

CAMBIO CLIMÁTICO Y VULNERABILIDAD AGRÍCOLA MUNICIPAL EN MICHOACÁN

Carlos Francisco Ortiz Paniagua¹

Joel Bonales Valencia²

Jerjes I. Aguirre Ochoa³

RESUMEN

En la composición del PIB de Michoacán 7% se deriva de la agricultura y una parte importante se articula con otros sectores, sobre todo en las regiones agrícolas exportadoras. Se estima que la agricultura es uno de los sectores que tendrán mayores implicaciones por el cambio climático. El presente evalúa la vulnerabilidad de los productores agrícolas por región y municipio en Michoacán, mediante nueve indicadores sobre los productores agrícolas, la diversificación productiva y su importancia municipal-regional de la agricultura. Los resultados permiten identificar las dimensiones vulnerables y que requieren atención para mejorar capacidades adaptativas a escala regional y municipal.

Palabras Clave: agricultura, cambio climático, vulnerabilidad y productores agrícolas.

Problema y Objetivos

La agricultura se estima que será uno de los sectores más afectados por el cambio climático. En Michoacán 7% del PIB es agricultura, no obstante hay municipios en los cuales más de 50 % del PIB depende de esta actividad, sin contar los efectos multiplicadores y eslabonamientos que genera. Es por ello importante conocer las condiciones de vulnerabilidad municipal y contar con la información que permita a los tomadores de decisión actuar al respecto, con planes, proyectos y políticas públicas.

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

²Doctor en Ciencias Administrativas, Profesor Investigador de Tiempo Completo del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email: jbbonales@icloud.com.

³Doctor en Administración, Profesor Investigador de Tiempo Completo del Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Email: jerjes_99@yahoo.com.

El objetivo de la presente investigación consistió en diseñar un instrumento que permita conocer la vulnerabilidad municipal ante la relación de la agricultura con el cambio climático. Para lograr lo anterior se diseñó una metodología que integró nueve indicadores, ocho de ellos compuestos y uno la participación de la agricultura en el PIB.

Resultados

Los resultados muestran dos cosas: un instrumento confiable para comparar en términos relativos a los distintos municipios de Michoacán y con ello, se muestra a los municipios más vulnerables, así como los aspectos que deben atenderse para reducir la vulnerabilidad ante fenómenos como el cambio climático.

Clasificación JEL: D11, Q26, Q01 y Q57

INTRODUCCIÓN

México es un país altamente vulnerable ante los efectos del cambio climático, según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), (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 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). En particular para Michoacán hay regiones que dependen casi en la totalidad de su economía de la producción agrícola.

Lo anterior plantea la necesidad de identificar la vulnerabilidad territorial y regional de la agricultura en México y en particular en Michoacán, por al menos cuatro 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 de los productores agrícolas de Michoacán ante la posibilidad de cambio climático; incluido el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos hidrometeorológicos; u otros eventos externos extremos como crisis económicas de gran magnitud.

Para alcanzar el propósito el punto de partida consiste en asumir la existencia de cambio climático para Michoacán, tal como lo demuestra el PICC en sus diferentes escenarios de clima para los próximos 100 años (IPCC, 2014; IPCC, 2007). A partir de lo anterior se instrumentó una metodología que permite identificar la vulnerabilidad de los productores agrícolas desde nueve indicadores propuestos.

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 y uso del software. 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

Los escenarios de emisiones propuestos por PICC 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 (IPCC, 2007).

1.2. Antecedentes sobre las implicaciones 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 perdidas 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 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. CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA: VULNERABILIDAD, RIESGO Y AMENAZAS

El cambio climático es un fenómeno inequívoco el aumento de temperatura ha sido de 1°C respecto a las temperaturas registradas desde 1850. Se sugiere que a finales del siglo XXI el incremento más probable en la temperatura media oscilará entre 2°C 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).

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 PICC enfatiza que los impactos del cambio climático 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 se espera una reducción en la productividad de cultivos importantes y en consecuencia también en 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 y la frecuencia 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 ante el 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 Michoacán y en particular los productores de la misma.

