

Tendencia de cambio climático para la región Cuitzeo de Michoacán y su asociación con la producción de maíz de temporal

Agustín Hernández Santoyo¹

Jorge Víctor Alcaraz Vera²

Resumen

Paralelo a los embates de la política pública nacional en materia de producción de alimentos, en los últimos cuarenta años, los productores rurales de zonas deprimidas que cultivan en condiciones de temporal se encuentran en condiciones de vulnerabilidad debido a las variaciones climáticas extremas, como las sequías, las inundaciones o heladas (Conde *et al.*, 2004). Fenómenos que cada vez forman parte del contexto del cambio climático (CC).

Sin embargo, referirse al fenómeno del CC implica precisiones que se derivan de la información meteorológica que se dispone y su análisis histórico, a fin de confirmar primero, que en una región hay evidencia de CC y posterior a ello ponderar su intensidad y sentido en diferentes variables. Ante este panorama el objetivo del presente trabajo es aportar evidencia de que los productores temporaleros de maíz de la región Cuitzeo (RC) se encuentran expuestos al CC en diferentes magnitudes y tendencias y que existen comportamientos diferenciados en la producción que pueden ser atribuibles, entre otras cosas al desarrollo de capacidades adaptativas.

La identificación de la señal de CC se realiza mediante el coeficiente de correlación de Mann Kendall, el cual permite identificar tendencias en distribuciones de datos no normales, es decir se trata una prueba no paramétrica. Por otro lado, se describe la situación que guarda la producción de maíz de temporal en la región Cuitzeo (RC) de Michoacán para dar soporte al planteamiento de que en condiciones de CC existen comunidades campesinas que se comportan de manera diferenciada en términos de rendimientos productivos y tal comportamiento puede ser atribuido al desarrollo de capacidades adaptativas.

De acuerdo a los resultados se comprueba la existencia de señal de cambio climático con aumento de las temperaturas máximas en la mayoría de las estaciones revisadas y disminución de las temperaturas mínimas, además de identificación de tendencias de disminución y aumento de la precipitación. Paralelo a esto se observó un comportamiento diferenciado en la variación de la producción de maíz de temporal en la RC durante el periodo 2003-2017, situación que aumenta la certidumbre respecto al desarrollo de capacidades adaptativas de la agricultura campesina de algunos municipios de la RC.

Conceptos clave: Señal de cambio climático, Maíz de temporal, Agricultura campesina

¹ Maestro en ciencias en desarrollo local, estudiante de doctorado en ciencias en desarrollo regional, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, agustingiant@gmail.com

² