables discretas. Asimismo, es posible analizar estadísticamente relaciones no lineales entre variables dependientes e independientes. Por otro lado, no es necesario el supuesto de varianza constante. Los GLM asumen que la varianza de Y es función de su valor esperado, exigiendo sólo que sea conocido el modo en que la varianza depende de aquel. A partir del concepto de sobre-dispersión (SD) - el que hace referencia a que la varianza de Y excede a la varianza nominal de la variable - es posible incluir en los modelos y test de hipótesis una medida más acertada de la dispersión de las estimaciones. (Hair et al 1995; Stevens 1996; Winer et al 1991).

$$\text{Daño maíz} = 698.1 - 207.2 \text{ lluvia} + 15.01 \text{ lluvia}^2 + 0.55 \text{ Def.T} - 0.22 \text{ msecs} \\ + 2.47 \text{ Huracanes} - 1.29 \text{ d98}$$

6)

La interrelación entre las variables determina un área en la cual el daño se minimiza, es decir, un rango en el cual la combinación entre precipitación, temperatura, distribución de la lluvia expresada en cuántos meses son secos respecto a la media de la región y la no existencia de amenazas naturales hacen propicia la producción agrícola.

En el caso de la producción de frijol, el rango óptimo de precipitación acumulada es de 882 mm al año, con un máximo de temperatura media de 19.8 °C y 10 meses secos.

El primer orden de minimización del sistema es igual a

$$\frac{d\text{daño frijol}}{d\text{lluvia}} = -134.95 + 9.95(2) = 0$$

7)

En el caso de la producción de maíz, el rango óptimo de precipitación acumulada es de 994 mm al año, con un máximo de temperatura media de 19.2 °C y 10 meses secos.

El primer orden de minimización del sistema es igual a

$$\frac{d\text{daño maíz}}{d\text{lluvia}} = -207.2 + 15.01(2) = 0$$

8)

Es interesante notar en las Gráficas N°3 y N°5, que tanto niveles bajos de lluvias como los muy altos, conllevan un considerable aumento en el daño a ambos cultivos, mismo que se hace mayor con el aumento de la temperatura. Sin embargo, la tasa de variación del daño es diferente para cada cultivo, resultando el maíz más vulnerable, con un rango menor de temperatura y precipitación sin resultar en reducción de producción significativa. Es decir, el frijol tiene un mayor rango de adaptabilidad a los fenómenos naturales extremos que el maíz, lo que hace propicio este cultivo para las condiciones climáticas prevalecientes en Guerrero. Ante cambios en la media de distribución de lluvia se esperaría que la producción de maíz sufriera daños mayores que la producción de frijol, confirmando en este sentido lo visto en la

literatura especializada, la cual muestra que existe un carácter no lineal muy fuerte en la combinación de factores climáticos y la producción agrícola.

El frijol tiene una adaptación mayor a la sequía, al incremento en las lluvias y a soportar temperaturas mayores, siendo la producción del maíz más susceptible a extremos en los regímenes pluviométricos. Ver anexos.

La ocurrencia de un fenómeno meteorológico como el arribo de un huracán tiene efectos mayores en la producción del maíz que es más susceptible a sufrir por el anegamiento del terreno y la velocidad del viento que hace caer la planta. Si observamos las Gráficas N° 2 y N° 4, se observa una anomalía en la producción de maíz y frijol. Dicha anomalía representa las condiciones asociadas a la presencia del Huracán Paulina que azotó Guerrero entre septiembre y octubre del año 1997. Es posible observar que los efectos en la producción del maíz son mucho más evidentes que en la producción de frijol.

