

DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD.

INSTITUCIONES, GOBIERNOS Y SECTORES
ECONÓMICOS ESTRATÉGICOS

Hugo Amador Herrera Torres
René Colín Martínez
Hilda R. Guerrero García Rojas

Coordinadores

Tomo II

COLECCIÓN: DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD

Desarrollo y sustentabilidad.
Instituciones, gobiernos y sectores
económico estratégicos
Tomo II

Hugo Amador Herrera Torres
René Colín Martínez
Hilda R. Guerrero García Rojas
Coordinadores

Primera edición: 2023.

© D.R. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Santiago Tapia 403, Centro.
58000 Morelia, Michoacán, México.

ISBN: 978-607-542-277-0

ISBN OBRA COMPLETA: 978-607-542-275-6

Queda prohibido la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de autor, y en su caso, de los tratados internacionales aplicables, la persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones legales correspondientes.

Cada capítulo del libro fue dictaminado por dos expertos en el tema de acuerdo con las normas establecidas en la convocatoria. El Consejo Editorial de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, de igual manera, examinó el contenido del libro a través de pares académicos integrantes del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología y/o con la Distinción de Perfil Deseable de la Secretaría de Educación Pública.

Impreso y hecho en México.

Factores de deserción escolar en educación primaria en Michoacán. Análisis desde el desarrollo local	104
<i>Luis Armería Zavala</i> <i>Daniela Arias Torres</i>	
Vivienda sustentable, reflexiones desde las teorías del desarrollo local y del urbanismo sustentable. Caso México	132
<i>María de la Luz Zavala Villagómez</i>	
Segunda parte.	
Sectores económicos estratégicos y sustentabilidad	155
Seguridad hídrica en México. Aportaciones desde la Economía Circular e Innovación Transformadora.....	156
<i>Carmen Cecilia García Castillo</i> <i>Luis Alberto Seguí Amórtégui</i> <i>Hilda R. Guerrero García Rojas</i>	
Efectos del ecoturismo en la sustentabilidad de comunidades indígenas de la región Pátzcuaro-Zirahuén, Michoacán	180
<i>Ilse Gabriela Ortiz Galván</i> <i>René Colín Martínez</i> <i>María Carmen Mejía Argote</i>	
Cambio climático y seguridad energética: escenarios para la agroindustria de <i>berries</i> en Los Reyes, Michoacán.....	202
<i>Mayra Estela Aguirre Guzmán</i> <i>Hugo Amador Herrera Torres</i>	

Cambio climático y seguridad energética: escenarios para la agroindustria de *berries* en Los Reyes, Michoacán

Mayra Estela Aguirre Guzmán⁴³
Hugo Amador Herrera Torres⁴⁴

Introducción

La reducción del rendimiento agrícola puede entenderse en ciertas circunstancias como consecuencia de sequías, inundaciones o heladas, cuyos fenómenos se agudizan en virtud del calentamiento global; esta dinámica puede poner en riesgo el abastecimiento de la población, es decir su seguridad alimentaria y también sus fuentes de ingresos (Ortíz, Zamora, & Bonales, 2018), por lo que realizar estudios de variación de temperatura y precipitaciones de la tierra, resulta imperativo. Otro aspecto relevante que destaca, es la vulnerabilidad al cambio climático que conlleva la seguridad energética de cualquier región, y cuya vinculación con la agroindustria es de gran relevancia.

El calentamiento del sistema global es inequívoco (IPCC, 2013), y este aumento acelerado de la temperatura obedece a las emisiones producidas por la quema de combustibles fósiles, la cuales incrementan las concentraciones en la atmósfera, de los gases que producen el efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x) entre otros más (Molina, Sarukhán, & Carabias, 2017).

Hoy en día, con base en estudios del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se afirma que el origen de estas grandes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), son producto de la actividad humana, que en su mayoría emplea la quema de combustibles fósiles, por ejemplo: la producción de energía eléctrica y los medios de transporte, también aquellas actividades que generan esas emisiones como resultado de algunos procesos propios de la agricultura y la ganadería.

43. Alumna del DODESU, FE, UMSNH.

44. Profesor e Investigador, FE, UMSNH.

Estas actividades humanas han provocado un calentamiento global de 1 °C (con un rango probable de 0.8°C a 1.2°C) sobre el nivel preindustrial. Se estima, con un alto grado de confianza, que el calentamiento global llegue a 1.5°C entre 2030 y 2052 (IPCC, 2013). El IPCC, en su último informe, advierte que con un aumento de la temperatura media de la superficie mayor a 1°C, los impactos y riesgos debidos al cambio climático serán severos (IPCC, 2018). Las proyecciones indican que a medida que aumenta el calentamiento global aumentarán los riesgos de desastres ocasionados por eventos meteorológicos extremos.

Aproximadamente el 21% de la población del estado de Michoacán se emplea directamente del sector primario, el cual representa un porcentaje significativo de habitantes con vocación agrícola y forestal para el estado (Ortíz, Zamora, & Bonales, 2018). Por lo tanto, para Michoacán y sus regiones de cultivo, el cambio climático representa un alto índice de vulnerabilidad para todos y cada uno de los componentes que conforman a esta cadena productiva. De acuerdo con los últimos datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en su informe del año 2020, Michoacán está considerado como líder en la producción de *berries*, especialmente ocupa los primeros lugares en cuanto al cultivo de zarzamora y fresa.

De tal forma que, el objetivo del presente trabajo es realizar escenarios de variabilidad de temperatura y precipitación para el municipio de Los Reyes, Michoacán, el cual está considerado como líder productor de zarzamora y cuya dinámica en este cultivo propicio la instalación de agroindustrias para el procesamiento de esta frutilla, así como para su exportación derivado de su alta demanda en el extranjero, en este sentido, el estudio de escenarios de cambio climático también propicia el análisis del concepto de seguridad energética, donde los paros en los suministros de electricidad a consecuencia de desastres naturales paralizan los procesos productivos de cualquier ente económico, paradójicamente persiste en nuestro país y en el mundo la producción de energía eléctrica a través de la quema de combustibles fósiles, lo cual es uno de los detonantes de cambio climático.

