

IMPLICACIONES EN LA AGRICULTURA REGIONAL DE TIERRA CALIENTE MICHOACÁN DESDE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 2025-2075.

Carlos Francisco Ortiz Paniagua¹

Alba María Ortega Gómez²

RESUMEN

Para la presente investigación se analizaron los registros históricos de temperaturas y precipitación para el período 1971-2000, en la región Tierra Caliente de Michoacán, en la que la agricultura es la principal actividad económica, (maíz y de ajonjolí). Con ayuda del software *LARS-GW* se realizaron proyecciones climáticas partiendo de los escenarios A1B y A2; para el período 2025-2075. Los resultados muestran que las tendencias climatológicas de temperatura (máxima, media y mínima) aumentarán entre 0.7 y 1.5 grados y que la precipitación reducirá en promedio 10%. Lo anterior aunado a una tipificación agrícola de la región, muestra una elevada condición de vulnerabilidad del sector.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

México es un país altamente vulnerable ante los efectos del cambio climático, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), (2007). En los últimos años ha incrementado la cantidad y la intensidad fenómenos hidrometeorológicos, traducidos en altos costos sobre la economía. En 20 años (1989-2009), el porcentaje de pérdida en el volumen de producción en el país se estima dentro de un 12% promedio anual respecto al

¹Profesor Investigador de Tiempo Completo del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email: cfortiz@umich.mx.

²Estudiante del programa PNPC de Ciencias del Desarrollo Regional del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Email: albaortegag@gmail.com.

total sembrado. Solamente en 2009 el porcentaje del volumen de producción perdido fue de 17% con más de 88 millones de toneladas en la producción agrícola con un valor de casi los 50 mmdp (SIAP, 2011). Además la tendencia general muestra que las pérdidas de producción por efectos de un siniestro respecto al total de la producción nacional es creciente.

Lo anterior plantea la necesidad de identificar la vulnerabilidad territorial y regional de la agricultura en México, por múltiples razones: 1) contribución de la agricultura a las economías regionales; 2) potenciales desplazamientos humanos a causa de las pérdidas agrícolas; 3) riesgo de abastecimiento alimentario de las economías agrícolas campesinas y 4) deterioro del tejido social local-regional. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo conocer la vulnerabilidad agrícola de la región Tierra Caliente de Michoacán ante la posibilidad de cambio climático.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

- La Tierra Caliente muestra una tendencia hacia la variación climática, lo cual evidencia la presencia regional del cambio climático.
- Las variaciones de la temperatura pronosticadas para los siguientes sesenta y cinco años son a la alza continuada. A la vez que la precipitación pluvial tiende a reducir en promedio en 10%.
- Todos los escenarios muestran variaciones significativas en temperatura y precipitación, por lo que se recomienda tomar medidas preventivas en la región, para evitar desastres mayores.
- La mayoría de los municipios de la Región Tierra Caliente en Michoacán practican agricultura de manutención, por lo que se ven expuestos a los cambios en el clima, dado que su elemento central de producción lo constituyen los cultivos de temporal.

Palabras clave: Cambio Climático, Vulnerabilidad Agrícola, Tierra Caliente Michoacán,
Escenarios Climáticos.

INTRODUCCIÓN

Es decir que cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se habla de una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmósfera y/o el océano; o por forzamientos externos, como puede ser algún cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las características del planeta (concentración de gases de efecto invernadero, cambios en el uso de suelo, etc.) resultado de la actividad humana. Las formas de variabilidad del clima son muchas y, por tanto, pronosticarlo a largo plazo no es fácil. Es por ello que distinguir qué produce cambios en el clima de un año a otro, o en escalas mayores de tiempo, constituye un reto científico (Magaña V. O., 2004).

De acuerdo con estudios realizados desde finales del siglo pasado, se han encontrado variaciones en el estado del tiempo durante largos períodos, por lo que se identifican los cambios climáticos. Si bien el clima y el estado del tiempo se relacionan estrechamente, existen diferencias importantes entre ambos. (Trenberth, Houghton, & Meira Filho, 1995). El clima evoluciona con el paso del tiempo influido por su propia dinámica interna y debido a factores externos que lo afectan conocidos como forzamientos. Entre los forzamientos externos se pueden incluir fenómenos naturales como erupciones volcánicas y variaciones solares, así como cambios en la composición atmosférica inducidos por los seres humanos (Magaña V. O., 2004).

Aún cuando son muchos los factores que influyen en el clima, las actividades humanas se han convertido en una fuerza dominante, responsables de gran parte del calentamiento global en los

últimos 50 años (IPCC, 2007). En la medida en que se ha elevado la temperatura de la tierra, se han hecho más frecuentes e intensos algunos fenómenos meteorológicos como las olas de calor, prolongación de las sequías, heladas más intensas y las lluvias torrenciales. Se estima que la vulnerabilidad de la agricultura ante los efectos del cambio climático es mayor generalmente en los países en desarrollo. Por una parte debido a un proceso dominante en el cual los países excedentarios en producción de básicos proveen al mundo con alimentos baratos; basando su competitividad en subsidios nacionales, (Kirsten Appendini, 2003), situación que tiene como resultado desplazamiento del mercado de agricultores de bajas capacidades; como los campesinos y con ello se desplaza también a la producción de autoabastecimiento local-regional. En tanto que por otra parte, las mayores variaciones climáticas se estima ocurrirán en los países del Sur, en su mayoría países en vías del desarrollo (O'Brien *et. al.*, 2000 e IPCC, 2007).

México es un país altamente vulnerable ante los efectos del cambio climático, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), (2007). En los últimos años ha incrementado la cantidad y la intensidad de fenómenos hidrometeorológicos, traducidos en altos costos sobre la economía. En 20 años (1989-2009), el porcentaje de pérdida en el volumen de producción en el país se estima dentro de un 12% promedio anual respecto al total sembrado. Solamente en 2009 el porcentaje del volumen de producción perdido fue de 17% con más de 88 millones de toneladas en la producción agrícola con un valor de casi los 50 mmdp (SIAP, 2011). Además la tendencia general muestra que las pérdidas de producción por efectos de un siniestro respecto al total de la producción nacional es creciente.

Lo anterior plantea la necesidad de identificar la vulnerabilidad territorial y regional de la agricultura en México, por múltiples razones: 1) contribución de la agricultura a las economías regionales; 2) potenciales desplazamientos humanos a causa de las pérdidas agrícolas; 3)

riesgo de abastecimiento alimentario de las economías agrícolas campesinas y 4) deterioro del tejido social local-regional. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo conocer la vulnerabilidad agrícola de la región Tierra Caliente de Michoacán ante la posibilidad de cambio climático.

