

# PROYECCIÓN DEL EFECTO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE TEMPORAL DE LA REGIÓN TIERRA CALIENTE DE MICHOACÁN AL 2025

*Alba María Ortega Gómez<sup>1</sup>*

*Carlos Francisco Ortiz Paniagua<sup>2</sup>*

*Priscila Ortega Gómez<sup>3</sup>*

## RESUMEN

El cambio climático se estima que tendría efectos en la economía global, en el mejor de los escenarios la economía del cambio climático plantea una pérdida equivalente al 4% del PIB mundial (Stern, 2007). Bajo este contexto, se presenta un modelo de costos económicos prospectivo que estima las pérdidas económicas para la producción agrícola de temporal, bajo los escenarios de cambio climático regionalizados a la Región de Tierra Caliente de Michoacán al 2025.

El modelo de costos parte de una línea base, con crecimiento el 2% anual en el valor de la producción anual. Los resultados muestran una pérdida atribuible al cambio climático de 530 millones de pesos para los próximos 10 años. Al respecto, Huetamo es el municipio con mayores pérdidas económicas, mientras que Madero y Tacámbaro son los que presentarán mayor incremento en la temperatura de acuerdo con las proyecciones de los escenarios de cambio climático.

**PALABRAS CLAVE:** Cambio climático, Costos económicos, Proyecciones

---

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias del Desarrollo Regional, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. E-mail: [albaortegag@gmail.com](mailto:albaortegag@gmail.com).

<sup>2</sup> Doctor 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. E-mail: [cfortiz@umich.mx](mailto:cfortiz@umich.mx).

<sup>3</sup> Doctora en Ciencias en Negocios Internacionales, Profesora Investigadora de Tiempo Completo de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. E-mail: [prisog@hotmail.com](mailto:prisog@hotmail.com).

## **Introducción**

El cambio climático, independientemente de su origen, hoy en día se plantea como un fenómeno que forma parte de nuestra vida diaria. En los últimos años se han intensificado diversos fenómenos hidrometeorológicos (temperaturas máximas históricas, intensificación de huracanes, lluvias torrenciales, sequías prolongadas, etc.), mismos que plantean escenarios de desastres y pérdidas económicas en la población. La alarma causada por la intensificación de los fenómenos hidrometeorológicos, ha puesto de manifiesto la necesidad de proyectar y dilucidar los efectos negativos para la población para emprender las acciones que permitan desarrollar capacidades estratégicas para la adaptación a las condiciones climáticas cambiantes (PECC, 2012).

La intensificación de las sequía asociadas al fenómeno del cambio climático plantea un enorme desafío para la Región Tierra Caliente de Michoacán, con implicaciones en el ámbito social, económico y ambiental debido a la relación que guarda la producción agrícola de temporal con la regularidad de la precipitación pluvial en la Región. La economía del cambio climático plantea que las proyecciones de los efectos físicos del cambio climático deben ser determinados en términos monetarios de tal manera dé una idea más real de lo que puede significar el aumento o disminución de la temperatura y la precipitación.

Las implicaciones del cambio climático en la agricultura apuntan hacia la disminución de la disponibilidad de agua que influye directamente en el rendimiento de los cultivos, e indirectamente en un posible agravamiento de la situación en cuanto a las enfermedades, las plagas, y en el nivel máximo de tolerancia de temperatura. Donde predomina la producción agrícola de temporal se proyecta una disminución en el rendimientos de los cultivos, lo cual podría resultar también afectada la subsistencia de poblaciones que viven de la agricultura y del pastoreo, misma que constituyen una gran parte de la población rural en algunas regiones de

México, lo cual 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 los cultivos (Conde et al., 2004).

### **I. El cambio climático: natural o antropogénico**

Desde su origen, el planeta ha estado en permanente cambio, tal como lo evidencian las denominadas eras geológicas, con grandes transformaciones en la conformación del planeta, y la evolución de las especies desde que la vida apareció en la Tierra, incluso muchos de los cambios más importante en la biosfera han estado forzados por organismos, como fue el paso de una biosfera pobre en oxígeno y con alta irradiación ultravioleta a una biosfera con un 21% de oxígeno y una capa de ozono que filtra los rayos ultravioleta, consecuencia el desarrollo de la fotosíntesis en bacterias (Duarte et al., 2006).

A lo largo de los 4.600 millones de años de historia de la Tierra las fluctuaciones climáticas han sido muy grandes. En algunas épocas el clima ha sido cálido y en otras frío y a veces, se ha pasado abruptamente de unas situaciones a otras. Así, por ejemplo: algunas épocas de la Era Mesozoica (225 - 65 millones años BP) han sido de las más cálidas que se han registrado. En ellas la temperatura media de la Tierra era unos 5 °C más alta que la actual; en los relativamente recientes últimos 1,8 millones de años, ha habido extensas glaciaciones alternándose con épocas de clima más benigno, similar al actual. A estas épocas se les llama interglaciaciones (Echarri, 1998).