Por otro lado, la producción de energía eléctrica de manera convencional (a través de la quema de combustibles fósiles) también contribuye al cambio climático, con base en Embid & Martín (2017),

la producción de energía eléctrica y de calor contribuye con el 27% al total de las emisiones de GEI a nuestra atmósfera. La producción de energía eléctrica está inmersa en casi todos los procesos de la actividad humana, aplica en este caso para la actividad agrícola al estar inmersa en los sistemas de riego, pero es importante resaltar que los consumos más altos de energía eléctrica se presentan cuando la producción agrícola se transforma a través de la agroindustria.

El presente trabajo está estructurado en primer lugar con el fundamento teórico que lo sustenta, se toma el enfoque de economía ambiental, donde se establece a las empresas como entes económicos que deben ser partícipes no solo para el desarrollo económico, sino que también, para el desarrollo social y ambiental en el cual llevan a cabo sus actividades económicas, enseguida se establecen los materiales y métodos implementados para los fines del presente estudio, el cual implica la simulación de escenarios de variabilidad climática, específicamente para el municipio de Los Reyes, Michoacán.

Posteriormente se ubican los resultados de la metodología que se utilizó para poder elaborar los escenarios de variabilidad en temperatura y precipitación, lo cual da entrada a la discusión y poder establecer el siguiente apartado, que tiene que ver con la relación que representa el cambio climático y la seguridad energética respecto a la agroindustria de *berries*, por último, se establecen las conclusiones a las cuales se llegaron con la presente investigación.

1. Fundamento teórico

A lo largo de la historia de la Tierra, se han presentado cambios radicales en el clima planetario los cuales han sucedido en escalas de tiempo que generalmente van de los miles a millones de años. Algunas de las causas de estos cambios son modificaciones en la rotación, en la órbita y en la inclinación de la Tierra, o por eventos naturales extraordinarios como las erupciones volcánicas (INECC, 2018).

El Panel de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

(PNUMA), es un panel de 195 gobiernos miembros que se enfoca en determinar el estado de los conocimientos sobre el cambio climático, identifica dónde hay acuerdo en la comunidad y dónde se necesita más investigación. El IPCC proporciona evaluaciones de la base científica del cambio climático, sus impactos y riesgos futuros, y las opciones de adaptación y mitigación (IPCC, 2021).

En el comienzo de las evaluaciones realizadas por el IPCC, no se aseguraba que las alteraciones presentadas en los sistemas climáticos fueran originadas por las actividades que el hombre realiza, sin embargo, en el AR3 se afirmaba con 66% de confianza que esta era la principal causa y en el AR4 este porcentaje aumentó a 90%. En su quinto informe publicado en 2014, el grupo de científicos que conforman el Panel, afirman con un 95% de certeza, que la influencia humana en el clima haya causado más de la mitad del aumento observado en la temperatura superficial media global en el periodo 1951-2010 (IPCC, 2014).

La evidencia científica respecto a las causas y los impactos de este cambio del clima a nivel global es sólida y con un alto nivel de acuerdo. Algunos de los resultados concluyentes que han presentado en la última evaluación del IPCC es que la temperatura media global muestra un incremento 0,85 [0,65 a 1,06] °C durante el período 1880-2012 (IPCC, 2014)

En este contexto es que surge la necesidad de buscar y lograr un equilibrio entre el desarrollo económico y una gestión racional de los recursos naturales, de tal forma que, se pueda constituir procesos armónicos que se instituyan desde la política nacional hasta los escenarios locales, en este sentido se debe considerar a las empresas como agentes económicos del desarrollo sostenible, donde estas representan una cuota de responsabilidad elevada hacia el deterioro del medioambiente. Los cambios entonces, deben ser revertidos y gestados desde la cultura empresarial en la que prevalece el ímpetu por el uso de instrumentos entre los que puede destacar la ecoeficiencia empresarial (González, 2014) y específicamente en cuanto al tema de energía implementada a nivel empresarial destacan los procesos de eficiencia energética como precursores de lograr disminución de consumo de energía eléctrica producida de forma de convencional (a través de la quema de combustibles fósiles).

A partir de la década de los años 60 y 70, es que se intensifica la preocupación por el deterioro ambiental principalmente para países industrializados (Hartley, 2008), donde se comienza a visualizar las limitaciones de algunos recursos naturales y con esto se empieza a cuestionar la capacidad tecnológica y social para enfrentarse a ellos, si bien es cierto que siempre había existido problemas de contaminación, rara vez se habían advertido señales de peligro para la especie humana, cabe resaltar que la contaminación para el planeta se acentuó a partir de la revolución industrial (Urquidí, 1998).

En este contexto es que la ciencia de la Economía comienza a mostrar de forma paulatina su interés y preocupación hacia el medio ambiente, partiendo de un cuestionamiento y debate central, que tiene que ver en cómo es que el crecimiento económico se ha conseguido a costa de los recursos naturales, de tal forma que, la preocupación medioambiental se enfoca al mercado y de cómo este puede resolver la crisis ambiental que en aquellos años empezaba a tomar fuerza y como consecuencia surge el desarrollo de la teoría denominada como Economía Ambiental (Hartley, 2008).

El consenso de las sucesivas cumbres de Naciones Unidas en el tema sobre desarrollo sostenible insiste en la estrategia por la integración de los tres pilares básicos del desarrollo: el económico, el social y el ambiental, por lo que, la separación entre crecimiento económico y degradación ambiental se coloca como un requisito indiscutible hacia la sostenibilidad, ya que, de seguir rebasando la capacidad de carga del planeta y sobreexplotando el limitado stock de recursos naturales disponibles, combinado a un crecimiento continuo, traerá consigo daños irreversibles a cada uno de los elementos naturales y vivos del planeta (Labandeira, León & Vázquez, 2007).