Un factor que vale la pena mencionar es el incremento del daño provocado por el huracán y su relación con la temperatura media en el año: a mayores temperaturas mayor el daño provocado a los cultivos. La diferencia media entre las temperaturas máxima y mínima ese año fue de 19 °C y la precipitación acumulada promedio fue de aproximadamente 860mm, bajo estas condiciones se esperarían pérdidas en la producción de maíz, alrededor del 5% de la superficie cultivada; pero no en la producción de frijol. La internación del huracán en tierra incrementó el daño en la producción de maíz perdiéndose el 24% de la superficie cultivada; mientras que sólo se perdió el 10% de la producción de frijol.

En la siguiente sección, se desarrollan escenarios futuros sobre los posibles cambios en los regímenes climáticos y la existencia de amenazas naturales, así como la valoración económica de estos cambios a precios constantes.

4. EVALUANDO EL CAMBIO

En el desarrollo del modelo, se observó un comportamiento no lineal entre los factores climáticos y los daños esperados en la pérdida de cultivos. Para un mejor entendimiento del proceso y facilitar el análisis de las pérdidas económicas que

representa el CC, se desarrolla un escenario base, así como posibles combinaciones entre los factores analizados.

Grafico N° 2

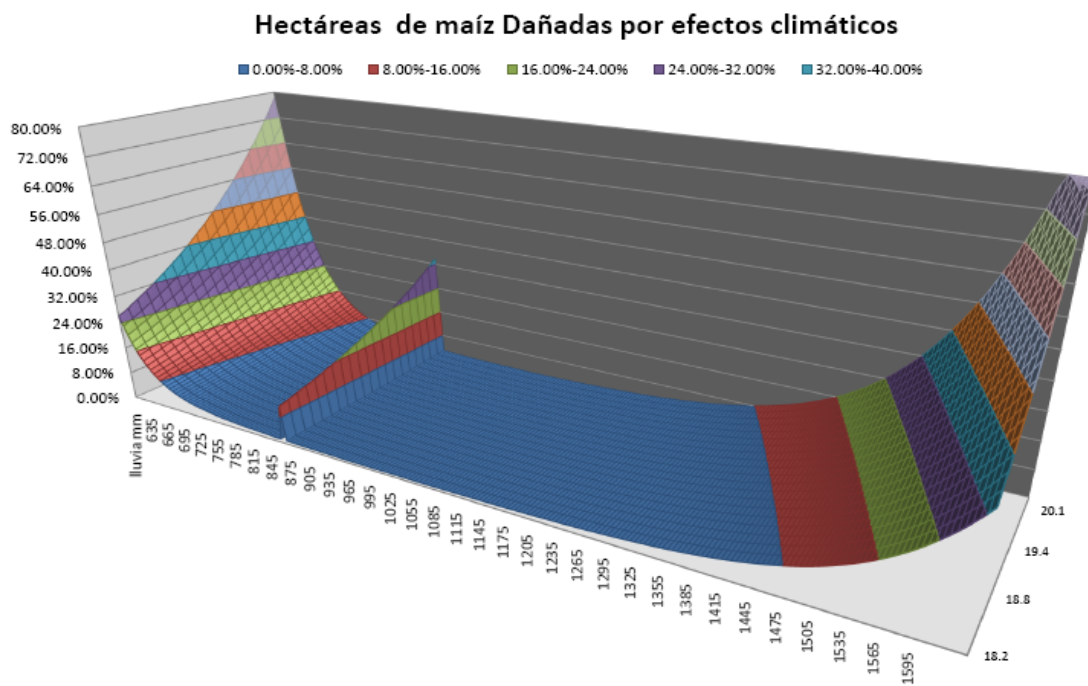


Grafico N° 3

Temperatura en °C

Producción de Maíz efectos de la precipitación y la temperatura media

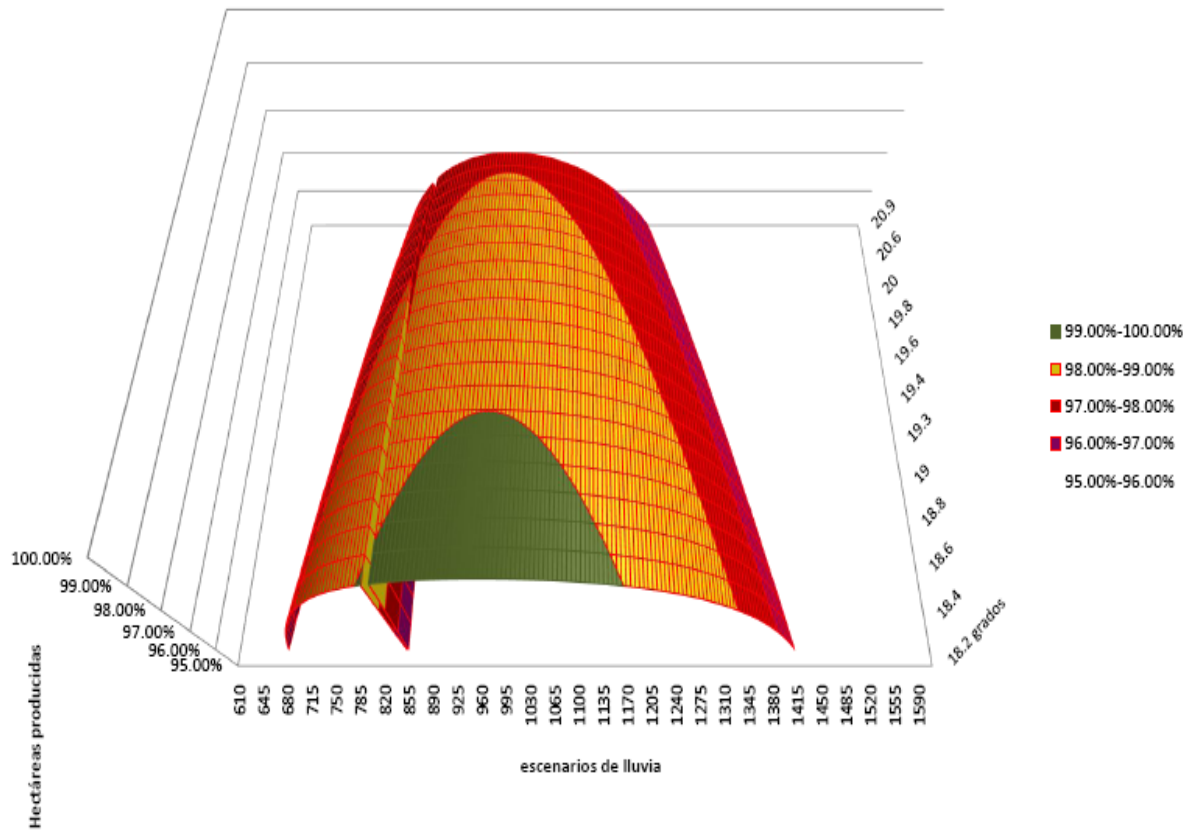


Grafico N° 4

Hectáreas de Frijol Dañadas por efectos climáticos

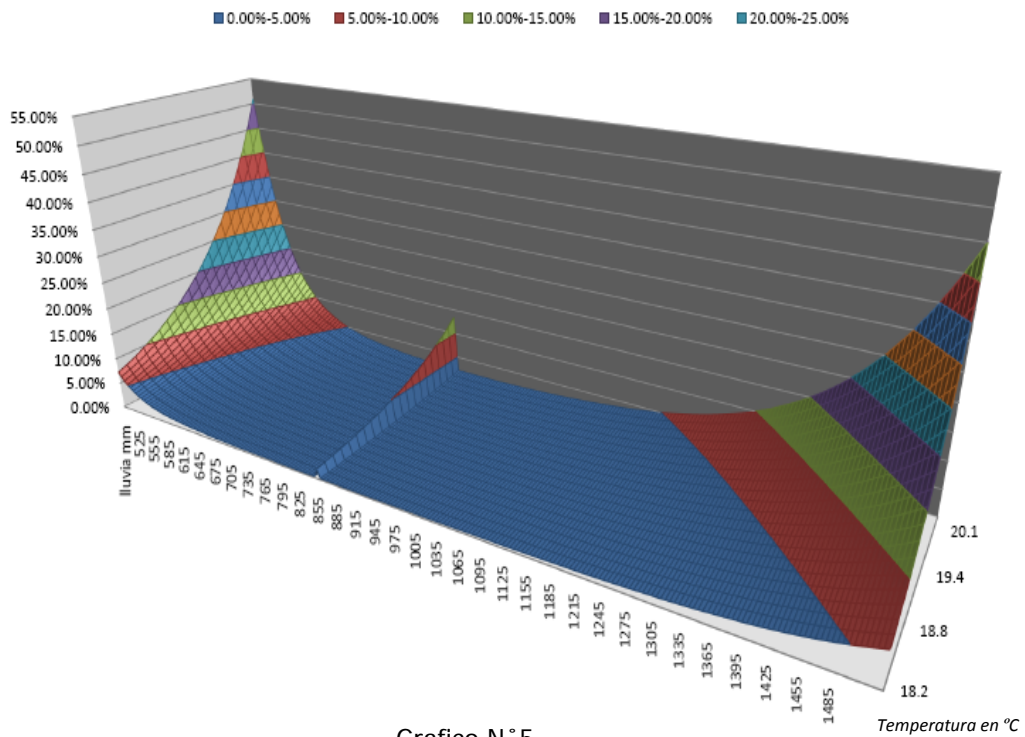
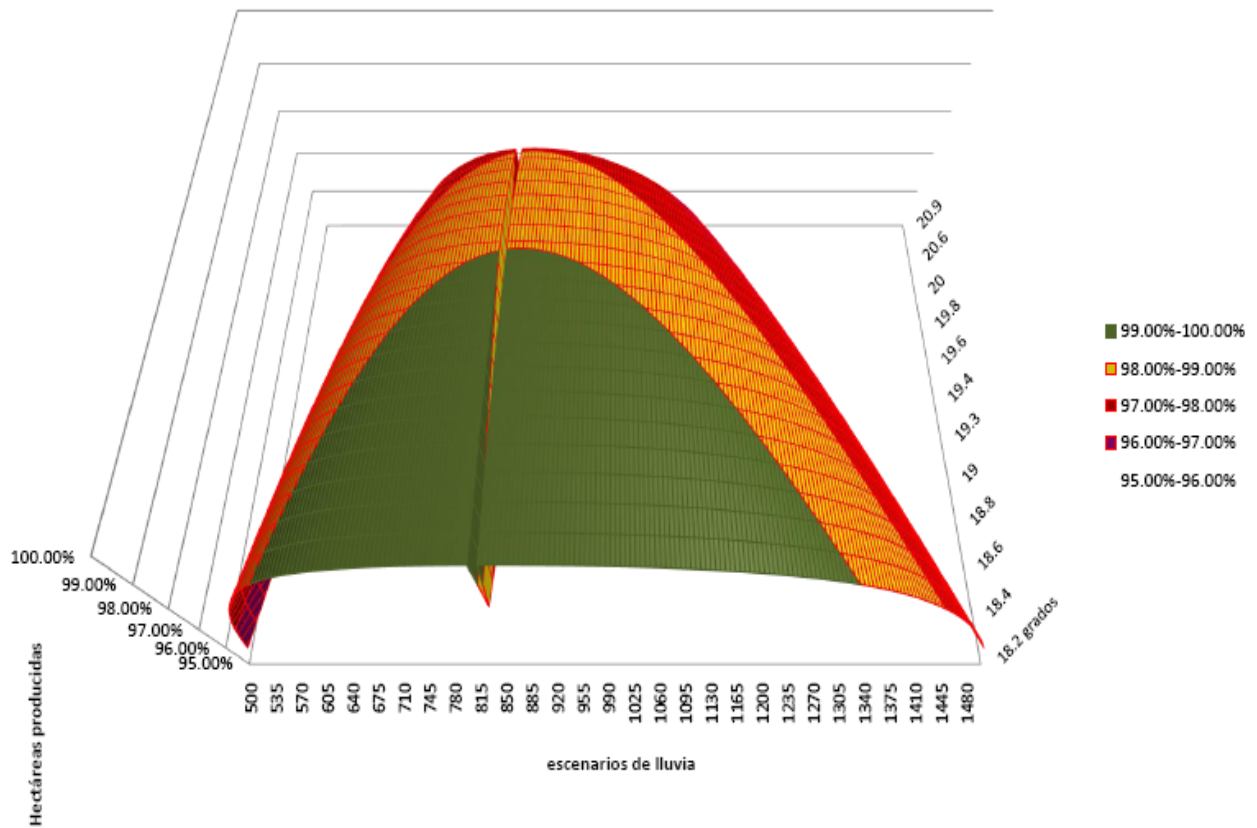