La diferencia de temperaturas medias de la Tierra entre una época glacial y otra como la actual es de sólo unos 5 °C o 6 °C. Diferencias tan pequeñas en la temperatura media del planeta son suficientes para pasar de un clima con grandes casquetes glaciares extendidos por toda la Tierra a otra como la actual. Así se entiende que modificaciones relativamente pequeñas en la

atmósfera, que cambiaran la temperatura media unos 2°C o °C podrían originar transformaciones importantes y rápidas en el clima y afectar de forma muy importante a la Tierra y a nuestro sistema de vida (Echarri, op. cit., 1998).

Aunque el cambio climático ha formado parte de la historia geológica de la Tierra el acelerado proceso de cambio climático que se ha experimentado en los últimos siglos, no obedecen a causas naturales; en principio, la rapidez con la que este cambio está teniendo lugar, con incrementos considerables en las emisiones de CO<sub>2</sub> en espacios de tiempo geológico tan cortos para la evolución del planeta como décadas; y en segundo lugar, el hecho de que una única especie, el *Homo sapiens sapiens*, es el motor de todos estos cambios generados (Crutzen & Stoermer, 2000).

## **II. Impactos proyectados del Cambio climático**

Los reportes científicos y técnicos del cambio climático y sus impactos han sido realizadas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés): a partir del primer reporte del IPCC en 1990, se siguieron realizando diversos trabajos que han demostrado que cambio climático global afectará el funcionamiento de muchos ecosistemas y de las especies que los integran con impactos sobre la salud humana. Al principio, el cambio climático puede llegar a ser beneficioso para algunas zonas, como es la reducción del pico invernal de mortalidad por inviernos más suaves en los países templados, no obstante, las repercusiones serán, en general, adversas y afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables (OMS, 2008).

### **Impactos en la salud**

Los impactos del cambio climático en la salud humana se manifiestan de manera directa, como resultado de la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, al producir pérdidas

de vidas y lesiones de distinta naturaleza y severidad, emergencia o por enfermedades no controladas, el desarrollo de nuevas enfermedades, y el incremento en la incidencia y prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores, donde la sequía, proporciona las condiciones óptimas para la proliferación de enfermedades, tales como, dengue, chikungunya, cólera, enfermedades infecciosas (Riojas, et al., 2010).

Respecto a los daños en la salud en las ciudades, existen evidencias de agravios por la exposición al O<sub>3</sub> en niños y adultos mayores, como resultado de la alta estacionalidad anual de este contaminante con valores más altos en los meses cálidos y su patrón diario con picos importantes durante las horas de irradiación solar, es probable que el incremento de la temperatura aumente su producción y por ende sus efectos en la salud.

Otro aspecto son las afectaciones directas sobre la salud debido las inundaciones, sequías e incendios, con la consiguiente perturbación de los sistemas de suministro de agua y alimentos. La frecuencia de los golpes de calor, deterioro de la calidad del aire, (en particular por la contaminación de ozono), aumenta la prevalencia del asma y las infecciones respiratorias, el número de ingresos hospitalarios y los días de baja laboral y escolar (Ferrer & Escalante, 2009). El impacto sanitario será desproporcionadamente mayor en las poblaciones vulnerables globalmente. Los países de ingresos bajos y las zonas caracterizadas por una desnutrición generalizada, una educación deficiente y la precariedad de las infraestructuras son los que más dificultades tendrán para adaptarse al cambio climático y a los riesgos conexos para la salud (IPCC, 2001). No obstante, la vulnerabilidad de la población depende de la geografía, (IPCC, 2014).

En particular para México, la proliferación de enfermedades propagadas por vectores portadores de enfermedades como mosquitos y garrapatas, representa una de las principales

amenazas a la salud de la población, ocasionados por los cambios en los hábitats y las condiciones climáticas que favorecen la reproducción de los vectores, a los hospederos donde viven y a los movimientos y crecimiento de la población humana (OMS, 2008). Una muestra de lo anterior, lo constituye el la proliferación de insectos vectores de enfermedades como el dengue y la chikungunya que obedece al incremento de la temperatura y largos períodos de sequía (Fischer et al., 2014; Medlock & Leach, 2015).

### **Impactos sobre el agua y la biodiversidad**

Se considera que el sector hídrico es uno de los más vulnerables al cambio climático; los aumentos en evapotranspiración, resultado del calentamiento del planeta, reducirán la disponibilidad de agua a la vez que serán mayores las demandas por el recurso. Dicha condición tenderá a afectar principalmente a los más pobres y es predecible que resulte en graves conflictos sociales. Por un lado, el aumento de las temperaturas y de la intensidad en la precipitación, así como los cambios en el ciclo hidrológico en general, exacerban muchas formas de contaminación del agua, lo que impacta en los ecosistemas, la salud humana, la fiabilidad de los sistemas hídricos y los costos de operación (Martínez & Aguilar 2008).