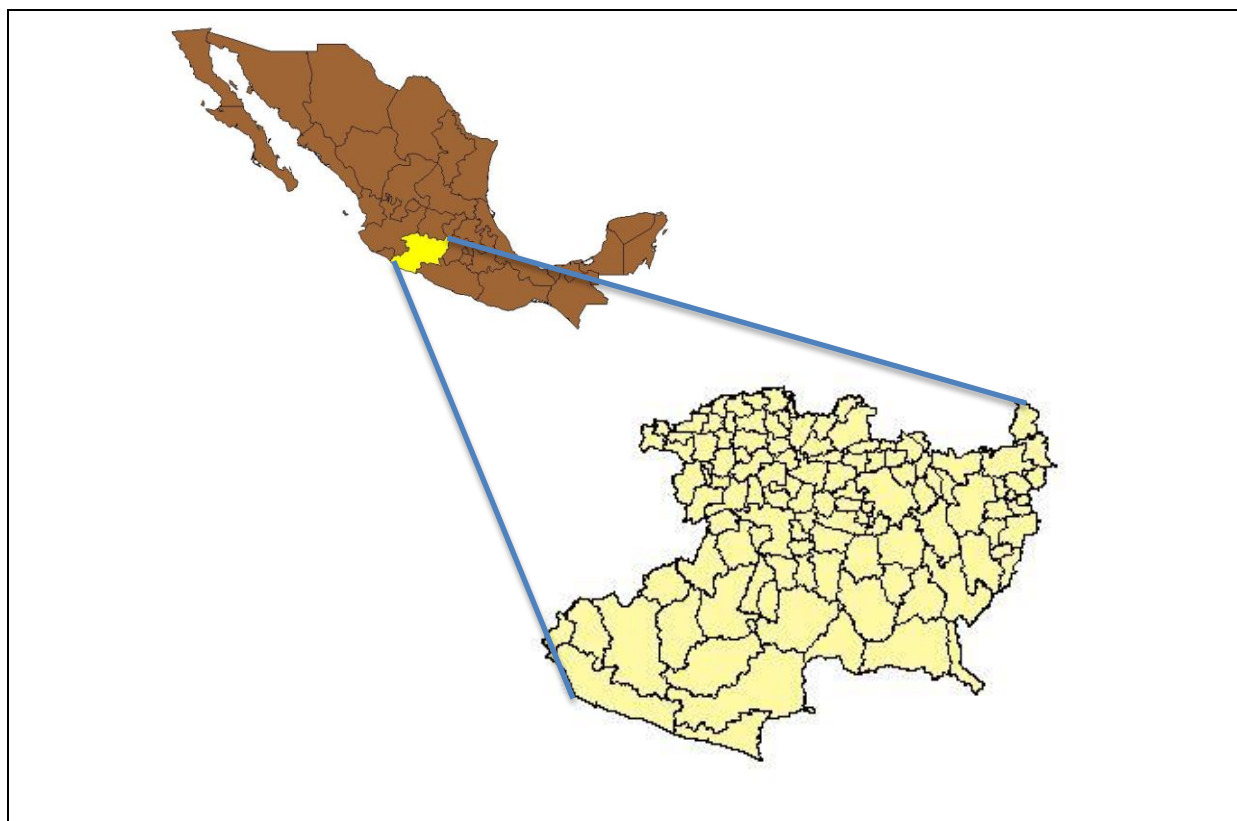
Algunas zonas en Michoacán han sido afectadas por variaciones en el clima, situación que ha impactado la economía regional, en 2013 los fenómenos hidrometeorológicos Ingrid y Manuel representaron una pérdida económica de 75 mil millones de pesos (ONU, 2013). En tanto en el caso de las “lluvias atípicas” en Angangueo en febrero de 2010 implicaron costos

de remediación por parte del gobierno estatal y el gobierno federal, en el que se superaron los 450 millones de pesos (Sánchez, 2012). Si bien se trata de un problema global, el cambio climático tiene repercusiones importantes en los sectores económicos a escala regional. En este sentido es necesario valorar y estimar las consecuencias a escalas regional y local, desde los escenarios de cambio climático propuestos por el PICC.