Para alcanzar el propósito emplearon los datos históricos del comportamiento del clima para un período de treinta años, en tres estaciones meteorológicas de la región que mostraron calidad aceptable en más de 90% de la información. Posteriormente se procesaron en la aplicación *LARS-GW* para identificar las tendencias territoriales en los píxeles correspondientes a la región partiendo de la propuesta de escenarios climáticos del IPCC. Lo anterior se contrastó con una tipificación agrícola de los productores con información municipal. Se tomaron como referencia los escenarios de emisiones A2 y A1B para el período 2025-2075. La hipótesis del trabajo es que la región Tierra Caliente de Michoacán está experimentando variabilidad climática y en el futuro continuará esta tendencia. Bajo esta situación los productores de la región de estudio tienen un alto grado de vulnerabilidad debido a las condiciones municipal-regionales que practican la actividad. La elevada vulnerabilidad de los productores pone en riesgo la estabilidad económica, social y política regional.

El presente artículo se integra en seis apartados, en el primero se contextualizan las implicaciones estimadas por el cambio climático, enfatizando sobre los conceptos de vulnerabilidad en la agricultura y en la seguridad alimentaria, se incorporan también teoría del cambio climático, escenarios y estudios antecedentes. En el segundo apartado se abordan los efectos del cambio climático en la agricultura y la vulnerabilidad agrícola. El tercer apartado muestra una descripción del área de estudio destacando las principales características de la región. En tanto que en el cuarto apartado se describen las técnicas empleadas para la obtención de resultados, tanto de la tipificación agrícola como de el uso del software para la

estimación de los escenarios. En el quinto apartado se exponen los resultados, destacando los impactos probables, a la vez que se discute sobre los alcances y límites de los mismos. Por último se enuncian las principales conclusiones y recomendaciones del trabajo.

I. CAMBIO CLIMÁTICO: ESCENARIOS E IMPLICACIONES

1.1. Escenarios de cambio climático

Entre 1990 y 1992, el IPCC desarrolló escenarios de emisiones de GEI a largo plazo, codificados como IS92, en los cuales se incorporan variables socio-económicas. En la actualidad, estos escenarios IS92 han sido sustituidos por los publicados por el IPCC en 2001, denominados paquete SRES (*Special Reduction Emissions Scenarios*). Este paquete apoya en la modelación de emisiones futuras de GEI con base a supuestos sobre los comportamientos probables de las variables económicas, sociales, políticas, energéticas y tecnológicas.

Los escenarios de emisiones propuestos por el IPCC parten de cuatro diferentes estilos posibles de desarrollo socioeconómico global, en función del tipo de políticas que se implementen. Dichos escenarios se codifican como: A1, A2, B1 y B2; de los cuales a la vez se desprenden opciones y combinaciones particulares de escenarios posibles. Dichos escenarios describen las relaciones entre las principales fuerzas demográficas, económicas, energéticas y tecnológicas; así como su implementación local, regional ó global simulan las emisiones futuras de GEI.

Los escenarios A1 suponen un planeta futuro de crecimiento económico acelerado, una población mundial que llega a su máximo a mediados del siglo XXI para estabilizarse e iniciar un declive. Contempla también una rápida introducción de tecnologías con mejoras en eficiencia. La familia de escenarios A1, se desarrolla en tres grupos con direcciones alternativas en cambio tecnológico y sistema de energía. Los tres grupos A1 se distinguen por énfasis

tecnológico: uso intensivo de combustibles fósiles (A1FI), fuentes de energía no fósiles (A1T), o un balance entre todas las fuentes de energía (A1B). Los escenarios A2 describen un planeta con tendencias hacia la heterogeneidad regional. Los patrones de fertilidad sobre regiones convergen lentamente, lo que resulta en un continuo aumento de población. El desarrollo económico está orientado en forma regional, con crecimiento económico y cambios tecnológicos fragmentados y más lentos que en los demás escenarios.

En cuanto a los escenarios B1, describen un planeta convergente con población mundial que llega a su máximo a mediados del siglo XXI y luego decrece de manera análoga al escenario A1. Considera un cambio rápido en la estructura económica hacia una de servicios y economía de la información, con reducciones en la intensidad del material y la introducción de tecnologías limpias y uso eficiente de recursos. El énfasis es en soluciones globales a la economía, sustentabilidad ambiental y social, incluyendo equidad, pero sin iniciativas climáticas adicionales.

Por su parte los escenarios B2, apuntan a énfasis en soluciones económicas locales, sustentabilidad e innovaciones tecnológicas regionales y más diversas que los anteriores escenarios. Es un planeta con incrementos constantes en la población. El nivel de desarrollo económico es menos acelerado que en los anteriores. Las políticas públicas y la orientación económica se inclinan hacia la protección ambiental y equidad social, enfocándose en niveles locales y regionales. En todos los casos los escenarios se vinculan directamente con el estándar de vida y con ello la cantidad de emisiones futuras de GEI.

1.3. Efectos del cambio climático en la agricultura

Las implicaciones del cambio climático se pueden analizar por sectores (Magaña, 2010), como son: agrícola, pecuario, forestal, hídrico, turístico, industrial, urbano, construcción, minería,

transporte, etc. Al respecto el presente se enfoca en el sector agrícola en una región particular. La importancia de la agricultura reside al menos en dos aspectos: 1) provee a las poblaciones humanas de alimentos, materias primas, medicinas y otros productos bienes económicos; y 2) provee de servicios eco-sistémicos, como: cultura y tradiciones en relación a la actividad agrícola, biodiversidad, formación de suelo, regulación de los ciclos hídricos, secuestro de carbono, entre otros.

En la medida que se espera que la población mundial alcance la cifra de 9.1 billones para el 2050, la agricultura requiere seguir incrementando su productividad (rendimiento por hectárea) para satisfacer la creciente demanda. Bajo este contexto, el cambio climático representa un reto importante debido a que: 1) 75% de las poblaciones que viven en áreas rurales del planeta dependen de la agricultura, la forestería y la pesca (Torres, *et. al.*, 2011), según la FAO (2013), son 500 millones de agricultores de agricultores familiares tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, son altamente vulnerables a lo que ocurra con este sector; 2) la reducción del rendimiento agrícola ocasionada por sequías, inundaciones ó heladas, pone en riesgo el abastecimiento de la creciente demanda a la vez que tiene implicaciones en los precios y su correspondiente efectos sobre la inflación y pérdida de poder adquisitivo.