El cambio climático incrementará la pérdida de biodiversidad y con ello la disminución en muchos de los servicios ecosistémicos, lo cual repercutirá en los sistemas productivos. Situación que repercutiría en la seguridad alimentaria, así como reducción en la cantidad de especies de valor farmacéutico o cultural (por ejemplo, especies de importancia etnobotánica) (Moreno & Urbina 2008).

### **Impactos en la economía**

Las incidencias del cambio climático para el desarrollo el informe Stern (2007) las detalla cómo: una mayor cantidad de desastres en los países en desarrollo, que pueden alcanzar 5% del PIB

(Stern, 2007:104). La premisa se fundamenta precisamente en que los países con mayor PIB en el planeta, tienen menos participación en actividades primarias, mismas que son más vulnerables a los efectos climáticos. En el mismo sentido, los riesgos se plantean en términos del aumento promedio en la temperatura global, que puede alcanzar 3 °C, con implicaciones de hasta 3% en el PIB; o bien 5 °C, con implicaciones entre 5% y 10% del PIB global, con mayores costos para los países en desarrollo (Stern, 2007:161), como son: reducción en el acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud y medio ambiente.

Además de las afectaciones sociales, el cambio climático podría resultar en cambios determinantes en la economía mexicana. Las consecuencias económicas del cambio climático para México variarán de una región a otra. En el corto plazo, algunas comunidades podrían experimentar algunas ganancias, sin embargo, a largo plazo los efectos negativos probablemente sobrepasarán a los positivos. Se calcula que para el 2100, el costo del cambio climático podría fluctuar entre el 6% y 30% del PIB, siendo las comunidades rurales las más afectadas (Galindo, 2010).

Los impactos del cambio climático también pueden observarse en incremento de las desigualdades en la distribución de: acceso a recursos y del ingreso; creando nuevas dinámicas de ganadores y perdedores, polarizando y profundizando la pobreza y la ingobernabilidad. Otros estudios muestran un impacto significativo de los desastres naturales, especialmente inundaciones y sequías, lo cual reduce el Índice de Desarrollo Humano (IDH) y aumenta los niveles de pobreza en México. El impacto del IDH es similar a un retroceso de dos años en el desarrollo para las áreas afectadas. Es más probable que los impactos económicos del cambio climático se sientan en términos de escasez de bienes y servicios, y en las implicaciones adversas sobre la energía, el transporte y la infraestructura. La agricultura y la industria también

son dependientes de los servicios ecosistémicos, los cuales se calcula que disminuirán durante los próximos veinte años, encareciendo la producción y la manufactura.

### **III. La Región Tierra Caliente de Michoacán (RTC)**

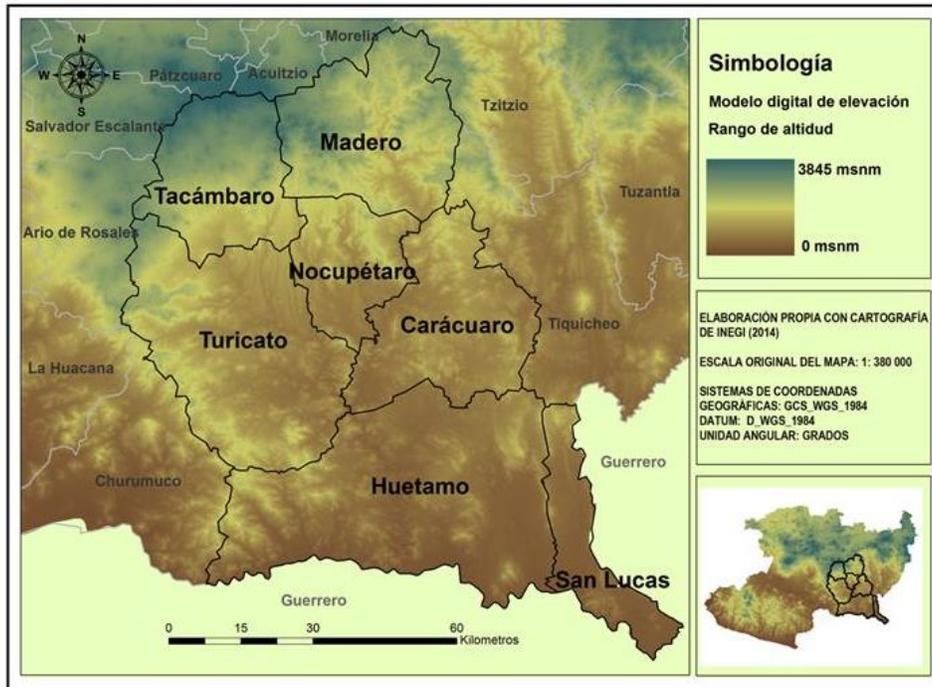
La Región VIII, Tierra Caliente, se ubica en la zona sureste del Estado de Michoacán y se localiza entre las coordenadas 18° 25' y 19° 33' Latitud Norte y entre 100° 40' y 101° 50' de Longitud Oeste, la conforman los municipios de Carácuaro, Huetamo, Madero, Nocupétaro, San Lucas, Tacámbaro y Turicato. Colinda con el estado de Guerrero al Sur, y las regiones Oriente, Cuitzeo, Pátzcuaro-Zirahuén e Infiernillo; tiene una superficie de 7,341.31 km<sup>2</sup>, ocupa el cuarto lugar en superficie, lo que representa el 12.5% de la extensión del territorio estatal.