III. ÁREA DE ESTUDIO: ESTADO DE MICHOACÁN Y LA IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA

Con una población ligeramente superior a los 4.3 millones de personas y organizado en 113 municipios y diez regiones. Situado en el Centro – Occidente de México el estado de Michoacán tiene una superficie de 54 mil km² y es atravesado por el Eje Neovolcánico Transmexicano y la Sierra Madre Occidental; a la vez que se encuentra entre dos regiones biogeográficas: Neártica y Neotropical. Lo anterior genera las condiciones para que Michoacán tenga una amplia diversidad de paisajes, diversidad genética y diversidad de climas. Esto genera condiciones propicias para el desarrollo de la agricultura; misma que ocupa un lugar preponderante en la economía regional y nacional. Michoacán es de los estados que más aportan al PIB del sector primario en México. El valor que ha alcanzado de esta actividad se aproxima a los 30 mil millones de pesos, representando 10% del total nacional.

Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Michoacán, México.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2000.

Visto desde la producción en cantidad se generan ocho millones 777 mil 489 toneladas de productos, lo que coloca al estado en decimo lugar nacional con el 3.7% de la producción y el cuarto estado en importancia a nivel nacional por el valor de su producción total y 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). El éxito del cultivo de aguacate ha contribuido de manera notable al PIB agropecuario, aportando 37.4% en 2009, (SAGARPA, 2011).

Para que México se posicionara como el primer exportador de aguacate en el mundo, intervinieron varios factores y circunstancias, entre ellos el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica, el cual ayudó en la negociación para la colocación del aguacate con Estados Unidos después de la prohibición que se había impuesto para este producto desde 1914 y la

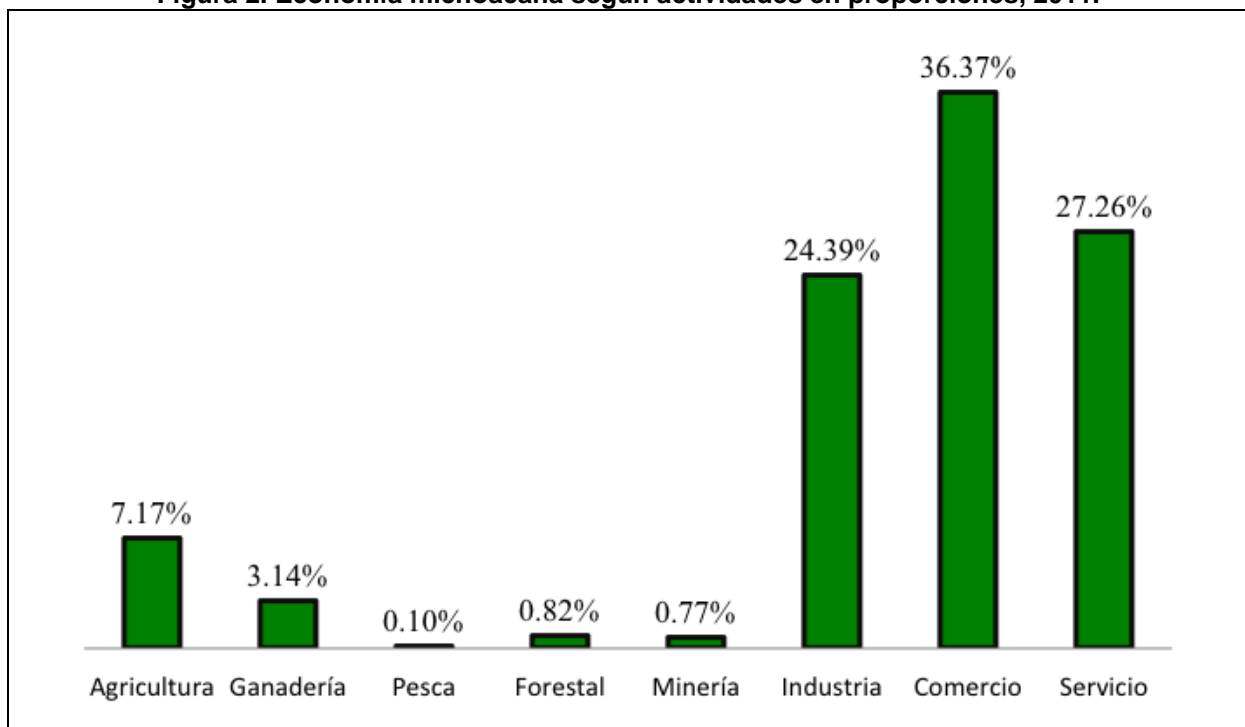
modificación de las leyes para la inversión extranjera, las cuales permitieron que se establecieran en Michoacán las principales exportadoras y comercializadoras de aguacate de Estados Unidos (Sánchez, 2007). Otro de los factores que ha fomentado la expansión del mercado del aguacate en los Estados Unidos son los programas de promoción que han sido efectivos (Carman, 2009).