Las implicaciones del cambio climático en la agricultura apuntan a un cambio en la distribución de la vegetación, para la agricultura un factor determinante es la disponibilidad de agua que influye directamente en la producción de los cultivos. Los efectos indirectos consistirían en un posible agravamiento de la situación en cuanto a las enfermedades, las plagas o las malas hierbas, cuyos efectos no están todavía cuantificados en la mayoría de los estudios realizados. En algunos casos los cultivos se aproximan a su nivel máximo de tolerancia de temperatura y en donde predomina la agricultura de temporal es probable que disminuya el rendimiento. Podría resultar también afectada la subsistencia de poblaciones que viven de la agricultura y del

pastoreo, que constituyen una gran parte de la población rural en algunas regiones. Todo esto se traduce en que la afectación del cambio climático en la agricultura se debe a que las variaciones de los niveles de temperatura o de precipitación se aproximen o excedan los límites de tolerancia de dichos cultivos (Conde, *et. al.*, 2004).

Algunos estudios que han analizado la vulnerabilidad agrícola como, Magrin, *et al.* (2009), emplean los escenarios A2 y B2 propuestos por el IPCC y por medio del modelo regional del CIMA para el 2080, en la Región Paperiana Argentina. Encontraron que para el escenario A2 se alcanzaría una reducción promedio del rendimiento de 4% en trigo, 9% en maíz y 14% en soja. En tanto que para el escenario B2 la reducción media sería trigo (3%) y maíz (6%), y en soja se incrementos del 3%. En América Latina estudios sobre el impacto del cambio climático en el sector agrícola en El Salvador y en Costa Rica. En el primer país encontraron una alta vulnerabilidad a los efectos climáticos, evidencia de ello es el aumento en número e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos que han culminado en desastres en los últimos años. A futuro se espera que éstos se intensifiquen dichos fenómenos, a la vez que aumente la temperatura promedio disminuya la precipitación pluvial. Hacia el año 2100 proyectan que en la región el clima aumentará entre 2°C y 5°C y que la precipitación disminuirá entre 18% y 40% (Ordaz, Ramírez, Mora, Acosta y Serna, 2009).

Para Costa Rica los cambios en la producción agrícola y las ganancias económicas serían afectadas. Los impactos económicos del cambio climático sobre la producción agropecuaria en relación al PIB de 2007, se estiman pérdidas entre 1% y 2% del PIB hacia 2050, a una tasa de descuento de 4%. En tanto que lo referente al sector turístico en sus modelos encontraron que el incremento en la temperatura reducirá la demanda de alquiler, alcanzando una disminución del 1,2% en los ingresos que provienen del alquiler de la propiedad, (Ordaz, *et. al.*, 2010).

En México se destacan algunos estudios sobre el impacto del cambio climático en el sector agrícola a escala nacional y local como Flores *et al.*, 1995; Ferrer *et al.*, 1995; Conde *et al.*, 2006; Gay, 2000. Se resalta que la actividad agrícola bajo condiciones de cambio climático requiere de escenarios precisos, dada la vulnerabilidad de este sector a cambios en el clima y a su dependencia de los regímenes de lluvia, especialmente las superficies de temporal y su relación con los cultivos alimentarios y de autoconsumo. Se desprende que la agricultura es uno de los rubros más vulnerables a los posibles cambios en el clima de las diferentes localidades, así como por los posibles desastres hidrometeorológicos que pudieran llegar a impactar a los mismos (Conde C. , Ferrer, Gay, & Araujo, 2004).

Tinoco *et al.*, (2011), realizaron un estudio sobre el efecto del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco. Empleando dos modelos de cambio climático para el periodo 2041-2060, bajo el escenario A2. Los resultados mostraron un incremento en la superficie no apta para el cultivo del maíz en 63.6% para el modelo de cambio climático GFDL y en 90.8% para el modelo Hadley. Las regiones Centro, Norte y Este de Jalisco son las que registran los cambios de mayor magnitud. La disponibilidad de humedad en el suelo es el factor que se ubica como el componente limitante para el desarrollo del cultivo de maíz.

Posteriormente Granados y Sarabia (2013), realizaron un estudio en un Distrito de Desarrollo Rural de Toluca, Estado de México para analizar las posibles alteraciones que puede traer el cambio climático en la producción de maíz de temporal. Se aplicó el modelo de Cambio Climático Hadley, de los escenarios de emisiones A2 y B2 para el 2050. Los resultados obtenidos mostraron que las variables temperatura y precipitación tendrán desenlaces negativos en el desarrollo fenológico de maíz. Se afectará la floración que tendría implicaciones directas en reducción acentuada la producción. El cambio climático más probable es el ascenso de la temperatura del aire en promedio de 2°C; en cuanto a la precipitación pluvial la alteración

es mayor, en algunos casos se escenifica una disminución de 40%; sin embargo, es de esperarse que existan regiones donde la precipitación aumente.

La agricultura en México es una actividad primordial, y en especial en estados como Michoacán, su importancia económica y social se encuentra en el peso que tiene dentro del PIB nacional y estatal, así como por el número de empleos y población dependiente de esta actividad primaria. Galindo, 2008 utiliza tres modelos para determinar los impactos del cambio climático en la agricultura, siendo estos modelos: función de producción, un modelo de tipo “ricardiano”; los modelos concuerdan en la existencia de impactos en la agricultura ante el cambio climático aunque difieren sobre su magnitud; las principales conclusiones de Galindo sobre agricultura son:

1. El aumento del CO₂ tiene un impacto positivo significativo sobre la producción y el rendimiento del sector agropecuario al menos dentro de ciertos rangos.
2. Un aumento de la temperatura tiene un impacto inicial positivo en la producción y en los rendimientos; sin embargo, pasando ciertos límites de temperatura los impactos se hacen negativos. Los cambios en los patrones de precipitación tienen un impacto importante en la producción y los rendimientos agropecuarios que puede también representarse como una función no lineal similar a la temperatura.
3. En la mayoría de los resultados empíricos se observa que los cambios en la temperatura son más importantes que aquellos asociados a la lluvia.
4. Los impactos específicos son fuertemente dependientes de los agro-climas, del tipo de suelo y de la sensibilidad al CO₂ lo que incluye un nivel de incertidumbre adicional a las proyecciones.

En síntesis, se prevén efectos diferenciados y divergentes, en relación a los patrones esperados de temperatura y lluvias. Los cuáles en ciertos rangos pueden incrementar el

rendimiento de los cultivos de temporal, sin embargo la incertidumbre y el riesgo de salirse de esos rangos en los patrones, traería consigo reducción importante de los rendimientos agrícolas.

En el caso de Michoacán, la agricultura es de fundamental importancia, debido a que 21% de la población se emplea directamente en el sector primario, se trata de un estado con vocación productiva predominantemente agrícola y forestal (Ortiz, 2010). El aporte al PIB del sector primario en México representa 10% del total nacional, cuarto estado en importancia por el valor de su producción y el primero en cuanto a su producción agrícola (SAGARPA, 2011). Las principales cosechas agrícolas en las que más destaca Michoacán son: el aguacate (primer lugar nacional), el maíz en grano (quinto lugar nacional) y la zarzamora (primer lugar nacional).