#### **Características físicas de la RTC**

Los municipios de Carácuaro, Huetamo, San Lucas y Nocupétaro corresponden a la parte más cálida de la RTC, mientras que Tacámbaro y Madero presentan ambientes templados. La figura 1 muestra el gradiente altitudinal de los municipios de la RTC donde es posible observar altitudes que van desde los 2,900 msnm en los bosques templados de Madero y Tacámbaro hasta los 200 msnm de las selvas bajas caducifolias de Huetamo.

Aunque una gran parte del territorio de la RTC está formado por montañas, sierras altas complejas con lomeríos, sierras volcánicas de laderas tendidas y sierras de cumbres tendidas, también existen mesetas de aluvión y basálticas con cañadas, valles ramificados y llanuras. La RTC cuenta con una orografía accidentada, aunque con valles y llanos que le permiten contar con suelos aptos para el desarrollo de actividades agropecuarias.

**Figura 1. Municipios de la Región Tierra Caliente**



Fuente: Elaboración propia con cartografía de INEGI, 2013.

### **Caracterización Climática**

Las clasificaciones climáticas agrupan características relacionadas con las condiciones atmosféricas más importantes para entender la distribución de los seres vivos y, por otro lado, la disponibilidad o limitación de éstos como recursos naturales para el ser humano. Los elementos climáticos más estudiados son, por lo regular, la temperatura y la precipitación pluvial. A través de las clasificaciones climáticas se describe el comportamiento de estos elementos a lo largo del año, comparando unas regiones con otras. La descripción del clima de una zona o región sintetiza en forma de letras o siglas sus características más importantes (Orellana et al., 2009). En 1965, Enriqueta García adaptó para las condiciones de México la clasificación mundial de Wilhelm Köppen; esta clasificación ha recibido el denominativo de sistema de Köppen modificado por García y ha sido usado oficialmente en el país, cuyos mapas a varias escalas han sido publicados por el actual INEGI y la CONABIO (García, 1965).

## **Uso de suelo y vegetación de la Región tierra Caliente**

La Región tiene un uso de suelo principalmente agrícola, el 20.1% de la superficie total de la región. En segundo término se ubica la superficie de selva y cerca la destinada a pastizal con 15.6% y 15.1%, respectivamente. Mientras que el bosque de pino, encino y mixto, sólo ocupa el 13.2% de territorio de la Región.

La superficie destinada a la agricultura en la RTC, fue de 147 mil hectáreas, 18.3% cuenta con riego, 45% están fertilizadas, 29% aplica semilla mejorada, 14% recibe asistencia técnica y 32% cuenta con mecanización (INEGI, 2008). En relación a los cultivos principales, hay cierta disparidad regional, como se aprecia en el municipio de Tacámbaro que se cultiva el 93% del aguacate de la región y representa más del 70% del valor de la producción de perennes. La caña de azúcar se cultiva en Tacámbaro (70%) y Turicato (30%), producto que aporta 20% del valor de la producción total de perennes en el Estado (SIAP-SAGARPA, 2016).

En el mismo sentido, en el municipio de Huetamo produce sorgo forrajero verde, melón y maíz. En San Lucas se produce mango, melón, sorgo de grano y maíz. En Carácuaro y Nocupétaro se produce Maíz, sorgo de grano y pastos utilizados principalmente para alimentar el ganado y en el municipio de Madero se produce agave, maíz y aguacate.