El cultivo de aguacate para Michoacán se constituye como un elemento de vital importancia en términos de la actividad económica que se genera en torno al mismo. En 2010 se habían cuantificado 22 de los 113 municipios del estado que se encontraban produciendo y exportando aguacate (Gutiérrez-Contreras, *et. al.*, 2010). Por lo que se sospecha que el peso relativo en los impactos directos e indirectos hacia otras actividades económicas, así como la derrama económica y efectos multiplicadores debe ser significativo. Al respecto es de fundamental importancia conocer dichos impactos, tanto de manera descriptiva como cuantitativa. Debido a que el aguacate representa para Michoacán 37% del valor de la producción agrícola y el 10% de la superficie agrícola del territorio y 60% de la superficie de temporal, es uno de los cultivos que se consideran para el presente estudio.

Por otra parte el cultivo de maíz participa con 17% del valor de la producción estatal y abarca 44% de la superficie sembrada y cosechada. De estos 79% practican la actividad de temporal generando 59% del valor; en tanto que 20% cuentan con riego y participan con el restante 40% del valor. Además debido a que Michoacán en este cultivo a nivel nacional aporta 8% del total colocándose en el cuarto lugar detrás de Sinaloa, Jalisco y Estado de México, los cuales aportan en conjunto 38% valor de la producción nacional. Por lo anterior la agricultura se constituye como un sector estratégico, (en particular los cultivos mencionados), para el desarrollo y la estructuración de la economía michoacana, a la vez que dicho sector depende totalmente del clima, por lo que las variaciones del mismo lo ubican una situación de alta vulnerabilidad.

Aproximadamente 11% de la economía michoacana depende del sector primario en términos del PIB (véase la figura 2), a la vez que la propia agricultura detona otros sectores económicos relacionados con agroindustria, transporte y comercio; es decir tiene importantes efectos multiplicadores, sobre todo la agricultura de exportación. Algunos municipios situados en la franja aguacatera como Periban y Tancítaro tienen una participación económica de la agricultura superior al 50% de su economía. Dada la importancia de la agricultura para la economía es entonces trascendente la información sobre el grado de vulnerabilidad regional y municipal en Michoacán.

Figura 2. Economía michoacana según actividades en proporciones, 2011.



Fuente: elaboración propia con información de INEGI, 2012 y SIAP-SAGARPA, 2012.

IV. Método empleado para la medición de la vulnerabilidad

Para la medición de la vulnerabilidad en Michoacán se implementó una técnica de proporciones y estandarización de datos, a partir de la información oficial disponible en el Censo Ejidal del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 2007. Se emplearon nueve indicadores, ocho de ellos compuestos y uno directo, los cuales se describen en la tabla 1. Posteriormente se procedió a estandarizar la información a partir del cociente de la diferencia entre la el dato del municipio y la media estatal para cada uno de

los ítems. Por último la sumatoria de la estandarización por ítem se agrega a una sumatoria final, el indicador sobre calidad de la superficie se sustrae, de acuerdo con la ponderación de la tabla 1. Se obtiene la inversa y el resultado es un índice de vulnerabilidad agrícola, que permite comparar los municipios y regiones de Michoacán.