Grafico N° 5

Producción de Frijol efectos de la precipitación y la temperatura media



La línea base de análisis, corresponde al promedio de los regímenes climáticos observados en el último siglo. Los escenarios futuros contemplan incrementos en la temperatura, incrementos y decrementos en el nivel de precipitaciones; así como el aumento en los meses secos y la existencia de fenómenos extremos como un huracán de categoría 3 que se interne en el Estado de Guerrero de acuerdo a lo observado en los sistemas multimodelos analizados por el IPCC.

La producción de maíz al ser tan sensible a los factores climáticos y tener un rango de adaptación tan pequeño dadas las condiciones climáticas de Guerrero, tiende a sufrir mayores pérdidas que repercuten directamente en la seguridad alimentaria de los habitantes de la región y sus niveles de ingresos directos.

Cuadro N°3. Escenarios de Análisis del Cambio Climático y sus Efectos en la Producción Agrícola de Maíz en el Estado de Guerrero

Escenario	Precipitación acumulada	Temp. Máxima	Temp. mínima	Diferencia entre temperatura	Meses secos	Huracanes	Daño en superficie cultivada
1	921	29	10	19	10	0	1.30%
2	1013	29	10	19	10	0	1.50%
3	1215	29	10	19	10	0	2.25%

4	921	32	11	21	10	0	7.00%
5	1013	32	11	21	10	0	6.50%
6	1215	32	11	21	10	0	11.00%
7	921	29	10	19	10	1	18.00%
8	1013	32	11	21	10	1	75.00%
9	825	32	11	21	12	0	16.00%
10	921	32	11	21	12	0	11.00%
11	921	32	11	21	12	1	100.00%

Escenario	Daño en superficie cultivada en porcentaje	Superficie dañada en ha.	Perdida comercial expresada en dólares americanos	Perdida en autoconsumo expresada en toneladas
1	1.30%	5,980	5,345,123	6,488
2	1.50%	6,900	6,167,450	7,487
3	2.25%	10,350	9,251,175	11,230
4	7.00%	32,200	28,781,433	34,937
5	6.50%	29,900	26,725,617	32,442
6	11.00%	50,600	45,227,967	54,901
7	18.00%	82,800	74,009,400	89,838
8	75.00%	345,000	308,372,500	374,325
9	16.00%	73,600	65,786,133	79,856
10	11.00%	50,600	45,227,967	54,901
11	100.00%	460,000	411,163,333	499,100

• En el Estado de Guerrero se tiene 460.000 ha cultivadas de maíz por año, El 50 % del maíz cultivado, se dedica al autoconsumo, El precio de venta promedio es de 823 dólares por tonelada, La media de producción es de 2,17 toneladas por ha.