## **IV. Métodos**

### **Escenarios de Cambio Climático**

Se parte de tomar los escenarios de Cambio Climático, A2 y A1B a partir de los pixeles propuestos por el IPCC, 2007. Para proyectar la climatología bajo escenarios en la RTC, se emplearon las características climáticas históricas de la región de estudio para lo que se realizó un análisis espacial y temporal de la información. Se empleó la base de datos de la climatológica nacional del CLICOM (*Climatic Computing Project*). El primer paso consistió en

seleccionar las estaciones con mayor calidad de información, de 20 estaciones revisadas solo nueve pasaron las pruebas de calidad, que se fundamentaron en los siguientes criterios: 1) longitud de la serie; mínimo 30 años de información; 2) 95% o más de los datos disponibles y 3) verificación de los *outlayers* y congruencia de los registros de temperatura y precipitación, cruzando información entre estaciones cercanas y consultado fuentes secundarias, como hemerografía que reportase anomalías. Las estaciones climatológicas seleccionadas se ubicaron en los municipios de Madero, Tacámbaro, Huetamo y Turicato.

Para el tratamiento de los datos, en primer lugar, se realizó el control de calidad de los mismos, conservando el mismo formato estándar de escritura para todas las estaciones climatológicas; posteriormente, se proyectaron los escenarios de cambio climático de las temperaturas máxima y mínima, utilizando la aplicación LARS-GW (*Long Ashton Research Station Weather Generator*). LARS-GW es un generador estocástico de tiempo meteorológico empleado para generar escenarios de cambio climático a escala regional con información diaria, bajo condiciones de clima presente y futuro (Semenov & Barrow, 2002); genera datos diarios de tiempo de un sitio particular con las mismas características estadísticas de la serie real de la estación (Semenov et al., 1998). De acuerdo con Semenov y Stratonovitch (2010), LARS-WG utiliza una Distribución Semi-Empírica (SED por sus siglas en inglés) para aproximarse a las distribuciones de probabilidad de las series secas y húmedas, precipitación diaria, temperaturas mínima y máxima y la radiación solar donde la SED se define como la función de distribución de probabilidad acumulativa.

Para cada variable climática ( $v$ ), un valor de la variable climática  $v_i$  correspondiente a la probabilidad  $p_i$  y se calcula de la siguiente forma:  $v_i = \min \{v: P(\text{vobs} \leq v) \geq p_i\}$   $i = 0, \dots, n$ . Donde "P" denota la probabilidad basada en los datos observados  $\{\text{vobs}\}$ . Para cada variable climática, los valores  $p_0$  y  $p_n$  se fijan como  $p_0=0$  y  $p_n=1$ , con valores correspondientes de

$v_0 = \min \{v_{obs}\}$  y  $v_n = \max \{v_{obs}\}$ . Para aproximar los valores extremos de una variable climática con precisión, LARS-GW asigna algunos  $p_i$  como 0 para los valores extremadamente bajos y, 1 para los valores más altos; los valores restantes de  $p_i$  se distribuyen uniformemente en la escala de probabilidad.

### **Modelo de costos económicos de la agricultura de temporal**

Al hablar de los costos atribuibles al del cambio climático, es necesario partir de la revisión del Informe Stern (2007), sobre la economía del cambio climático quien aborda la problemática desde una escala global. El principal aporte Informe Stern fue que el costo de actuar para reducir los impactos del cambio climático es menor que el costo de la inacción. Esta conclusión deriva de un análisis detallado del potencial, de los impactos del cambio climático y del conocimiento de las respuestas de mitigación y adaptación.

En México, la referencia sobre los costos del cambio climático es el trabajo coordinado por el Dr. Luis Miguel Galindo llamado "La Economía del Cambio Climático en México" , donde realizaron una estimación fundamentada en los posibles costos económicos que el cambio climático generará para nuestro país, en especial para aquellos sectores de la población que, por su condición de pobreza, son los más vulnerables.

En el presente estudio los eventos climatológicos extremos, principalmente la sequía, figuran como la principal amenaza en la producción agrícola tanto de riego como de temporal; partimos de la idea de que es posible cuantificar las pérdidas económicas de la producción agrícola de temporal a partir de los datos disponibles del periodo 2003-2015, bajo los siguientes supuestos que se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Supuestos para la estimación los costos agrícolas atribuibles a cambio climático**

1) Los escenarios de cambio climático del IPCC son el punto de referencia; basados en modelos de circulación general de la atmósfera indican un aumento de temperatura y una reducción de la precipitación a futuro, lo cual se comprobó con los resultados de los escenarios climáticos regionales de la presente investigación.	
2) Hay una tasa de crecimiento promedio de la actividad agrícola que se mantiene constante al 4%.	8) La proyección económica para el escenario base toma como punto de partida los datos sobre la producción agrícola de temporal por municipio, disponibles en el SIAP-SAGARPA, del período 2003-2015.
3) No hay mejoras tecnológicas en la producción, lo que implica que no se desarrollan procesos de reducción de los costos mediante mecanismos de innovación.	10) No se consideraron las condiciones fenológicas de los cultivos considerados en el modelo.
4) Las pérdidas económicas de la producción agrícola de temporal son atribuibles al cambio climático.	11) Se mantiene el promedio de superficie agrícola de temporal y riego en la misma proporción que la actual.
5) La región no determina los precios del mercado, sino que se ajusta a los precios del mercado internacional.	12) El impacto económico del cambio climático se mide por la reducción de la producción agrícola de temporal.
6) Se mantienen comportamientos habituales en cuanto a las prácticas agrícolas entre los productores agrícolas de temporal.	13) Debido a la disponibilidad de información se trazó la línea base de la producción agrícola de 2003 al 2025
7) Las tasas anuales de crecimiento poblacional es constante al 0.62%.	14) La variabilidad climática en la región manifestada en los últimos 87 años (1923-2010) fue la referencia para el escenario 2025 propuesto en el presente modelo.