**Tabla 1. Indicadores de la medición del avance agrícola
 (inversa vulnerabilidad agrícola)**

Tecnicidad (+)	Riego (+)	Tracción (+)	Instalaciones (+)	Calidad de la superficie (+)	Financiamiento (+)	Diversificación productiva	Importancia de la agricultura en la economía municipal	Especialización agrícola
Fertilizantes químicos Semilla mejorada Abonos naturales Herbicidas químicos Insecticidas químicos Insecticidas orgánicos Quema controlada Otra tecnología	Usa riego No usa Riego	Mecánica No mecánica Solo herramientas manuales	Beneficiadora de café o cacao Deshidratadora Empacadora Seleccionadora Desfibradora Otras instalaciones	Ensalitrada Erosionada	Seguros Créditos	Índice de diversificación (Concentración de la economía en pocas actividades)	Proporción de la agricultura en el PIB	Índice de especialización económica

Fuente: Elaboración propia.

V. Resultados: vulnerabilidad de los productores agrícolas de Michoacán

Considerando solamente los indicadores compuestos, en el mapa 1, se puede apreciar en color más oscuro a los municipios con mayor vulnerabilidad agrícola y en color claro a los que presentan menor vulnerabilidad. Los municipios de Chinicuilá, Nocupétaro, Madero, Huiramba, Tzintzuntzan, Coahuayana, Juárez y Chucándiro; por mencionar algunos. En términos regionales, las regiones Sierra Costa y Tierra Caliente muestran los municipios más vulnerables. Seguido de la Región Meseta Purépecha y la Región Zacapu. Llama la atención el municipio de Huetamo que situado en la región de la Tierra Caliente mantiene una vulnerabilidad baja.

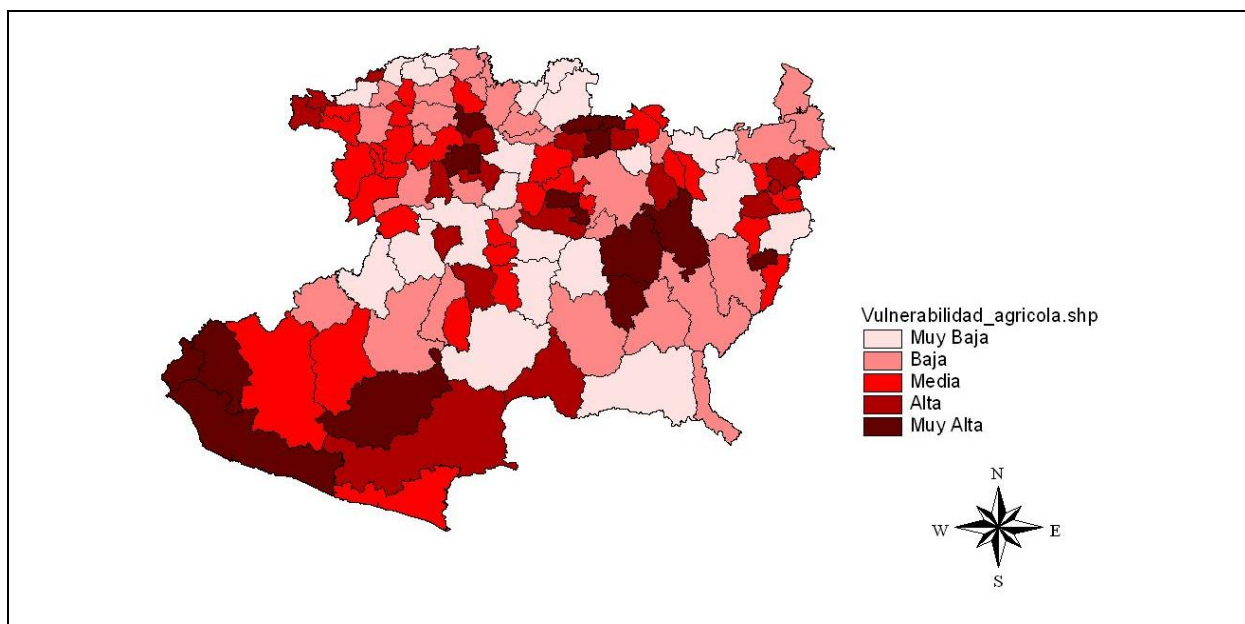
Tabla 2. Vulnerabilidad de los Productores Agrícolas (VPA)