El objetivo central para la teoría de la Economía Ambiental fue la de corregir los desequilibrios que se presentan en el mercado, los cuales fueron nombrados como "externalidades ambientales", este concepto se entiende como aquellos daños causados por terceros que afectan negativamente a otros y por el cual no se recibe ninguna compensación, en este sentido, lo que propone este pensamiento teórico, es asignar precios a los bienes y servicios ambientales, de modo que, a través del mercado se distribuyan de una forma eficiente. En este sentido, la Economía Ambiental busca tomar el concepto de desarrollo sostenible como una

posibilidad de fusionar el desarrollo económico y social con una visión de protección hacia el medio ambiente, de tal manera que se atienda los aspectos ecológicos biológicos y físicos (Hartley, 2008).

Uno de los principales pensamientos iniciales de la Economía Ambiental de acuerdo con Urquidi (1998), es la profundización que da al concepto de desarrollo sostenible, asumido inicialmente en el informe Brundtland, con miras hacia un "desarrollo económico y social integrado con protección y mejoramiento del ambiente en sus aspectos ecológicos, biológicos y físicos, con atención a la equidad social y consideración de las consecuencias globales" (Urquidi, 1998).

La evolución del pensamiento de la Economía Ambiental reconoce que la actividad empresarial contribuye de forma sustancial al crecimiento económico, pero también reconoce a este sector como uno de los principales detonadores del deterioro ambiental, a través del consumo de recursos y la emisión de contaminantes, por lo que, con el paso de los años fue necesario el desarrollo de instrumentos para la gestión del impacto ambiental de las mismas, de tal forma que, ha sido imperante la presión, sobre todo en el tema legislativo, para la aplicación de dichos instrumentos a estas unidades económicas, por lo tanto, el objetivo para las empresas se convierte en producir lo mismo o más con menos recursos y menos residuos (ecoeficiencia) (Labandeira, León & Vázquez, 2007).

Así, el concepto de ecoeficiencia, en un sentido estrictamente semántico "está compuesto por dos lexemas: eco, que viene del griego Oikos y significa 'casa', y eficiencia, que viene del latín *efficientia* y significa 'capacidad de disponer de algo para conseguir un efecto determinado', por lo tanto, la palabra ecoeficiencia puede ser entendida como la eficiencia con que se administra la casa" (González, 2014), este concepto de acuerdo a lo anterior antes descrito y derivado de su naturaleza semántica abarca también el desempeño social de las organizaciones.

La ecoeficiencia es una de las formas en que se puede plantear un proceso de avance de los países hacia un desarrollo sostenible desde la industria, para tal objetivo, la ecoeficiencia se apoya desde dos pilares: el primero se enfoca en reducir la sobreexplotación de los recursos naturales y el segundo tiene que ver con disminuir la contaminación a través de

los procesos productivos, estos pilares quedan asociados básicamente a lograr procesos productivos más sostenibles, buscando un incremento de la productividad de los recursos naturales y contribuyendo en la reducción de los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida de los productos (Leal, 2005).

Finalmente, para comprender el término de ecoeficiencia en un sentido amplio es importante entender las dimensiones económicas, sociales y ambientales de cualquier proceso productivo (González, 2014), que por sí mismo estas dimensiones son propias del concepto de desarrollo sostenible y con lo cual fueron sustentados los principales conceptos que engloban a la teoría de la Economía Ambiental.

2. Materiales y métodos

Michoacán es considerado líder nacional en la producción de zarzamora, de acuerdo con datos del SIAP (2020), con 98.5% del total de la producción nacional, Michoacán se mantiene como líder en la cosecha de este cultivo, donde el valor de producción de zarzamora en el Estado se incrementó 23.4% comparado con lo obtenido en 2018, y donde el precio pagado al productor de la esta frutilla fue de 44 mil 393 pesos por tonelada.

El municipio de Los Reyes se localiza al Oeste del Estado de Michoacán, México, en las coordenadas 19°35' de latitud norte y 102°28' de longitud Oeste, a una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con el último censo de población y vivienda INEGI (2020), este municipio cuenta con una población de 78,935 habitantes. Limita al norte con Tingüindín, al Este con Charapan y Uruapan, al Sur con Peribán y el Estado de Jalisco, y al Oeste con Tocumbo.

El municipio de Los Reyes, Michoacán, ha mantenido una vocación agrícola, esto principalmente atribuido a su clima, el cual es óptimo para ciertos cultivos, especialmente el de zarzamora (Trueba, Ayala, & Infante, 2018). La zarzamora forma parte del grupo denominado *berries*, cuyas frutillas son de gran demanda en el mercado extranjero, lo que ha contribuido a la transformación del sector agrícola del municipio hacia el monocultivo de esta fruta. De tal forma que, la dinamización del municipio está centrada en el cultivo de la zarzamora, lo que ha

ocasionado que históricamente exista un incremento en el número de hectáreas cosechadas de esta frutilla y, por tanto, exista una dependencia económica de este cultivo.

La vulnerabilidad, de acuerdo con el IPCC en su quinto informe, es el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos y se evalúa analizando el impacto potencial (mediante la exposición y sensibilidad) y la capacidad de adaptación (IPCC, 2007). El análisis de la exposición contempla analizar los datos históricos climáticos y la creación de escenarios ante cambio climático. Por tal motivo fue relevante llevar a cabo una simulación de la temperatura del municipio mexicano de Los Reyes, Michoacán y que, a la fecha, ha sido la propicia para el cultivo de zarzamora.

Hoy en día, realizar estudios sobre simulación de escenarios de cambio climático, resulta fundamental para poder generar análisis de impactos, vulnerabilidad y adaptación de manera focalizada en determinados territorios, de tal forma que se pueda llevar a cabo una óptima toma de decisiones ante los posibles impactos proyectados (Salib, 2020).

Un escenario de cambio climático es "una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherentes que se ha construido para su uso explícito en la investigación de las posibles consecuencias del cambio climático antropogénico, que a menudo sirve como entrada para los modelos de impacto. Las proyecciones climáticas a menudo sirven como materia prima para construir escenarios climáticos, pero los escenarios climáticos generalmente requieren información adicional, como el clima actual observado" (IPCC, 2013).