Fuente: Presente estudio.

Bajo estos supuestos, los pasos para el cálculo de los costos atribuibles al cambio climático, fueron los siguientes:

- 1) Se estimó una línea base de producción agrícola de temporal 2003-2015 sin siniestro a precios reales de año 2000 (INPC 2000 = 100). Posteriormente se sumó el valor de la producción siniestrado atribuido al cambio climático.
- 2) Se calculó la tasa de crecimiento de la producción agrícola de temporal 2010-2015 de la línea base sin siniestro y se agregó el factor de crecimiento de 2%, correspondiente al crecimiento promedio y con ello se estimó el crecimiento 2016-2025.
- 3) Se estimó una proporción promedio del valor siniestrado de 2010 a 2015 (11.2%) para proyectar las pérdidas de los siniestros futuro (2016-2025).

- 4) Se estimó la proporción que representaría el siniestro con la tasa promedio de valor siniestrado multiplicada por la línea base
- 5) Se calibró la estimación con el promedio del valor siniestrado de 2003-2015 a una desviación estándar del porcentaje de la proporción siniestrada, lo cual representa una diferencia del 18% entre el valor real y el valor estimado, dicha diferencia se aplica a la estimación 2015-2025 obteniendo el rango antes mencionado.
- 6) Los costos económicos del cambio climático en la agricultura de temporal para los siguientes diez años, se sumaron al promedio del valor siniestrado.

## **V. Resultados**

La tabla 2, muestra los resultados de los escenarios proyectados para la RTC, a partir de las diferencias de la media observada y la media proyectada bajo el escenario A2 (horizontes de tiempo 2025, 2050 y 2075). Se observa un aumento en la temperatura máxima y disminución de la temperatura mínima para la RTC. En particular bajo las condiciones del escenario A2 hacia el 2025, la variación en el promedio de las temperaturas máximas oscila entre 0.3 °C y 1.6 °C, en tanto que para 2050 habría 2.3 °C de diferencia con las temperaturas reportadas.

Los incrementos en la temperatura, ponen de manifiesto una variación regional en el clima, (variabilidad climática), por lo cual, se espera que los fenómenos meteorológicos se intensifiquen y sean más frecuentes. Esta situación plantea un aumento de los costos por siniestro agrícola, por lo que con fundamento en estos resultados se puede suponer que la situación en la RTC, la señal del cambio climático estaría presente para los próximos años. Bajo este contexto, se realiza la estimación de los costos por siniestro para los próximos años.

**Tabla 2. Escenario de Cambio Climático A2, variación para temperaturas máximas y mínimas en la RTC, 2025-2075**

Estaciones	Municipio	Escenario A2					
		2025		2050		2075	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min
16051 Huetamo	Huetamo	0.3	1.5	1.0	2.2	2	3.2
16059 La Caimanera*		0.5	1.3	1.2	2.0	2.2	2.9
16075 Los Pinzanes*		0.9	0.9	1.6	1.6	2.55	2.6
16133 Turicato	Turicato	0.5	0.4	1.2	1.0	2.2	2.0
16123 Tacámbaro	Tacámbaro	1.1	1.4	1.8	2.1	2.8	3.1
16109 San Diego C.	Madero	1.6	1.5	2.3	2.2	3.3	3.2
16049 Etúcuaro		0.6	0.4	1.3	1.1	2.3	2.1
16140 Villa Madero*		0.6	0.7	1.3	1.4	2.3	2.4
16139 Villa Madero		0.7	0.4	1.4	0.3	2.4	1.3