Debido a la importancia que reviste el sector agrícola en Michoacán, los efectos del cambio climático pueden ser catastróficos por la dependencia de la agricultura ante las variaciones en el clima. Considerando al cambio climático como una amenaza para el sector agrícola, es importante conocer el grado de vulnerabilidad agrícola regional para fortalecer las capacidades local-regionales, para enfrentar los efectos de este fenómeno. Es por ello necesaria la realización de estudios aproximen el conocimiento de la vulnerabilidad regional.

II. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA: VULNERABILIDAD, RIESGO Y AMENAZAS

El IPCC reporta que el cambio climático es un fenómeno inequívoco cuyo aumento ha sido de 1°C respecto a las temperaturas registradas en 1850. Sus efectos son irreversibles en diversos sistemas naturales y sugieren que a finales del siglo XXI el incremento más probable en la temperatura media oscilará entre 2 y 5°C. A la vez que el nivel del mar podría registrar un aumento de 28 a 43 centímetros y posiblemente se observarán cambios importantes en los

patrones de precipitación y en los eventos climáticos extremos. Es el caso de las sequías más largas e intensas desde 1970 particularmente en los trópicos y sub-trópicos (Gay, *et. al.*, 2010).

En el año 2006, el Reporte Stern sobre “*La Economía del Cambio Climático*” dejó de manifiesto la afectación en los elementos básicos en la vida de los seres humanos, como: el acceso al agua, la producción de alimentos, la salud y los ecosistemas y el ambiente en general. Se ha señalado que el cambio climático podría ocasionar costos entre 5% y 20% del PIB mundial (Galindo, 2009). Por lo que se trata de un reto emergente que al igual que la seguridad alimentaria, la desnutrición, la creciente competencia por la energía y el agua, la degradación de la tierra y de la biodiversidad requieren para su estudio un enfoque integrado (Feenstra, *et. al.*, 1998).

Para 2014 el IPCC enfatiza que los impactos de recientes eventos extremos como sequías, inundaciones, olas de calor e incendios forestales, muestran lo significativo que es la vulnerabilidad y la exposición de algunos ecosistemas y comunidades humanas ante la variabilidad del clima. Los impactos incluyen la alteración de ecosistemas y producción de alimentos daños en infraestructura de asentamientos humanos, consecuencias en la salud mental y la calidad de vida (IPCC, 2014). La agricultura es uno de los sectores que más se resentirán los efectos del cambio climático por su dependencia del clima. Entre las consecuencias destacan: 1) modificación en los cultivos (debido a un incremento atmosférico en la concentración de CO₂); 2) mayor probabilidad de incremento en la población de plagas; y 3) ajustes en la demanda y oferta de agua para irrigación, Adams, *et. al.*, 1988. Para los productores agrícolas de pequeña escala, con un alto grado de vulnerabilidad y exposición a efectos de cambio climático, puede tener efectos desastrosos, tanto en el patrimonio como en la diversificación productiva. En tanto que se espera una reducción en la productividad de algunos cultivos importantes, en mayor o menor grado y en consecuencia también ocurra lo mismo con

la productividad pecuaria. En conjunto, lo anterior tendría efectos adversos para la seguridad alimentaria (Parry, *et. al.*, 2008).

El riesgo entendido como el potencial de pérdidas que pueden ocurrirle al sector agropecuario resultado de la combinación entre la amenaza y la vulnerabilidad. Se puede expresar matemáticamente como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un cierto sitio y durante un cierto período de tiempo (Cardona, 1993). Para la agricultura la amenaza se puede entender como el aumento en la intensidad, frecuencia y magnitud en los fenómenos hidrometeorológicos (sequías, inundaciones, heladas, huracanes, tornados, etc.), atribuidos al cambio climático. En tanto que la vulnerabilidad se puede entender como las condiciones en las cuáles se practica la actividad agrícola (superficie sembrada asegurada, disponibilidad de riego, empleo de tecnologías, rendimiento agrícola, etc.)

2.1. Vulnerabilidad agrícola y cambio climático

La vulnerabilidad de manera general corresponde a la susceptibilidad que tiene un elemento de ser afectado o de sufrir una pérdida. En consecuencia, la diferencia de vulnerabilidad de los elementos determina el carácter selectivo de la severidad de los efectos de un evento externo sobre los mismos. La vulnerabilidad, puede clasificarse como de carácter técnico (elementos físicos y funcionales) y de carácter social (aspectos económicos, educativos, culturales, ideológicos, etc.). Un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de elemento(s) ante una amenaza específica, (Cardona, 1993).

En particular para el cambio climático los factores que configuran la vulnerabilidad se asocian a una amenaza derivada de los cambios o variaciones en el clima, que están determinados por el grado de exposición ante una amenaza y la sensibilidad inherente de los sistemas naturales y

humanos. Los efectos de dicha amenaza dependerán de la capacidad adaptativa de dichos sistemas, como son: recursos financieros, tecnológicos y capacidad de organización y planificación (Espinosa & Gutiérrez, 2010).

En materia de cambio climático, la vulnerabilidad es considerada como la capacidad para tolerar los efectos adversos de la variabilidad climática o eventos extremos. Con el propósito de identificar y medir la vulnerabilidad se consideran tanto factores climáticos como no climáticos para su evaluación. Dentro de los no climáticos se incluyen parámetros ecológicos, económicos, sociales, demográficos, tecnológicos y políticos. (Grayeb, Álvarez, Cortez, & Ruiz, 2009). La vulnerabilidad se puede concebir a distintas escalas y actores, según el objeto de estudio, puede ser: nacional, regional o local, a la vez que como productores, consumidores ó comunidades. En el caso que nos ocupa se trata de una región de Michoacán y en particular los productores de la misma.

III. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

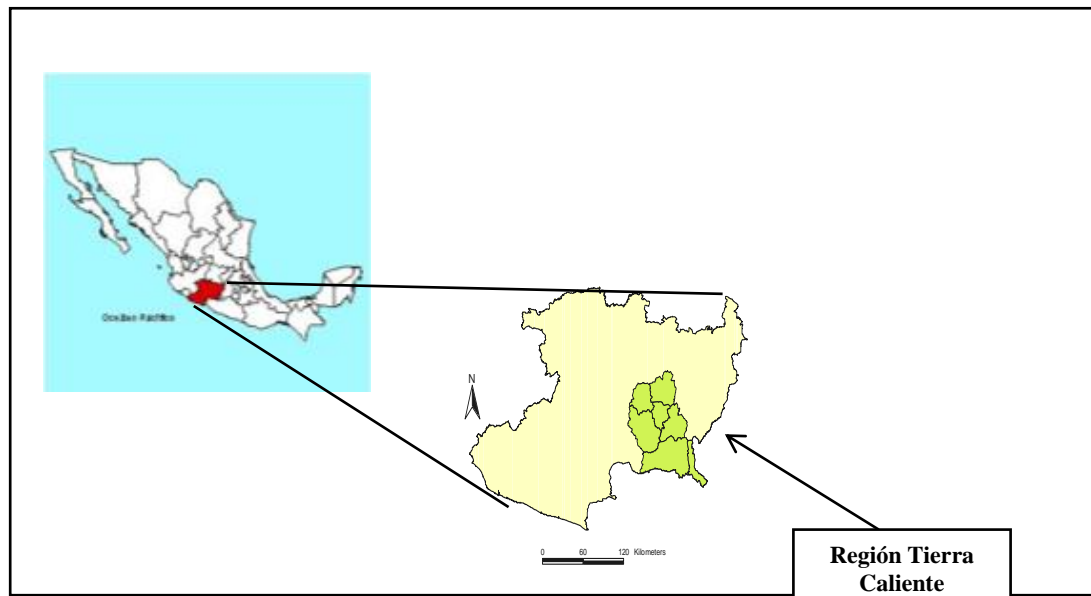
La Región de Tierra Caliente se ubica al Sur de la entidad, limita con el estado de Guerrero, y las regiones Oriente, Cuitzeo, Pátzcuaro-Zirahuén e Infiernillo, se integra con los municipios de Madero, Tacámbaro, Nocupétaro, Turicato, Carácuaro, Huetamo y San Lucas (veáse figura 1). Representa 12.7% del territorio de Michoacán, concentra cerca del 5% de la población. La densidad poblacional es de 28 hab/km² lo que la coloca como la región más despoblada del estado y su tasa de crecimiento fue 10.7% en la década 2000-2010. Más de la mitad de la población se concentra en 16% de las localidades.

La mayor parte de la Región Tierra Caliente se ubica desde las alturas de la Sierra Madre del Sur y el Eje Volcánico, hasta la depresión del Balsas y en la cordillera del Sur, en el Eje Neo Volcánico Tarasca y Mil Cumbres. Como se observa en el cuadro 1, existe una importante

variación de la altitud que va desde los 2,900 hasta los de 200 msnm. Una parte del territorio de la Región está formado por montañas, sierras altas complejas con lomeríos, sierras volcánicas de laderas tendidas y sierras de cumbres tendidas. Existen también mesetas de aluvión y basálticas con cañadas, valles ramificados y llanuras. Es decir, la Región cuenta con una orografía diversa que contiene valles y llanuras que le permiten contar con suelos aptos para el desarrollo de actividades agropecuarias.

La complejidad de su orografía influye en sus características climáticas, donde las temperaturas van de medias, como es el caso del municipio de Madero, hasta muy calurosas como corresponde a Huetamo y San Lucas, al Sur de la Región. También la precipitación pluvial es variable desde una mínima de 600 mm, que se da en Huetamo, hasta una máxima de 1,300 que corresponde a los municipios de Madero, Tacámbaro y Turicato (ver tabla 1) (Anguiano *et. al.*, 2013). La Región Tierra Caliente de Michoacán fue elegida para el estudio debido a que en los escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC; presenta las mayores alteraciones climáticas de Michoacán.

Figura 1. Ubicación geográfica de la Tierra Caliente del estado de Michoacán.



Cuadro 1.

Características climáticas de los municipios que conforman la Región Tierra Caliente

Municipio	Altitud (msnm)		Temperatura °C		Precipitación pluvial (mm)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Carácuaro	500	1,300	22	28	700	1,000
Huetamo	200	1,300	22	32	600	1,000
Madero	800	2,600	12	26	800	1,300
Nocupétaro	500	1,600	22	28	700	1,100
San Lucas	300	1,300	24	30	800	1,000
Tacámbaro	1,000	2,900	12	24	900	1,300
Turicato	600	2,300	16	28	700	1,300

Fuente: INEGI, 2013. **Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.**

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

En este apartado se muestra el procedimiento empleado para el tratamiento de información de las estaciones climatológicas analizadas a la vez que se expone el tratamiento de la información sobre los productores agrícolas de la región.

4.1. Generación de escenarios de cambio climático mediante LARS-WG, v. 4.0

La aplicación o software *LARS-WG* versión 4.0, es un generador estocástico de tiempo meteorológico que se utiliza para producir escenarios de cambio climático a escala de tiempo diaria. Puede ser empleado para la simulación de datos meteorológicos en un sitio bajo condiciones de clima presente y futuro (escenario). Los datos se presentan en forma de series diarias de un conjunto de variables meteorológicas: precipitación (mm) y temperatura máxima y mínima (°C). Dicha aplicación estima la Función de Densidad de Probabilidad (PDF por sus siglas en inglés) en una estación meteorológica, permitiendo así analizar cambios, en temperatura y precipitación. En la condición media del clima y su variabilidad pueden hacer que los incrementos en temperatura o en precipitación extremas (*out layers* colas en la distribución normal de la PDF) sean mayores que los proyectados para la mediana. Es por esto que el

cambio climático podría ser más rápidamente identificable a través de eventos extremos (Magaña V. O., 2010).

Es preciso señalar que LARS no es una herramienta predictiva que pueda ser empleado en el pronóstico del tiempo, sino que se utiliza para generar series sintéticas de tiempo meteorológica estadísticamente 'idénticas' a las observaciones históricas. Los datos diarios de temperatura y precipitación utilizados en el análisis aplicando la herramienta *LARS-WG* versión 4.0, corresponden a tres estaciones meteorológicas mismas que pasaron las pruebas de calidad datos como aquéllas que tuvieran más de 90% de la información disponible. Posteriormente se realizaron los siguientes procedimientos técnicos de validación y corrección de datos:

- Se verificaron los valores extremos en las fechas indicadas, para un período de 30 años, cruzando información con estaciones meteorológicas cercanas a la región y notas periodísticas para validar los datos extremos (*out layers* ó *outliers*).
- Se codificaron los datos faltantes para evitar que la aplicación *LARS* los reconociera como cero y los incorporara en los promedios.
- Se remplazaron todos los valores no razonables, como cantidades de precipitación diaria menor que cero y temperatura máxima diaria menor que la temperatura mínima.

Posteriormente se identificaron los valores extremos ("*outliers*") en temperaturas diarias máximas y mínimas (los valores extremos son valores diarios que se encuentran fuera de los rangos establecidos para una región definida, con base en la información revisada). Una vez obtenidas las proyecciones de datos con *LARS-WG* versión 4.0 se procedió al análisis de los mismos mediante el software *STATISTICA V. 7* de donde se obtuvieron los gráficos de las tendencias climatológicas y los valores de cambio climático.