En el Quinto Informe de Evaluación del IPCC, se definieron cuatro escenarios denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés), que muestran el forzamiento radiativo aproximado al año 2100 en relación con 1750. Lo que se refiere a la cantidad de radiación que se concentra en un metro cuadrado, esto es, 2.6 W/m², en el caso del escenario RCP2.6; 4.5 W/m², en el caso del escenario RCP4.5; 6.0 W/m², en el caso de escenario RCP6.0, y 8.5 W/m², en el caso del escenario RCP8.5 (IPCC - WGI, 2013, citado en Salib, 2020).

Los cuatro escenarios de RCP comprenden (Salib, 2020):

- un escenario de mitigación conducente a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6);
- dos escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0);
- y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero (RCP8.5).

De acuerdo con el proceso que se llevó a cabo y que propone Salib (2020), el primer paso fue seleccionar una climatología base que nos permitiera proyectar el escenario de cambio climático y que represente la climatología del municipio de Los Reyes, Michoacán, por lo que la climatología seleccionada fue la que proporciona la página de Worldclim, en un periodo histórico de 1950-2000. Así, el escenario de radiación o forzamiento radiativos (RCP) que se seleccionó para este estudio fue el RCP 4.5 y 8.5 que, como ya se describió, en el primero es considerado un escenario neutral o estabilizador mientras que el RCP 8.5 se considera el más catastrófico en cuanto el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.

La información y datos del clima base, así como de los escenarios de cambio climático, se descargó del portal: <http://atlasclimatico.unam.mx/AECC/servmapas>, del Centro de Ciencias de la Atmósfera. Los datos descargados corresponden a la temperatura y precipitaciones promedio, que es la que fue considerada para el presente estudio de manera mensual, así como las anomalías de variabilidad de las temperaturas y precipitaciones para los modelos RCP 4.5 y 8.5 (Salib, 2020).

A su vez, fue necesaria la descarga de mayor información espacial del área de estudio, por lo que la descarga de datos también incluyó llevar a cabo la extracción de información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la liga <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469>, específicamente para el estado de Michoacán, dicha información contribuyó a una mejor apariencia para los mapas elaborados en la zona de estudio (Salib, 2020).

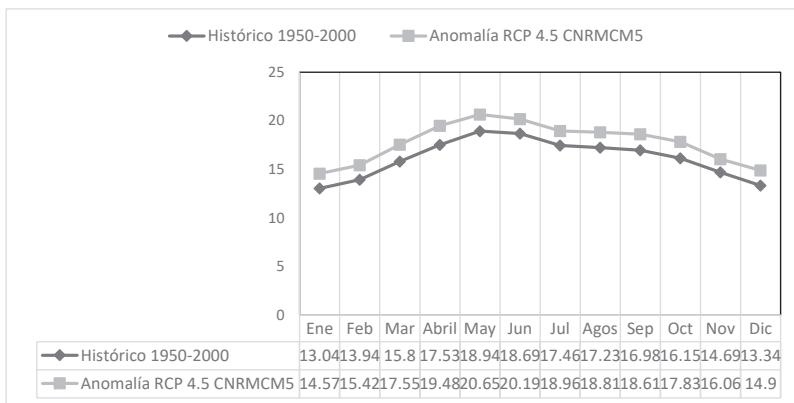
Dos herramientas fueron las utilizadas para poder generar los datos y presentar la información de los resultados de la simulación. En primer lugar, se usó un sistema de información geográfica llamado QGIS,

la cual permitió la elaboración de mapas que permitieron la apreciación de cambios de temperatura y precipitación de acuerdo a la climatología base y las proyecciones de escenario seleccionado para la región de estudio. La segunda herramienta de apoyo fue Excel, a través de la cual se generó la base de datos que contiene la información de clima base, así como las anomalías del escenario de cambio climático seleccionado. El uso de Excel facilitó el análisis de datos a través de la generación de tablas y gráficas (Salib, 2020).

3. Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados de la simulación de los escenarios RCP 4.5 y 8.5 de la variabilidad de temperatura y precipitaciones, respecto al histórico de la climatología base que proporciona la página de Worldclim. Se inicia con la figura 1, esta contempla los datos del ciclo anual de anomalías de temperatura proyectadas a través del modelo CNRMCM5, bajo el escenario RCP 4.5 en el futuro medio (2045-2069) para el municipio de Los Reyes, Michoacán, México.

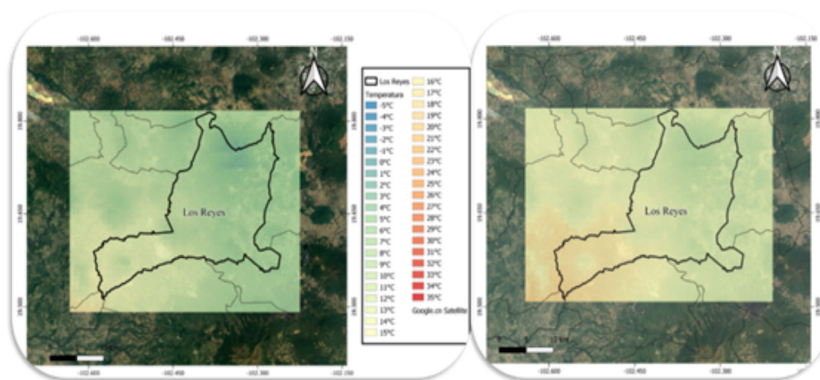
Figura 1. Ciclo anual de anomalías de temperatura proyectadas del modelo CNRMCM5, escenario RCP 4.5, para el futuro medio (2045-2069), respecto al periodo histórico (1950-2000) de temperaturas promedio del municipio de Los Reyes, Michoacán.



Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 1, los resultados de simulación obtenidos señalan que bajo este escenario existirá un aumento de temperatura promedio de 1.6 °C, y los meses donde se manifiesta un mayor incremento corresponden a marzo, abril y mayo. Los resultados de la figura 1, van acompañados de los mapas que están representados en la figura 2, donde de manera visual y previo establecimiento de una paleta de colores representativa, se puede apreciar la variabilidad de la temperatura del escenario proyectado.