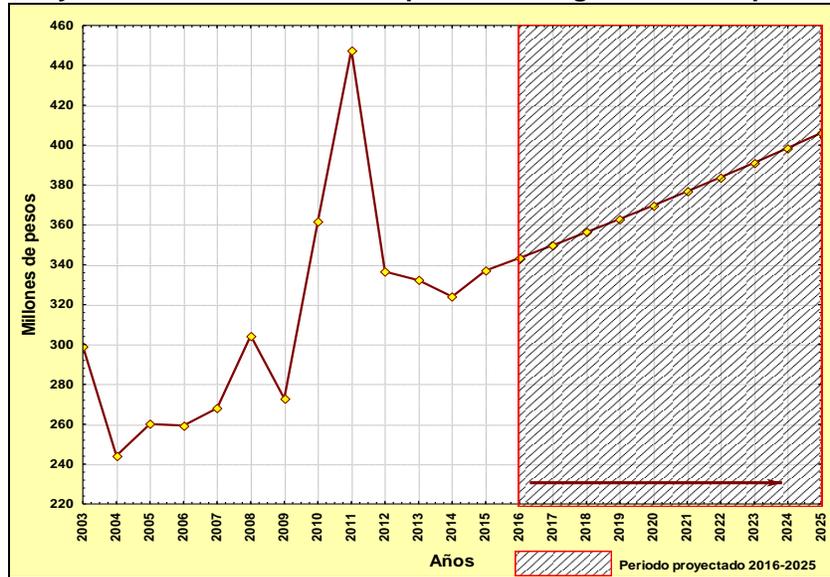
Fuente: Elaboración propia con datos de Ortega, 2017.

En la figura 2 se presenta la línea base de crecimiento de la producción agrícola de temporal 2003-2015, esto sería el comportamiento de la producción para diez años, bajo los supuestos enunciados en la metodología y la construcción del modelo.

En otras palabras, se eliminaría el efecto de los siniestros agrícolas. Una vez “calibrado el modelo” la estimación con el promedio del valor siniestrado de 2003-2015; (con una desviación estándar de la proporción siniestrada), esto fue 18% entre el valor real y el valor estimado. La estimación 2015-2025, se obtiene como se aprecia en la figura 2.

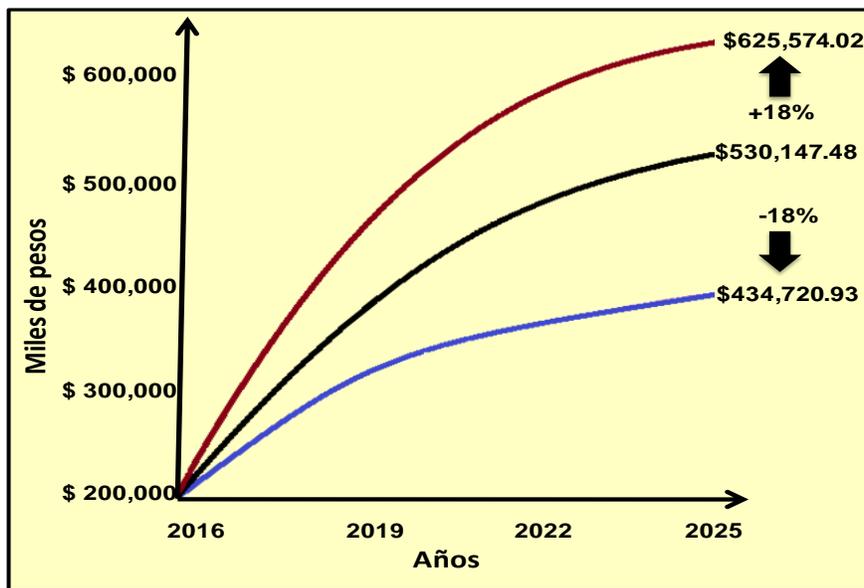
Por su parte en la figura 3 se presenta el valor del siniestro acumulado proyectados del 2016 al 2025; para la construcción del modelo, las pérdidas económicas estimadas por siniestros a precios reales del año 2000 (INPC 2000 = 100), es de \$530,147,480 pesos, con un intervalo de 18% superior a inferior.

Figura 2. Proyección de la línea base de producción agrícola de temporal 2016-2025



Fuente: Presente estudio. Con datos de SIAP, 2003-2015

Figura 3. Pérdidas económicas acumuladas (2016-2025) a precios del año 2000



Fuente: Presente estudio, con datos de SIAP, 2003-2015

## **VI. Conclusiones**

El Modelo de los costos de la producción agrícola de temporal del 2016-2025 de la RTC mostró las pérdidas económicas estimadas por siniestros a precios reales del año 2000 (INPC 2000 = 100) por una cantidad de \$530,147,480 pesos, agregando y restando una desviación estándar (18.02%), lo cual estaría afectando la agricultura como actividad económica y por ende, el bienestar social.

Para interpretar el modelo propuesto sobre los costos futuros de la producción agrícola de temporal atribuidos a los efectos del cambio climático deben ser dilucidado desde la economía del cambio climático de N. Stern (2007), quien plantea que los costos del cambio climático serán mayores en aquellos países y/o regiones cuya población, por su condición de pobreza, sean más vulnerables a los efectos cambio climático.

Lobell et al., (2008) proyectan una disminución del 5% en la producción de maíz de temporal para México por cada grado que aumente la temperatura, no obstante, en el presente estudio los escenarios de cambio climático muestran que Tacámbaro y Madero, presentan el mayor incremento de temperaturas máximas, mientras que Huetamo muestra valores de cambio más bajos.