Municipio	VPA	Municipio	VPA	Municipio	VPA
Chinicuilá	0.652	Lagunillas	0.589	Tuzantla	0.529
Nocupétaro	0.651	Tangancícuaro	0.588	Jacona	0.526
Huiramba	0.648	Indaparapeo	0.586	Morelia	0.526
Tzintzuntzan	0.647	Chavinda	0.585	Pajacuarán	0.525
Chucándiro	0.644	Quiroga	0.582	Carácuaro	0.524
Chilchota	0.643	Ziracuaretiro	0.581	Tingambato	0.523
Huandacareo	0.643	Churintzio	0.581	Piedad, La	0.517
Cojumatlán de R.	0.640	Arteaga	0.581	Turicato	0.517
Tlazazalca	0.640	Queréndaro	0.580	Zináparo	0.514
Coahuayana	0.636	Jiquilpan	0.578	Villamar	0.509
Madero	0.634	Coeneo	0.578	Reyes, Los	0.504
Juárez	0.633	Cuitzeo	0.575	Tiquicheo de Nicolás Romero	0.499
Tumbiscatío	0.631	Tlalpujahua	0.575	Penjamillo	0.496
Tzitzio	0.629	Angangueo	0.574	Alvaro Obregón	0.494
Morelos	0.627	Peribán	0.574	Jiménez	0.481
Pátzcuaro	0.619	Susupuato	0.573	Contepec	0.469
Purépero	0.619	Coalcomán de Vázquez Pallares	0.573	Maravatío	0.459
Briseñas	0.618	Irimbo	0.573	José Sixto Verduzco	0.457
Aguila	0.618	Nuevo Urecho	0.572	Angamacutiro	0.454
Tuxpan	0.617	Ecuandureo	0.571	Tanhuato	0.450
Charapan	0.617	Lázaro Cárdenas	0.569	Huacana, La	0.445
Gabriel Zamora	0.616	Tocumbo	0.568	Tancítaro	0.432
Santa Ana Maya	0.612	Parácuaro	0.556	Yurécuaro	0.430
Cherán	0.611	Taretan	0.556	Ario	0.428
Senguio	0.607	Acuitzio	0.555	Hidalgo	0.422
Churumuco	0.606	Múgica	0.551	Zacapu	0.418
Huaniqueo	0.606	Cotija	0.550	Nahuatzen	0.415
Ixtlán	0.606	Erongarícuaro	0.550	Venustiano Carranza	0.403
Marcos C.	0.605	Ocampo	0.549	Salvador Escalante	0.392
Copándaro	0.604	Tepalcatepec	0.548	Tarímbaro	0.390
Tingüindín	0.599	Numarán	0.545	Tacámbaro	0.386
Sahuayo	0.597	Zamora	0.544	Zinapécuaro	0.383
Aporo	0.596	San Lucas	0.541	Huetamo	0.382
Nuevo P.	0.595	Epitacio Huerta	0.537	Vista Hermosa	0.368
Tangamandapio	0.594	Paracho	0.537	Puruándiro	0.342
Aguililla	0.591	Apatzingán	0.534	Zitácuaro	0.335
Charo	0.590	Panindícuaro	0.531	Uruapan	0.320
		Jungapeo	0.530	Buenavista	0.285

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, 2007.

El indicador que en promedio incide más en la vulnerabilidad agrícola es la técnica, seguida de la disponibilidad de agua y el acceso a financiamiento. Aunado a este municipio se aprecia que Tarímbaro, Ario, Vista Hermosa, Venustiano C., Uruapan, Salvador E., Puruándiro y Buenavista entre otros que mantienen una baja vulnerabilidad agrícola. Se aprecia también una relación entre aquellos municipios que tienen una baja y muy baja vulnerabilidad con los municipios con agricultura de exportación y de elevada productividad y destino del mercado regional y nacional, como lo demuestran Ortiz, 2010, *et. al.*

Figura 3. Mapa de VPA en Michoacán, 2007.



Fuente: Elaboración propia con información de la tabla 2.