Figura 2. Mapas de temperatura media histórica en el periodo 1950-2000 del municipio de Los Reyes, Michoacán, México, respecto a la proyección de temperatura media a un futuro medio (periodo 2045-2069) con el modelo de simulación CNRMCM5 RCP 4.5, mes de diciembre.



Fuente: elaboración propia.

La tabla 1 que a continuación se presenta, corresponde a los datos obtenidos de la simulación de variabilidad de precipitaciones para el municipio de Los Reyes, Michoacán, también bajo el escenario RCP 4.5, los datos sombreados en la tabla corresponden a los meses en los cuales se prevé una disminución de precipitaciones bajo dicho escenario.

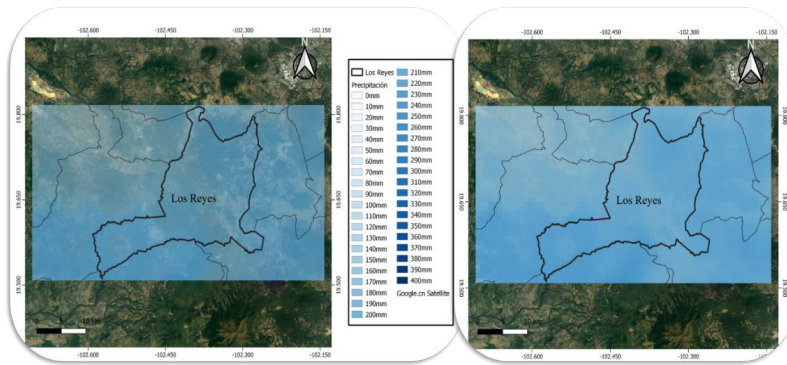
Tabla 1. Variabilidad de precipitaciones bajo el modelo de simulación CNRMCM5 RCP 4.5, mes de septiembre, a un futuro medio (periodo 2045-2069).

Mes	Histórico 1950-2000	Anomalía RCP 4.5 CNRMCM5
Enero	19.29	13.03
Febrero	6.12	4.17
Marzo	5.46	4.68
Abril	12.04	11.25
Mayo	51.19	61.62
Junio	195.2	205.31
Julio	248.23	230.77
Agosto	245.12	215.77
Septiembre	209.47	224.21
Octubre	102.48	101.64
Noviembre	25.11	36.73
Diciembre	13.63	4.93

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos, indican que los meses de enero, febrero, marzo, abril, julio, agosto, octubre y diciembre, existirá una disminución en cuanto a las precipitaciones del periodo base histórico que se está manejando, en cuanto a los meses restantes que son: mayo, junio, septiembre y noviembre, la tendencia será a un incremento de las mismas. La tabla 1 se acompaña de la figura 3, la cual representa el mapa del municipio de Los Reyes bajo el escenario de simulación de variación de precipitaciones, bajo el modelo CNRMCM5 RCP 4.5.

Figura 3. Mapas de variación de precipitación histórica en el periodo 1950-2000 del municipio de Los Reyes, Michoacán, México, respecto a la proyección a un futuro medio (periodo 2045-2069) con el modelo de simulación CNRMCM5 RCP 4.5, mes de septiembre.

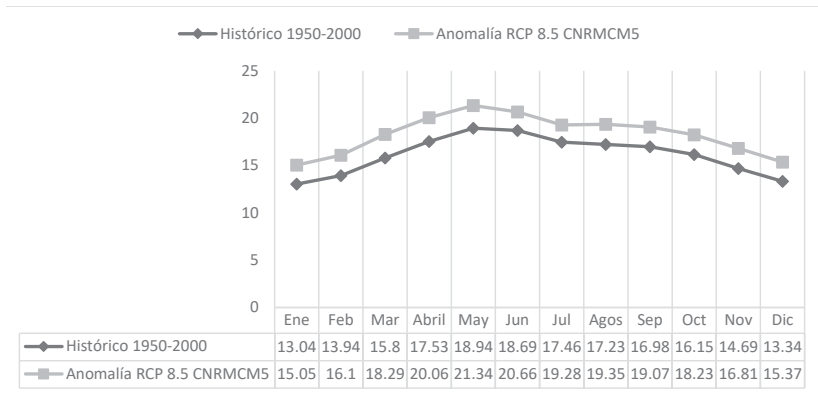


Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar y tener presente, que esta simulación proyectada a través del modelo CNRMCM5, bajo el escenario 4.5, se considera un escenario estabilizador, es decir bajo este se escenario se supondría un ritmo constante con el cual se han venido arrojando emisiones de GEI a la atmósfera.

Ahora se presenta la figura 4, que corresponde al ciclo anual de anomalías de temperatura proyectadas a través del modelo CNRMCM5, bajo el escenario RCP 8.5 en el futuro medio (2045-2069) para el municipio de Los reyes, Michoacán, México.

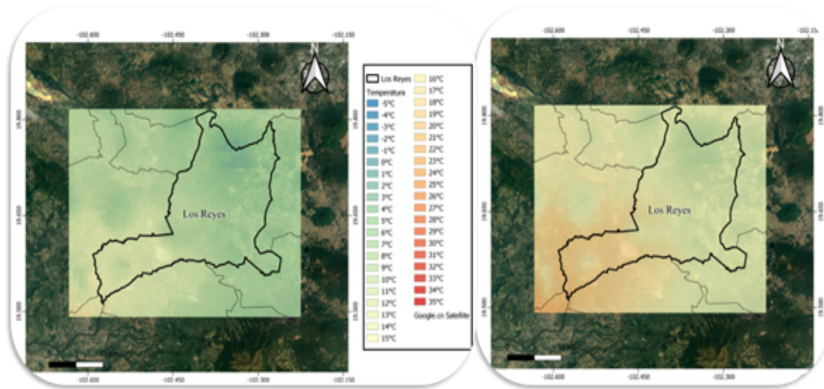
Figura 4. Ciclo anual de anomalías de temperatura proyectadas del modelo CNRMCM5, escenario RCP 8.5, para el futuro medio (2045-2069), respecto al periodo histórico (1950-2000) de temperaturas promedio del municipio de Los Reyes, Michoacán.



Fuente: elaboración propia.