En la Región Tierra Caliente se observa una gran variedad de climas que van desde cálidos y muy cálidos semisecos, hasta los templados húmedos, pasando por una gran variedad de condiciones climáticas, que influyen en la vocación productiva de la Región. Desde el punto de vista de los climas, se podrían establecer, cuando menos dos subregiones, Carácuaro, Nocupétaro, San Lucas, Turicato y Huetamo, y por el otro lado Tacámbaro y Madero, es por eso que en el presente trabajo se tomaron los datos de las estaciones meteorológicas situadas en Huetamo, como se aprecia en el cuadro 2.

Cuadro 2.
Ubicación de las estaciones meteorológicas analizadas

Id_Estación	Nombre	Municipio	Coordenadas		Altitud
			X	Y	Msnm
16051	Huetamo	Huetamo	-100.53	18.35	300
16059	La Caimanera	Huetamo	-100.52	18.27	305
16075	Los Pinzanes	Huetamo	-100.55	18.37	372

4.1.1. Escenarios de cambio climático y expectativas de implicaciones para la agricultura de Tierra Caliente

El comportamiento histórico del clima con sus correspondientes eventos deja entrever en cierto modo tendencias, lo cual permite realizar pronósticos a corto plazo con un alto grado de certidumbre. Sin embargo, hablar del futuro en materia climática, es hablar de probabilidad, se han diseñado modelos que generan escenarios a mediano y a largo plazo. Por otra parte, es importante comentar que no necesariamente la tendencia histórica definirá la tendencia futura, pero si nos permitirá identificar trazas o señales de un cambio climático local, además, de establecer la línea base para definir el grado de anomalía.

Hablar de escenarios es hacer referencia al futuro, lo que significa tomar acciones en el presente para resolver anticipadamente problemas que pudieran surgir en el futuro; la factibilidad de un escenario depende en buena parte del suministro de información disponible.

Dentro del conjunto futuro del universo de posibilidades es factible identificar algunos subconjuntos cuyas características los hacen más deseables, más probables o más logrables. Puede o no ocurrir; es probable; para lo cual hacer un modelo ayuda a la toma de decisión importantes para el diseño de política pública Miklos, 1991.

4.1.2. Tipificación agrícola

Se emplearon nueve variables agrupadas en tres grupos, que fueron:

1. Tecnología: (semilla mejorada, injertos, fertilizantes químicos, abonos orgánicos, pesticidas, asistencia técnica) –seis variables-
2. Infraestructura: (bordo u hoyo de agua, pozo profundo, trilladora o cosechadora, desgranadora empacadora) –cuatro variables-
3. Condiciones: (riego/temporal) –dos variables-

Para cada una de las variables se calculó a escala municipal la proporción de productores que disponían del *ítem* identificado (semilla mejorada, bordo, trilladora, desgranadora, etc.). Luego empleó un criterio de rango estadístico en relación a la información disponible para el estado de Michoacán, por lo que se situaron municipios en la media, por debajo y por encima de la misma. Lo anterior ayudó a identificar el tipo de agricultura municipal. Para la cual, los municipios de la región se ubicaron en agricultura de manutención y agricultura comercial predominantemente. Se parte de suponer que la tipificación tiene una relación íntima y directa con la vulnerabilidad; manutención es más vulnerable que mixta o comercial.

Cuadro 3
Criterios de tipificación agrícola

Caracterización	Criterio
Agricultura de Manutención	<ul style="list-style-type: none"> • Basada en productos básicos, predominancia de autoconsumo y venta al mercado local • Bajos rendimientos inferiores al promedio estatal. • Ganadería extensiva • Baja infraestructura agropecuaria
Agricultura comercial	<ul style="list-style-type: none"> • Basada en la producción de productos agroindustriales • Producción destinada predominantemente al mercado nacional y extranjero • Rendimientos agrícolas superiores al promedio estatal y nacional • Ganadería intensiva • Alta presencia de infraestructura agropecuaria
Agricultura Mixta	<ul style="list-style-type: none"> • Basada en la producción comercial de maíz u otro cultivo • Producción destinada a la venta local y nacional • Rendimientos superiores al promedio estatal • Ganadería intensiva y extensiva • Con infraestructura agropecuaria de relativa importancia

(Ortiz, 2010)

El procesamiento de la información se realizó mediante una estandarización de las distintas variables que conforman el índice de vulnerabilidad agrícola, la estandarización consiste en normalizar los valores para convertirlos a valor homogéneos cuantificables entre sí, el cálculo se efectúa de la siguiente manera:

$$VN_{X_i} = \frac{(X_i - X_m)}{\sigma_X} \quad (1)$$

Donde:

VN_{X_1} : valor normalizado de X_1

X_1 : valor del indicador

X_m : media de la serie X

σ_X : desviación estándar de la serie X

4.1.3. Cálculo de tendencias en la precipitación

Se obtuvieron los registros históricos de precipitación de tres estaciones meteorológicas correspondientes a la de Región Tierra Caliente que pasaron filtros de calidad de datos (ver cuadro 2). Posteriormente se realizó el procedimiento estadístico de homogeneización de datos diarios de precipitación de las estaciones meteorológicas mediante el software RHtestV4. Se procesó y se graficó la información para identificar la tendencia de la precipitación de la Región. En la nota 1 del anexo se muestran las estaciones y los años que fueron eliminados por falta de información para la variable de precipitación pluvial. (Detalles sobre la información de las estaciones empleadas; véase anexo, nota 1)

V. RESULTADOS

Se obtuvieron seis escenarios climáticos para cada estación analizada; tres bajo el escenario A2 el cual describe un planeta muy heterogéneo; la población mundial se mantiene en continuo crecimiento. El crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otros escenarios posibles. Sería casi una proyección lineal del actual comportamiento de la actividad humana. Además se obtuvieron tres escenarios climáticos para el escenario A1B caracterizado por tener prioridad económica global, convergencia económica global, emisiones media alta y rápido crecimiento económico, tecnologías eficientes, se tiene balance entre energías fósiles y no fósiles. Ambos escenarios se proyectaron bajo los horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075.

Cuadro 4.

Valores de cambio climático entre las medias observadas y los valores proyectados por los escenarios climáticos, a partir de las proyecciones en LARS 4.0

	ESCENARIO A2			ESCENARIO A1B		
	2025	2050	2075	2025	2050	2075
ESTACIÓN 16051						
T° mínima	0.5	1.2	2.2	0.6	1.3	2
T° máxima	0.8	1.5	2.5	0.9	1.6	2.4
ESTACIÓN 16059						
T° mínima	0.8	1.5	2.4	0.8	2.3	2.3
T° máxima	1	1.7	2.7	1	1.8	2.5
ESTACIÓN 16075						
T° mínima	0.9	1.6	2.6	1	1.7	2.4
T° máxima	0.9	1.6	2.5	0.9	1.7	2.4

Fuente: elaboración propia con información de CNA y SMN; detalles anexo nota 1.