En la RTC, los principales factores atribuibles al cambio climático que han ocasionado siniestros agrícolas y disminución en el rendimiento agrícola de temporal obedecen principalmente a los cambios en los ciclos de las cosechas provocados por los cambios en los patrones de temperatura y precipitación, al incremento en la tasa de erosión causada por la intensidad de las precipitaciones, la proliferación de enfermedades y plagas, de especies vegetales invasoras.

## REFERENCIAS

- Conde, C., Ferrer, R. M., Gay, C. & Araujo, R.** (2004). *Impactos del cambio climático en la agricultura en México*. En: *Cambio climático una visión desde México*. SEMARNAT-INE, 225-236.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A.F., Simón, R. & Valladares, F.** (2006). *Cambio global Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. (C. M. Duarte, Ed.) Madrid: Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.
- Echarri, P. L.** (1998). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Ed. Navarra: Teide. España.
- Galindo, L. M.** (2010). *La economía del cambio climático en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
- IPCC.** (2001). *Cambio climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Tercer informe de evaluación. Tercer informe de evaluación. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico. Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático [en línea]. Disponible en: <<http://www.ipcc.ch/pub/un/ipccwg2s.pdf>> (Consultado: 18 de junio de 2015).
- IPCC.** (2007). *Climate Change 2007. Cuarto Informe de Evaluación (AR4)*. Consulta de Base de datos en: [www.ipcc-data.org/](http://www.ipcc-data.org/)
- IPCC.** (2014). *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Summary for Policy Makers. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WG AR5 Phase I Report Launch. Yokohama, Japan.
- Martínez, P. & Aguilar A.** (2008). *Efectos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos de México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, (págs.11-21). Moreno, S. A. R. & Urbina S. J. (2008). *Impactos sociales del cambio climático en México*. INE-PNUD.71 pp.
- Orellana, R., Espadas, C., Conde, A. C. & Gay, G. C.** (2009) Atlas Escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán.

**Ortega, G. A. M.** (2017). Cambio Climático y Agricultura en la Región Tierra Caliente de Michoacán, Escenarios 2025-2075. Tesis de Doctorado en Ciencias del Desarrollo Regional. ININEE/UMSNH.

**Riojas, R. H., Hurtado, D. M., Brito, H. A. & Texcalac, S. J. L.** (2010). *Efecto de la temperatura sobre las admisiones hospitalarias pediátricas en la Ciudad de México de 2000 a 2002*. En: Ospina N. J. E., Gay G. C., Conde C., y Martínez M. A. Eds. *La Ciudad de México ante el cambio climático*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México-Universidad Nacional Autónoma de México.

**Stern, S. N.** (2007). *The economics of climate change: The Stern review*. Cambridge University Press. United Kingdom.

**Crutzen, P. J. & Stoermer, E. F.** (2000). The Anthropocene. *Global Change Newsletter*, (41), 12-13.

**Ferrer C. J. A., & Escalante S. R. I.** (2009). Contaminación atmosférica y efectos sobre la salud en la Zona Metropolitana del Valle de México. *Economía informa*, (360), 22-39.

**Lobell, D. B., Burke, M. B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M. D., Falcon, W. P. & Naylor, R. L.** (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science*, 31 (5863), 607-610.

**Pech, M. A., Moo LI. D. A., Puerto A. M. B., Casas M., Danis L. R., Ponce G., Ezequiel Tunku E., Pinto C. J. F., Villegas A., Ibáñez P. C. R., González C., Ramsey J. M.** (2016). Population genetics and ecological niche of invasive *Aedes albopictus* in Mexico. *Acta Tropical*, (157), 30–41.

**Fischer, D, Thomas, S. M., Neteler, M., Tjaden, N. B., Beierkuhnlein, C.** (2014). Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections: comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches. *Euro Surveill.* 19 (6). [en línea]. Disponible en: <<http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=20696>> (Consultado: 10 de mayo de 2016).

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

**Medlock, J. M. & A. Leach S. A.** (2015). Effect of climate change on vector-borne disease risk in the UK. Publicado en línea el 23 de Marzo de 2015. [en línea]. Disponible en: [www.thelancet.com/infection](http://www.thelancet.com/infection) (Consultado: 15 de noviembre de 2016).

**OMS.** (2008). *Informe sobre la salud en el mundo 2008*. Obtenido de: Organización Mundial de la Salud. [en línea]. Disponible en: [http://www.who.int/whr/2008/08\\_report\\_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/whr/2008/08_report_es.pdf?ua=1) (Consultado: 06 de marzo de 2014).

**PECC.** (2012). Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. Diario Oficial de la Federación. [en línea]. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009) (Consultado: 28 de enero de 2015).