Los resultados para este escenario son diferentes y con incrementos de temperatura aún más significativos, bajo esta simulación se observan aumentos de temperatura para el municipio de Los Reyes, que oscilan entre los 2°C y 2.5°C, los meses con aumentos más representativos son al igual que en el escenario anterior, marzo, abril y mayo. La figura 4, se acompaña de la figura 5, correspondiente al mapa del municipio con la paleta de colores que representa la simulación de aumento de temperatura, pero ahora con el RCP 8.5.

Figura 5. Mapas de temperatura media histórica en el periodo 1950-2000 del municipio de Los Reyes, Michoacán, México, respecto a la proyección de temperatura media a un futuro medio (periodo 2045-2069), con el modelo de simulación CNRMCM5 RCP 8.5, mes de octubre y mayo.



Fuente: elaboración propia.

La tabla 2 que corresponde a los datos obtenidos de la simulación de variabilidad de precipitaciones para el municipio de Los Reyes, Michoacán, pero bajo el escenario CNRMCM5 RCP 8.5, donde las variaciones se observan aún más significativas respecto al modelo CNRMCM5 RCP 4.5

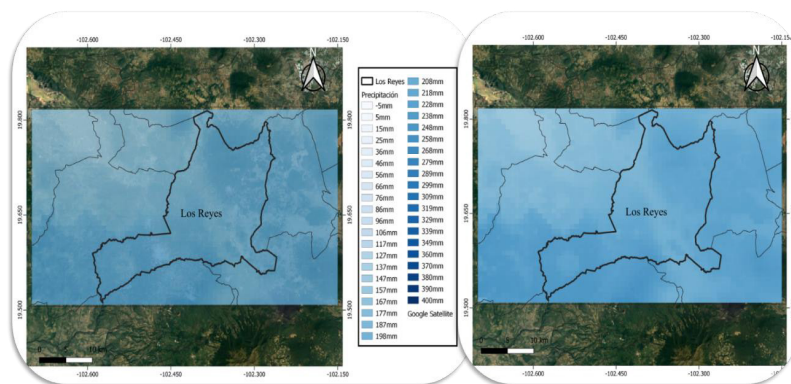
Tabla 2. Variabilidad de precipitaciones bajo el modelo de simulación CNRMCM5 RCP 8.5, mes de septiembre. a un futuro medio (periodo 2045-2069).

Mes	Histórico 1950-2000	Anomalía RCP 8.5 CNRMCM5
Enero	19.29	4.66
Febrero	6.12	-1.5
Marzo	5.46	-0.73
Abril	12.04	13.97
Mayo	51.19	55.05
Junio	195.2	210.65
Julio	248.23	235.72
Agosto	245.12	236.97
Septiembre	209.47	223.28
Octubre	102.48	102.26
Noviembre	25.11	18.5
Diciembre	13.63	5.94

Fuente: elaboración propia.

Los resultados tienen una tendencia predominante a una disminución de precipitaciones durante casi todo el año, en este caso, los meses de enero, febrero, marzo, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre, presentan resultados donde se prevé disminución de precipitación, los meses de abril, mayo, junio y septiembre se prevé un aumento de las mismas. La tabla 2 va acompañada de la figura 6, la cual representa el mapa del municipio de Los Reyes, bajo el escenario de simulación de variación de precipitaciones CNRMCM5 RCP 8.5

Figura 6. Mapas de variación de precipitación histórica en el periodo 1950-2000 del municipio de Los Reyes, Michoacán, México, respecto a la proyección a un futuro medio (periodo 2045-2069), con el modelo de simulación CNRMCM5 RCP 8.5, mes de septiembre.



Fuente: elaboración propia.

En este escenario de simulación RCP 8.5, es importante resaltar que representa una simulación un tanto catastrófica, donde los resultados son previstos con base a una alta cantidad de emisiones de GEI a la atmósfera.

En general con los resultados obtenidos, tanto para el escenario neutral como catastrófico queda evidente un aumento de temperatura para el municipio de Los Reyes, así como considerables variaciones en las precipitaciones, ya que, mientras en la mayoría de los meses estas disminuyen, en los otros existe un incremento de las mismas.

De acuerdo con la previsión del modelo que pronostica un aumento de temperatura y con base en el estudio de Trueba, Ayala, & Infante, (2018), es que se pueden describir algunas hipótesis sobre los posibles efectos en desmedro del sector agrícola del municipio:

- Una alteración de la temperatura climática como la que nos arrojó la simulación implicaría que exista una disminución de las hectáreas sembradas y cosechadas, ya que la temperatura no sería la propicia para el cultivo.

- Otra alteración, por tanto, constituiría un impacto en la cantidad de producción de la zarzamora, esto, derivado de las alteraciones que provoca un aumento de temperatura a los suelos del municipio.
- Otro aspecto importante es de las exportaciones, donde al existir modificaciones en la producción, referida a la cantidad y calidad, será más complicado cumplir con las normas de exportación y las medidas fitosanitarias, por tal motivo estas tenderán a ir a la baja.
- Finalmente, y derivado de los aspectos anteriores habrá disminución de ingresos y de empleo por parte de la población que depende del cultivo, al tener una tendencia baja en ventas hacia el extranjero.

Otro punto que se puede agregar a lo antes mencionado, será que, durante los meses de sequía, implicará un aumento de bombeo de agua para riego y esto se traduce a un mayor consumo de energía eléctrica, otro aspecto asociado a lo antes mencionado es que, los agricultores menos tecnificados serán los más vulnerables ante el cambio climático.

Actualmente las agroindustrias vinculadas a la producción de zarzamora son: Driscolls, Sun Bell, Fresh Campo, Hortifrut, Expoberries, Berries Paradise, Global Fruit, Grupo Heres, Splendor y Agrana Fruit; sobresalen como las más importantes las primeras tres (Trueba, Ayala, & Infante, 2018). Cabe resaltar que la producción de zarzamora y las condiciones óptimas del municipio desde tiempo atrás generó la atracción empresarial, ya que, al ser una frutilla con alta demanda en el extranjero, se vislumbró la oportunidad de inversión y maximizar los ingresos.