Por otro lado se puede apreciar que 22 municipios tienen una falta diversificación productiva, que a la vez se corresponde con más de 40% de participación de la agricultura en el PIB. En suma los municipios que combinan más de 0.5 en el VAP, falta de diversificación productiva y especialización relativa son los más vulnerables, entre los que se aprecian: Tancítaro, Tingüindín, Ecuandureo, Villamar, Peribán, Tzitzio, Nuevo Urecho, Juárez, Jungapeo, Salvador Escalante, Parácuaro, Ixtlán, Susupuato, Nuevo Parangaricutiro, Penjamillo, Ario, Coahuayana, Tanhuato, Senguio, Alvaro Obregón, Tangancícuaro y Contepec, (véase tabla 3). En la tabla 3, se aprecian en sombreado las variables que contribuyen al incremento de la vulnerabilidad, como son: falta de diversificación productiva, elevada participación agrícola en la economía y especialización agrícola.

Tabla 3. Complemento de la VAP. Vulnerabilidad de la economía municipal

Municipio	Idiv	Part. Agrícola en PIB	Esp.	Municipio	Idiv	Part. Agrícola en PIB	Esp.
Tancítaro	-0.93	85.91%	32.3	Tangamandapio	0.69	15.84%	3.6
Tingüindín	-0.49	66.13%	13.2	San Lucas	0.59	15.83%	3.2
Ecuandureo	-0.53	64.94%	15.7	Angamacutiro	0.58	15.76%	5.5
Villamar	-0.46	62.77%	18.0	Madero	0.35	15.65%	5.6
Peribán	-0.34	62.55%	21.2	Aporo	0.27	15.50%	3.4
Tzitzio	-1.00	56.33%	23.2	Tepalcatepec	0.50	15.30%	3.8
Nuevo Urecho	-0.76	56.19%	24.1	Zináparo	-0.10	14.91%	3.2
Juárez	-0.44	55.80%	21.9	Huetamo	0.51	14.79%	2.2
Jungapeo	-0.47	55.26%	19.4	Charapan	0.37	14.48%	2.8
Salvador E.	-0.26	54.35%	10.9	Huaniqueo	-0.22	14.32%	4.4
Parácuaro	-0.32	53.77%	19.9	Puruándiro	0.84	13.52%	2.8
Ixtlán	-0.53	53.56%	18.6	Irimbo	0.45	13.32%	1.8
Susupuato	-0.91	49.25%	21.2	Cotija	0.69	13.28%	2.5
Nuevo P.	-0.14	49.17%	10.9	Acuitzio	0.26	13.26%	3.0
Penjamillo	-0.33	47.70%	14.8	Churintzio	0.60	13.18%	2.9
Ario	0.01	47.17%	12.0	Chucándiro	0.23	12.59%	4.8
Coahuayana	-0.26	43.57%	13.6	Morelos	-0.04	12.39%	3.9
Tanhuato	-0.07	43.52%	12.2	Zinapécuaro	0.81	12.32%	2.1
Senguio	-0.25	42.36%	9.9	Tarímbaro	0.76	11.01%	2.1
Alvaro Obregón	-0.10	41.56%	9.8	Coeneo	0.15	10.38%	2.9
Tangancícuaro	0.14	41.28%	8.9	Chilchota	0.77	9.83%	1.2
Contepec	-0.27	40.35%	11.9	Tumbiscatío	-0.28	9.48%	3.9
Tuxpan	0.04	39.58%	9.9	Churumuco	0.27	9.38%	3.1
Epitacio Huerta	-0.38	38.72%	14.2	Huiramba	0.48	9.14%	2.7
Chinicuila	-0.95	38.04%	16.6	Tzintzuntzan	0.54	9.03%	0.9
Tingambato	0.13	37.92%	7.8	Ocampo	0.40	9.00%	2.1
Copándaro	-0.03	36.52%	12.0	Maravatío	0.96	8.84%	1.9
Tacámbaro	0.30	35.59%	9.0	Coalcomán	0.36	8.28%	2.1
Indaparapeo	-0.26	35.43%	6.1	Tiquiche	-0.35	8.24%	2.3
Pajacuarán	0.02	34.55%	9.2	Uruapan	1.02	7.77%	0.5
Chavinda	0.18	33.68%	8.1	Múgica	1.03	7.65%	1.7
Tocumbo	0.21	33.55%	6.9	Taretan	-0.56	7.35%	1.8
Turicato	-0.10	32.42%	9.4	Tlazazalca	0.27	7.17%	2.2
Venustiano C.	0.28	32.31%	7.2	Tlalpujagua	0.66	6.92%	0.9
Carácuaro	-0.46	31.91%	7.9	Nahuatzen	0.70	5.87%	1.1
José Sixto V.	0.31	30.81%	8.4	Anganguero	0.70	5.67%	0.6
Tuzantla	-0.23	30.57%	11.6	Jiquilpan	0.92	4.67%	0.5
Buenavista	0.36	29.73%	10.4	Jacona	0.93	4.63%	0.8
Briseñas	0.28	29.53%	5.5	Cherán	0.95	4.23%	0.8
S. Ana Maya	-0.02	29.03%	5.5	Apatzingán	1.09	4.18%	0.6
Panindícuaro	-0.06	28.61%	9.4	Zitácuaro	1.05	3.59%	0.5
Ziracuaretiro	-0.77	28.01%	9.3	Zamora	1.18	3.17%	0.4
Yurécuaro	0.29	26.04%	4.6	Lagunillas	-0.46	3.13%	0.8
Reyes, Los	0.65	24.60%	3.8	Huandacareo	0.09	3.06%	0.4
Cojumatlán	0.33	23.96%	7.9	Purépero	0.74	2.90%	0.2
Erongarícuaro	0.15	20.93%	2.9	Cuizeo	0.81	2.67%	0.4
Charo	-0.50	20.50%	3.5	Arteaga	0.46	2.26%	0.6
Gabriel Zamora	0.57	20.19%	6.3	Paracho	0.99	2.14%	0.2
Aguila	-0.30	19.95%	8.0	Quiroga	1.11	2.10%	0.1
Numarán	0.11	19.81%	5.2	Marcos C.	0.78	1.54%	0.2
Queréndaro	0.23	19.45%	4.4	Hidalgo	0.97	1.50%	0.1
Huacana, La	0.34	18.29%	5.0	Sahuayo	1.20	1.43%	0.1
Jiménez	0.00	16.91%	4.6	Zacapu	0.93	1.22%	0.1
Vista Hermosa	-0.47	16.74%	4.0	Pátzcuaro	1.15	0.94%	0.1
Nocupétaro	-0.37	16.59%	5.0	La Piedad	0.99	0.73%	0.0
Aguililla	0.32	16.25%	4.8	Lázaro C.	0.88	0.36%	0.0
				Morelia	1.37	0.07%	0.0