Fuente: elaboración propia con base en datos del SIACON y Martínez 2000

En promedio se requerirían aproximadamente 35.000 toneladas de granos básicos para mantener el nivel de autoconsumo de la región; si se generaran los escenarios de sequias y lluvias extremas y un incremento de sólo 2 °C en los promedios de temperatura. Y prácticamente se requeriría alimentar a toda la población del Estado; si ocurren los peores escenarios de arribos de huracanes en la región.

La posible ocurrencia de un escenario como el planteado tiene una probabilidad media baja de ocurrencia; ya que en los últimos 90 años: 7 tormentas tropicales entre ciclones y huracanes tocaron tierra en las costas de Guerrero (Matías, 1998); el ultimo evento ocurrió el año 1997 con el huracán Paulina donde se perdió el 24 % de superficie sembrada de maíz. En el caso de presentarse un huracán similar a Paulina pero en condiciones de que la temperatura promedio fuera superior en 2 grados, se provocaría un escenario de devastación en la producción agrícola de Guerrero.

Cuadro N°4 Escenarios de Análisis del Cambio Climático y sus Efectos en la Producción Agrícola de Frijol en el Estado de Guerrero

Escenario	Precipitación acumulada	Temp. Máxima	Temp. mínima	Diferencia entre temperatura	Meses secos	Huracanes	Daño en superficie cultivada
1	921	29	10	19	10	0	0.50%
2	1013	29	10	19	10	0	0.70%
3	1215	29	10	19	10	0	1.50%
4	921	32	11	21	10	0	4.00%
5	1013	32	11	21	10	0	4.70%

6	1215	32	11	21	10	0	11.00%
7	921	29	10	19	10	1	3.70%
8	1013	32	11	21	10	1	26.00%
9	825	32	11	21	12	0	3.15%
10	921	32	11	21	12	0	3.00%
11	921	32	11	21	12	1	20.00%

Escenario	Daño en superficie cultivada en porcentaje	Superficie dañada en ha.	Perdida comercial expresada en dólares americanos	Perdida en autoconsumo expresada en toneladas
1	0.50%	50	22,829	10
2	0.70%	70	31,960	14
3	1.50%	150	68,486	30
4	4.00%	400	182,629	80
5	4.70%	470	214,589	94
6	11.00%	1,100	502,229	220
7	3.70%	370	168,931	74
8	26.00%	2,600	1,187,086	520
9	3.15%	315	143,820	63
10	3.00%	300	136,971	60
11	20.00%	2,000	913,143	400

- En el Estado de Guerrero se tiene 10.000 ha cultivadas de frijol por año, El 28 % del frijol cultivado, se dedica al autoconsumo, El precio de venta promedio es de 895 dólares por tonelada, La media de producción es de 0.71 toneladas por ha.

Fuente: elaboración propia con base en datos del SIACON y Castañeda 2000

Los escenarios en las pérdidas de producción de frijol no son tan importantes dada la adaptabilidad de las variedades cultivadas en la región; pero repercuten directamente en la ingesta de proteínas de la población local. Por lo que, si bien las pérdidas parecen menores dadas las cantidades producidas, su jerarquía dentro la canasta básica de consumo de la población más pobre es de vital importancia. El frijol puede ser un cultivo de importancia para los agricultores de la región con un alza sostenida en los precios de referencia que hace atractivo su cultivo, que adicionalmente tiene un mejor comportamiento frente al CC.

5. A MODO DE DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En el desarrollo del modelo, se observó un comportamiento no lineal entre los factores climáticos y los daños esperados en la pérdida de cultivos. Para un mejor entendimiento del proceso y facilitar el análisis de las pérdidas económicas que representa el CC, se desarrolla un escenario base, así como posibles combinaciones entre los factores analizados.

La presentación del modelo general de análisis y su ejemplificación para el caso del Estado de Guerrero en México nos muestra la magnitud de la problemática a la que nos enfrentamos. El modelo confirma las hipótesis de comportamiento establecidos en la literatura, así como la relación entre mayores niveles de destrucción y el

calentamiento global. Incrementos en la temperatura establecen condiciones de estrés en la producción agrícola, la cual no reacciona de forma favorable ante incrementos o decrementos en la precipitación y/o la ocurrencia de una amenaza natural, tal como la representan los huracanes.