El cuadro 4 muestra los resultados del análisis realizado con *Lars-GW* con los escenarios A2 y A1B bajo los horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075; respecto a los valores de cambio de temperatura mínima del escenario A2, éstos oscilan entre 0.5 - 0.9 °C para el horizonte 2025; mientras que para el horizonte 2050 los valores de cambio oscilan entre 1.2 - 1.6°C y para el horizonte 2075 los valores de cambio van de 2.2 - 2.6°C. Para el escenario A1B los valores de cambio de temperatura mínima van de 0.6 - 1°C para el horizonte 2025; de 1.3 - 2.3°C para el horizonte 2050 y de 2.0 - 2.4°C para el horizonte 2075. Respecto a los valores de cambio de temperatura máxima del escenario A2 van de 0.8 - 1°C para el escenario 2025, de 1.5 - 1.7°C para 2050 y de 2.2 - 2.6°C para el horizonte 2075. Bajo el escenario A1B los valores de cambio de temperatura máxima van de 1.6 - 1.8°C para el horizonte 2025, de 1.6 - 1.8°C para 2050 y de 2.4 a 2.5°C bajo el horizonte 2075.

5.1 Impacto económico de la agricultura ante el cambio climático en la Región de Tierra Caliente, Michoacán

La tipificación agrícola arrojó los siguientes resultados, que describen el tipo de agricultura predominante por municipio en la región de Tierra Caliente. Se aprecia que la mayor parte de la

agricultura regional es de manutención. Lo anterior significa que es una mínima la cantidad de productores que poseen: riego, tecnologías, asesoría técnica y acceso a mercados más allá de la región. En el mismo sentido, los cultivos predominantes son con propósito de autoconsumo y forraje animal. La agricultura de manutención es la que tiene menos apoyos, misma que es más vulnerable al cambio climático; en buena medida por tratarse de prácticas de tipo tradicional y dependiente de las condiciones del clima.

El cuadro 3 muestra los resultados de la tendencia de la precipitación pluvial, se distingue que todas las estaciones muestran una tendencia negativa; es decir a largo plazo ha tendido hay una tendencia a la reducción de la precipitación pluvial; a razón promedio de 1.05 milímetros por año (promedio de las tres ecuaciones). Esta situación representa una reducción de 10.5 centímetros en una década; situación que plantea un impacto en los cultivos de temporal que seguramente repercutirá en el rendimiento de los cultivos.

Cuadro 3.
Clasificación de la agricultura municipal
en el área de estudio de Tierra Caliente

Id_ Estación	Nombre	Tendencia*
16051	Huetamo	$Y = -0.805x + 834.8$
16059	La Caimanera	$Y = -1.852x + 1001$
16075	Los Pinzanes	$Y = -0.501x + 817.5$

* y = tiempo; x = precipitación; información de las estaciones corregida por la aplicación "R"

Bajo este escenario, la superficie agrícola de la región de Tierra Caliente, Michoacán presenta cerca de 80% de cultivos de temporal, es decir; que la productividad del campo depende de manera directa de las condiciones climatológicas, bajo esta situación una reducción de la precipitación pluvial tendría efectos negativos en el rendimiento agrícola. En la siguiente figura se aprecia la proporción que representa la actividad agrícola respecto del PIB municipal, situación de alta vulnerabilidad en la región mencionada, principalmente a Tacámbaro, Turicato y Carácuaro.

En el cuadro 4, se puede apreciar la participación de la agricultura de temporal, así como la participación de los cultivos de riego en el valor y en la superficie totales. Nótese el caso de Tacámbaro cuya agricultura representa la mitad de la economía municipal; los cultivos de temporal no representan más del 42% del valor agrícola; en tanto la agricultura es más de la mitad de la economía del municipio.

Cuadro 4. Índices de impacto económico en la agricultura y en la economía regional

	VPT/VPA (1)	STe/STo (2)	Agric/Econ. Mpio. (3)	IIEAT (4)	IIEST (5)	IIEC (6)	Tipología
Carácuaro	0.94	0.98	0.33	0.308	0.3227	0.6308	Manutención
Churumuco	0.79	0.93	0.13	0.101	0.1183	0.2197	Manutención
La Huacana	0.35	0.70	0.28	0.098	0.1969	0.2947	Manutención
Huetamo	0.30	0.89	0.22	0.066	0.1962	0.2623	Manutención
San Lucas	0.57	0.79	0.24	0.139	0.1925	0.3320	Manutención
Nocupétaro	0.94	0.98	0.17	0.156	0.1618	0.3175	Manutención
Tacámbaro	0.42	0.46	0.51	0.212	0.2337	0.4455	Mixta
Turicato	0.66	0.77	0.31	0.259	0.3044	0.5631	Manutención

1 = Valor de la producción agrícola de temporal sobre valor total de la producción agrícola

2) = Superficie de temporal sobre la superficie total destinada a la agricultura

3) = Valor de la agricultura sobre el valor de la economía municipal

4) = Índice de Impacto Económico de la Agricultura (proporción en el PIB municipal) (1*3)

5) = Índice de Impacto Económico en la Superficie Total (2*3)

6) = Índice de Impacto Económico Combinado (4+5).

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, 2014, Ortiz, 2010 e INEGI, 2011.

El Impacto Económico de la Agricultura de Temporal (IIAT), se aprecia como una proporción de la importancia de la agricultura en la economía municipal. Al respecto Carácuaro, Turicato y Tacámbaro, tienen la mayor participación agrícola en su economía. En tanto que la superficie de temporal Turicato y Tacámbaro muestran la mayor proporción en el (IIEST).