Fuente: Ortiz, 2015.

V. Conclusiones

El cambio climático plantea una serie de retos, unos de los sectores que se estima tendrá mayores consecuencias en la agricultura y con ello incluso la seguridad alimentaria. La agricultura en Michoacán es un sector estratégico para la economía; es por ello que es importante identificar que tan vulnerable es el sector ante efectos externos como el cambio climático.

El presente estudio cuantifica la vulnerabilidad de los productores agrícolas a partir de la información disponible por el Censo Agrícola y Ejidal realizado en 2007. Se emplearon nueve indicadores.

Se aprecia que más de 60% del territorio michoacano se encuentra en condiciones de vulnerabilidad media, alta o muy alta. Esta situación plantea que es necesario tomar medidas que mitiguen la vulnerabilidad y fortalezcan las capacidades municipales tanto en aspectos técnicos, tecnológicos, disponibilidad de agua y acceso a financiamiento.

El indicador de tecnicidad fue el que en promedio incide más en VAP, seguida de la disponibilidad de agua y el acceso a financiamiento. El indicador de la calidad del suelo tiene un efecto inverso por lo que se sustrae del resultado final.

El cambio climático representa una amenaza para la mayor parte de los escenarios propuestos por el PICC, es por ello que conocer los niveles de vulnerabilidad ayuda a identificar las regiones de atención prioritaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial.** (24/09 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, 2007. Censo Agrícola y Ejidal. Disponible en la web: www.inegi.gob.mx. Consulta mayo de 2007.

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.

Ortiz, P. C. F. (2015). Vulnerabilidad agrícola y cambio climático en Michoacán. Informe de investigación. *MIMEO*.

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.