En esta primera aproximación numérica a esta problemática, vemos que en promedio con los cambios esperados se perderá aproximadamente el 8 % de la producción de granos básicos en la región. Llegando a simularse pérdidas del 100% de la producción en ciertas regiones si las condiciones son muy desfavorables. Dependiendo de la magnitud del fenómeno, puede incluso condicionarse la permanencia de la población en el área, obligando a los más pobres a migrar a otras regiones y/o países; lo que conlleva una carga mucho mayor para la sociedad en su conjunto.

Es necesario ampliar el estudio y considerar otras regiones y cultivos; así como mejorar la base de información climática usada. La importancia de ampliar el estudio a otro tipo de cultivos muy importantes a la región como son la papa, la soja, la caña de azúcar, etc. radica en tener un mejor panorama sobre la seguridad alimentaria de las economías latinoamericanas y su relación con el CC.

Dada la limitación de acceso a la información, dentro el estudio empírico no se considera otros fenómenos relevantes al daño en la producción agrícola como son las lluvias, granizos y precipitaciones intensas, esperando en una segunda fase del estudio poder incorporarlas al análisis. A pesar de esta limitación el comportamiento y poder predictivo del modelo es bastante elevado y nuestra de forma simple la no linealidad del daño frente al fenómeno y sus consecuencias de forma directa, sirviendo como un modelo exploratorio de una temática nueva y muy compleja de analizar.

La intencionalidad del trabajo es mostrar en forma empírica y puntual que la problemática nos puede rebasar si no se toman medidas reales para enfrentar el CC. Por ello tomar medidas, que permitan adaptarse a este tipo de fenómenos, se hace indispensable en esta etapa del cambio. Si bien el cambio de los próximos 30 años

es prácticamente inevitable, adaptarse a sus repercusiones aún está en manos de los agentes económicos y el Estado.

Los costos de enfrentar un desastre natural mayor (un huracán o un deslizamiento de tierra dentro regiones muy pobladas) son impactantes para cualquier economía de la región. Cuando consideramos que 400 millones de dólares son sólo los costos por los daños a un solo sector de la economía, podemos imaginar los efectos en los otros sectores como infraestructura, salud, pesca, esto sin mencionar la pérdida de vidas humanas. En el caso del huracán Paulina se lamentó más de 120 muertes relacionadas directamente al fenómeno además de pérdidas cercanas a los 300 millones de dólares en infraestructura.

Adaptarse a estos cambios y mitigar así el impacto de estos fenómenos es posible. Un ejemplo es la creación de fondos de contingencia para garantizar la seguridad alimentaria en regiones como la analizada en el presente trabajo. La creación de un fondo para mitigar las pérdidas en las producciones de autoconsumo, permitirá que las poblaciones puedan adaptarse mejor al desastre y no tener que migrar a otras regiones, además de garantizar el abastecimiento de comida en las primeras etapas de recuperación del fenómeno.

La creación de estos fondos requiere:

- Un cálculo de las pérdidas aproximadas resultantes de los desastres, en el estudio se presenta una primera metodología de fácil aplicación.
- Una mejor red social que difunda los beneficios de almacenar comida y aportar los excedentes de producción a este tipo de fondos.
- Informar y brindar nuevas tecnologías así como semillas más aptas a las nuevas condiciones climáticas que se avecinan. Este tipo de estudios pueden determinar los rangos climáticos prevacientes en cada región y sus efectos sobre la producción agrícola.
- Impulsar medidas para que la población adopte nuevos cultivos o intensifique la producción de aquellos más adaptables al CC, como el frijol, lo cual permitirá no sólo garantizar las economías de autoconsumo; sino generar excedentes destinados al mercado interno, como es el caso del frijol en México.
- El mejor manejo de los seguros agrícolas o su creación con base en las pérdidas estimadas y su probabilidad de ocurrencia.