VI. CONCLUSIONES

- Los municipios de Carácuaro, Turicato y Tacámbaro son los que presentan una mayor vulnerabilidad económica ante la agricultura. Lo anterior partiendo de la premisa de que la agricultura fuese impactada por el cambio climático; entonces estos municipios en la región son los que tendrían las mayores afectaciones.
- La Tierra Caliente muestra una tendencia hacia la variación climática, lo cual evidencia la presencia regional del cambio climático; aumento de la temperatura y reducción de la precipitación; con evidencia de más de 30 años de información en todos los casos y con datos ajustados por pruebas estadísticas de los software “R” y LARS.
- Las variaciones de la temperatura pronosticadas para los siguientes sesenta y cinco años son a la alza continuada. A la vez que la precipitación pluvial tiende a reducir en promedio en 10%.
- Todos los escenarios muestran variaciones significativas en temperatura y precipitación, por lo que se recomienda tomar medidas preventivas en la región, para evitar desastres mayores.
- En la región de Tierra Caliente el tipo de agricultura se muestra altamente susceptible y dependiente a las variaciones del clima y abastecimiento regional.
- Los fenómenos hidrometeorológicos se intensificarán y aumentará su frecuencia para los próximos años.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguiano C., J., Ruiz C., J. A., Alcántar R., J., Vizcaino V., I., & González A., I. J.** (6 de 11 de 2013). *Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Michoacán (Período 1961-2003)*. From Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/636/ESTADISTICAS%20CLIMATOLOGICAS%20BASICAS%20DEL%20ESTADO%20DE%20MICHOACAN%20(PERIODO%201961-2003).pdf?sequence=1
- Banco Mundial.** (24 de 09 de 2013). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 2010, Desarrollo y Cambio climático (Panorama general, versión preliminar)*. From Banco Mundial: <http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2010/Resources/5287678-1226014527953/Overview-Spanish.pdf>>
- Cardona, O. D.** (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. In A. Maskrey, *Los desastres no son naturales*. Tercer Mundo Editores.
- Conde, C., Ferrer, R., Gay, C., Magaña, V., Pérez, J., Morales, T., et al.** (2004). El Niño y la agricultura. In V. Magaña, *Los impactos de El Niño en México* (pp. 103-135). México: SG-UNAM-IAI-CONACYT.
- Conde, C.** (2006). *México y el Cambio Climático Global*. México, D.F.: UNAM.
- Conde, C., Ferrer, R., Gay, C., & Araujo, R.** (2004). Impactos del cambio climático en la agricultura en México. In J. Martínez , & A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 227-238). México: SEMARNAT-INE.
- Espinosa, T., & Gutiérrez, M. E.** (2010). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica*. Nueva York: Banco Interamericano de Desarrollo.

Feenstra, J., Burton, I., Smith, J. B., & Tol, R. S. (1998). *Handbook on Methods of Climate Change Impacts Assessment and Adaptation Strategies*. Amsterdam, Netherlands: United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya/Institute for Environmental Studies.

Galindo, L. M. (2009). *La economía del cambio climático en México. Síntesis*. México: SEMARNAT.

Gay, C., Estrada, F., & Martínez, B. (2010). Cambio climático y estadística oficial. (INEGI, Ed.) *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 1 (1), 1-7.

Granados, R., & Sarabia, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (3), 435-446.

Grayeb, B. E., Álvarez, C. C., Cortez, R. E., & Ruiz, G. C. (2009). *Programa de Estudios sobre Cambio Climático de la Universidad Veracruzana*. (U. Veracruzana, Ed.) Retrieved marzo de 2013 from Programa Veracruzano ante el Cambio Climático: http://www.peccuv.mx/descargas/pdf/reportes_investigacion/Cap%C3%ADtulo%205%201%20An%C3%A1lisis%20de%20la%20Vulnerabilidad%20Agr%C3%ADcola.pdf

INEGI. (9 de Septiembre de 2013). *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. From Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment*. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: IPCC.

Jones, D. A. (2009). The Great Global Warming Swindle: a Critique. (B. o. National Climate Centre, Ed.) *Bulletin of the Australian Meteorological and Oceanographic Society* (20), 11.

- Kirsten Appendini, R. G.** (2003). Seguridad alimentaria y 'calidad' de los alimentos: ¿una estrategia campesina? (CEDLA, Ed.) *Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe* (75), 65-84.
- Magaña, V. O.** (2004). El cambio climático global: comprender el problema. In J. Martínez, & A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 17-27). México: INE-SEMARNAT.
- Magaña, V. O.** (2010). *Guía para generar y aplicar escenarios probabilísticos regionales de cambio climático en la toma de decisiones*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Magrin, G., Travasso, M., López, G., Rodríguez, G., & Lloveras, A.** *Vulnerabilidad de la producción agrícola en la Región Pampeana Argentina*. 2da. Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Componente B3, Argentina.
- Meehl, G. A., Stocker, T. F., Collins, W. D., Friedlingstein, P., Gaye, A. T., Gregory, J. M., et al.** (2007). Global climate projections. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, et al., *Climate change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group to the fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- Miklos, T. y.** (1991). *Planeación Prospectiva. Una Estrategia para el Diseño Futuro*. (LIMUSA, Ed.) LIMUSA.
- Parry, M., Palutikof, J., Hanson, C., & Lowe, J.** (2008). Squaring Up to Reality. *Nature* (2), 68-71.
- Ponce Cruz, Y. Y.** (2012). Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo. (U. A. Juárez, Ed.) *Culcyt/Cambio Climático*, 1 (46), 5-12.
- O'Brien, K. L., & Leichenko, R. M.** (2000). Global Environmental Change.
- ONU.** (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Organización de Naciones Unidas. ONU.
- Ortiz, P. C.** (2010). Competitividad Agrícola y Cambio Climático en Michoacán: Tendencias de los Mercados Internacionales y Huella de Carbono. In M. M. Lopez, & FCCA (Ed.), *Gestión e Innovación en las Ciencias Administrativas y Contables* (Vol. 1, p. 28). Morelia: FCCA UMSNH.

Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2009). *El Salvador: Efectos del cambio climático sobre la agricultura.* México: CEPAL.

Ordaz, J. L., Ramírez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura.* México: CEPAL.

Stern, N. (2006). *Informe Stern: La economía del cambio climático.* Cambridge, Reino Unido.

Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R., & Dokken, D. (1997). *The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers.* IPCC.

Tinoco, J. A., Gómez, J. D., & Monterroso, A. I. (2011). Efectos del cambio climático en la distribución potencial en el estado de Jalisco, México. *Terra Latinoamericana*, 29 (2), 161-168.

Torres, P., Cruz, J. G., & Acosta, R. (2011). Vulnerabilidad agroambiental frente al cambio climático. Agendas de adaptación y sistemas institucionales. *Política y Cultura* (36), 205-232.

Trenberth, K. E., Houghton, J. T., & Meira Filho, L. G. (1995). The Climate System: an overview. In C. o. IPCC, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (pp. 55-64). Cambridge: Cambridge University Press.

Anexo.

Nota 1

Períodos de tiempo contemplados e información faltante en las estaciones climatológicas consideradas

Estación 16051		Estación 16059		Estación 16059	
Años considerados	Años perdidos	Años considerados	Años perdidos	Años considerados	Años perdidos
1923-1930	1931-1933	1961-1975	1976	1965-1983	1984
1934-1941	1942	1977-1983	1984	1985-1992	1993
1943-1948	1949-1953	1985-1988	1989	1994-1999	
1954-1985	1986-1997	1990-1999			
1998-2000	2001				
2002-2009					