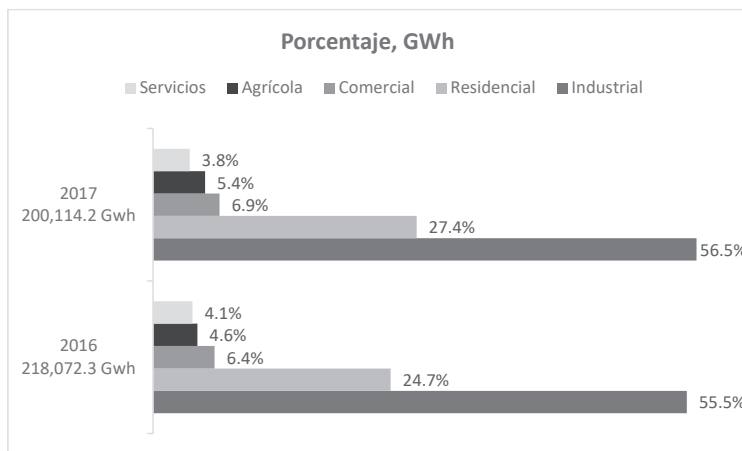
Con esto, cabe resaltar que la vulnerabilidad del sector agrícola, especialmente hablando de *berries*, debe importar a toda la cadena productiva, en este sentido, es de vital importancia la vinculación y el apoyo de la agroindustria de *berries* en el estado de Michoacán, para su participación activa en la mitigación del cambio climático, así como en la generación de mecanismos de adaptación que permitan la permanencia y el rendimiento del sector agrícola que permite la propia permanencia de la agroindustria en el estado.

4. Seguridad energética y cambio climático

Las agroindustrias de *berries* en el estado de Michoacán, surgen principalmente por la demanda que estas frutillas tienen en el extranjero, de donde obtiene mayores ingresos, pero sin duda, su operatividad depende de los cultivos de dichas frutas, con lo cual queda claro que la vulnerabilidad del sector agrícola ante eventos extremos de cambio climático también debe importar y competir a estas unidades agroindustriales. Otro factor de dependencia que se identifica: es el sector energético, ya que sus procesos productivos conllevan un gasto energético significativo.

Cabe resaltar que el sector industrial en México concentra el mayor nivel de ventas, dada su alta demanda de energía eléctrica para sus procesos productivos tal y como lo muestra la figura 6, donde más del 50% lo concentra el sector industrial (SENER, 2018).

Figura 6. Ventas internas de energía eléctrica por sector tarifario en México.

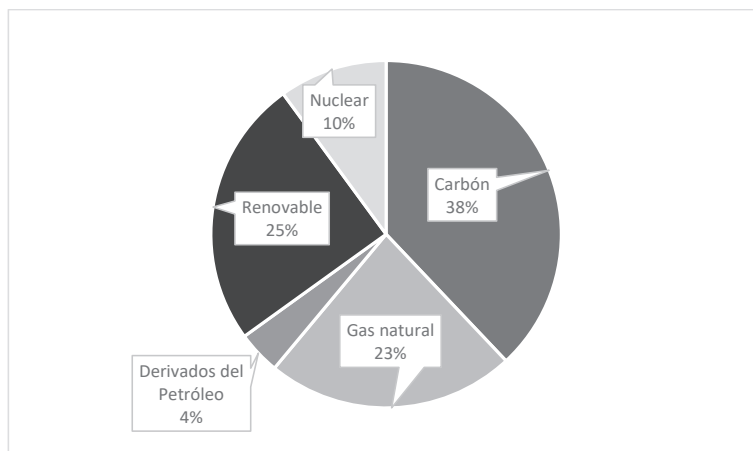


Fuente: Prospectiva del sector eléctrico 2018-2032 (SENER, 2018).

Con base en SENER (2018), la producción de energía eléctrica en México a través de la quema de combustibles fósiles representa más del 50%, lo cual indica que nuestra seguridad energética está concentrada en

el petróleo, carbón y gas natural. La quema de combustibles fósiles es la principal actividad detonante del cambio climático, esto por la cantidad de emisiones de GEI que se emiten a la atmósfera. La figura 7 muestra cómo a nivel mundial el 65% de la generación de energía eléctrica es generada a través de combustibles fósiles.

Figura 7. Generación eléctrica mundial 2017.



Fuente: Prospectiva del sector eléctrico 2018-2032 (SENER, 2018).

La seguridad energética por su parte, también es vulnerable ante el cambio climático, con lo cual, cualquier falla en el suministro de energía eléctrica paralizaría a las agroindustrias en sus procesos productivos, lo que ocasionaría pérdidas económicas a toda la cadena productiva.

De acuerdo con el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, citado por (Rodríguez, 2018), la seguridad energética es "la capacidad para evitar el impacto adverso de cortes en el suministro de energía, causados por eventos naturales, accidentales o intencionales que afectan los sistemas de suministro y distribución de energía y servicios públicos". De tal forma que el tema de vulnerabilidad por eventos extremos de cambio climático también interviene en la seguridad energética de cualquier país, paradójicamente el sector energético es de los que más contribuyen con sus emisiones al cambio climático.

Existe evidencia que en la industria eléctrica los principales eventos que han incidido en la seguridad energética han estado relacionados

con fenómenos meteorológicos extremos, especialmente huracanes y tormentas tropicales, que han provocado severos daños a la infraestructura de transmisión y distribución eléctrica y en algunas ocasiones también han afectado a centrales generadoras. Su incidencia ha sido regional, afectando en algunos casos a varios estados del país. Por ejemplo, en septiembre de 2017 un fuerte terremoto provocó interrupciones en el suministro de energía eléctrica a un número significativo de hogares y comercios en el valle central del país (Rodríguez, 2018).

Otro ejemplo es que entre agosto y octubre de 2017 la refinería de Pemex en Salina Cruz quedó fuera de servicios por fenómenos climáticos, un incendio y dos sismos consecutivos, con lo que el faltante de producción fue cubierto con importaciones (Rodríguez, 2018). Un ejemplo más reciente obedece a los cortes de suministro de energía eléctrica que sufrieron en Texas, derivado de una fuerte tormenta invernal que se detonó a principios de este año 2021.