Agradecimientos.-

Se agradece la información brindada por Fernando Oropeza, Agustín García, Francisco Estrada y Víctor Magaña, sobre las variables climáticas usadas en esta investigación. Así como a la DGPA – UNAM por la beca Posdoctoral brindada para el desarrollo de esta investigación.

Bibliografía

- Arias, Sandra (2008), *Periódico On-Line: Los tiempos.com*, Cochabamba - Bolivia Lunes, 19 de mayo de 2008
- Castañeda Vásquez, Walter Carlos de Kristov (2000), *UNPRG – Lambayeque Abril, 2000*
- CEPAL (2005), *"Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas siconaturales"*, Cuaderno CEPAL no.91, Santiago de Chile
- Chang, C.C.: 2002, *"The potential impact of climate change on Taiwan´s agriculture"*, *Agric. Econ.* 27, 51-64
- Gay, C., Conde, C., Eakin, H., and Villers, L.(2006), *"Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, México"*. *Climate Change*
- Heller P. y Mani M. *"La adaptación al cambio climático"*, *Finanzas Públicas del FMI*.
- Hoyos, C. D., P. A. Agudelo, P. J. Webster, J. A. Curry, (2006). *"Deconvolution of the Factors Contributing to the Increase in Global Hurricane Intensity"*. *Science Express*. March
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), *Climate Change (2001): "Shyntesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the IPCC"*; informe compilado por R.T Watson y el Core Team, Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) , *Climate Change (2007)*
- Lobe, Jim. *Revista On-Line: Punto ambiental.com*, Septiembre 02, 2005
- Mendelsohn R., Dinar A. (1999). *"Climate Change, Agriculture, and Developing Countries: Does Adaptation Matter?"* *World Bank Research Observer* (14), 277-293.
- Martinez, Gregorio.Lara Ignacio(2000)., *"Producción y rentabilidad del cultivo de maíz en el estado de Guerrero."* *RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN DEL PRIMER SEMINARIO DE TITULACIÓN EN ECONOMÍA Y COMERCIO DE 1999, UCHP, Noviembre 2000*
- Mendelsohn R., Dinar A. (2000), *"Efficient adaptation to climate change"*, *Climate Change*, No. 45, 2000, pags. 583-600
- Olivera V. Marcelo (2007), *"Valoración de áreas Protegidas en Bolivia"*, UNAM, México.
- Secretaría de Educación Pública, (1983), *"Manuales para la investigación agropecuaria, No. 10, área de producción vegetal"*, México, Trillas
- Stern, Nicholas. (2007), *"Stern Review on the Economics of Climate Change" (El informe Stern: La verdad sobre el cambio climático)*. Ed. Paidos, Madrid España
- Tol, R.S.J. (2002), *'New Estimates of the Damage Costs of Climate Change, Part I: Benchmark Estimates'*, *Environmental and Resource Economics*, 21 (1), 47-73.

- Vazquez Aguirre Jorge L. (2007), "Variabilidad de la precipitación en la república Mexicana", Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM.
- Webster, P. J. and J. A. Curry. (2006). *Climate Impacts and Adaptation Responses in Latin America A Glimpse into the Near Future. Written composite version of papers delivered on November 7, 2006 at The World Bank's Panel on "Climate Impacts and Adaptation Responses in Latin America."*
- Wigley, T.M.L. (1985), "Impact of extremes events", *Nature*, no. 316, págs. 106-107
- Wilsie, C., (1956), " *Cultivos, aclimatación y distribución*", Zaragoza, España, Acribia.
- World Resources Institute (WRI) in collaboration with United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme, and World Bank. 2005. " *World Resources 2005: The Wealth of the Poor—Managing Ecosystems to Fight Poverty*". Washington, DC: WRI.