El cambio climático trae consigo eventos extremos que conllevan afectaciones a distintos sectores, para los que importan a la agroindustria está el sector agrícola, que se abordó, y como se puede apreciar, también influyen en la seguridad energética de nuestro país. Así, las empresas agroindustriales afrontan el reto de ser sostenibles solo si es que atienden a los problemas de vulnerabilidad y adaptación, que conlleva todos y cada uno de los factores que conforman la cadena productiva en la que están inmersas.

Conclusiones

El sector agrícola es de gran importancia para nuestro país y para el estado de Michoacán, ya que constituye una de las principales fuentes de ingreso y provee de alimentos a toda la población, de tal forma que los estudios enfocados a este sector, son importantes. Hoy en día, los estudios apuntan a su vinculación con el fenómeno global de cambio climático.

De tal suerte que, llevar a cabo estudios de vulnerabilidad, riesgo y adaptación para este sector es sumamente relevante para la óptima toma de decisiones y para el diseño de políticas públicas. Es importante resaltar que no sirve en lo absoluto llevar a cabo estudios de vulnerabilidad y riesgo si no se toman en cuenta y se llevan a cabo las medidas pertinentes que atiendan a las problemáticas focalizadas.

De acuerdo con los datos obtenidos en la simulación de los modelos CNRM RCP 4.5 y 8.5, en la previsión de un cambio de temperatura que hemos realizado en este estudio, el municipio mexicano de Los Reyes es altamente vulnerable ante eventos meteorológicos extremos derivados del cambio climático, por tanto, si ya se cuenta con información al respecto deben de generarse estudios de mitigación y adaptación al respecto.

Es importante destacar que la simulación efectuada en el presente trabajo, no actúa con predicciones climáticas, son simplemente escenarios de simulación con rangos de incertidumbre derivado de todos y cada uno de los factores de los que depende el fenómeno del cambio climático global, sin embargo, nos brinda un panorama y una perspectiva de algo probable que incite al actuar de los tomadores de decisiones.

El tema de seguridad energética es relevante por el consumo energético que conllevan los procesos productivos de las agroindustrias de *berries* en el estado de Michoacán. Mientras la producción de energía eléctrica siga siendo contaminante en mayor proporción, la vulnerabilidad de cualquier país será alta ante su propia seguridad energética.

También es importante destacar que bajo una visión teórica de la Economía Ambiental las entidades económicas, en este caso la agroindustria de *berries*, tienen la responsabilidad social y ambiental de contribuir con sus procesos y productos a ser más amigables con el medio ambiente, bajo esta perspectiva y centrando el interés en la producción de energía eléctrica que es utilizada en sus procesos productivos, es que las agroindustrias deben contribuir a la disminución en su uso de energía producto de la quema de combustibles fósiles, en este sentido la eficiencia energética y las energías renovables suelen ser una opción óptima para hacer que sus procesos logren posicionarse como ecoeficientes.

Por lo tanto, el reto que afrontan las agroindustrias de *berries* en el estado de Michoacán es el de atender y participar de manera conjunta con todos y cada uno de los actores de la cadena productiva en la cual están inmersos, a los problemas de vulnerabilidad que les impacta, por un lado, la producción agrícola y por el otro, la propia seguridad energética que conllevan todos y cada uno de sus procesos productivos.

REFERENCIAS

- Embid, A., & Martín, L. (2018). *El nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe: planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile: CEPAL.
- González, M. (2014). "Análisis críticos sobre la conceptualización y medición de la ecoeficiencia". *Ciencia en su PC* (2), 93-113.
- Hartley, M. (2008). "Economía ambiental y economía ecológica: un balance crítico de su relación". *Economía y Sociedad* (33 y 34), 55-65.
- INECC. (2018). Causas del Cambio Climático. Recuperado el 01 de 03 de 2022, de:
<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico>
- IPCC. (2007). Cambio Climático 2007. Impacto, adaptación y vulnerabilidad. Resumen para responsables de Políticas y Resumen Técnico. OMM y PNUMA. Recuperado de:
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf>
- IPCC. (2013). Cambio Climático 2013. Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas, resumen técnico y preguntas frecuentes. Parte de la contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2014). Cambio climático 2014. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo. Ginebra, Suiza: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2018). Calentamiento global de 1,5°C. Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. Resumen para responsables de políticas Resumen técnico Preguntas frecuentes. Grupo de trabajo I, II y III.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf

- Labandeira, X., León, C., & Vázquez, M. (2007). *Economía Ambiental*. Pearson Educación, S.A.
- Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*. Serie Medio Ambiente y Desarrollo. Santiago de Chile: CEPAL.
- Molina, M., Sarukhán, J., & Carabias, J. (2017). *Cambio Climático. Causas efectos y soluciones*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Ortíz, C., Zamora, A., & Bonales, J. (2018). "Vulnerabilidad económica municipal del impacto agrícola ante condiciones de cambio climático en Michoacán". *Análisis Económico*, XXXIII (82), 73-93.
- Rodríguez, V. (2018). *Seguridad energética: Análisis y evaluación del caso de México*. Serie Estudios y Perspectivas (179). Santiago de Chile: CEPAL.
- Salib, J. (2020). *Comparación de escenarios de cambio climático en la cuenca hidrográfica del río La Antigua*. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.
- SENER. (2018). *Prospectiva del sector eléctrico 2018-2032*. Obtenido de Secretaría de Energía.
- SIAP. (2020). *Panorama Agroalimentario 2020*. Secretaría de agricultura y desarrollo rural. Ciudad de México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Trueba, R., Ayala, D., & Infante, Z. (2018). "Sistemas agroalimentarios localizados: una estrategia en condiciones de cambio climático para impulsar el desarrollo local". En D. L. Ayala, & I. Santacruz, *El desarrollo local en construcción: sistemas productivos locales y desarrollo territorial*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Urquidi, V. (1998). "Economía ambiental: una aproximación". *Revista de Comercio Exterior*, 48(12).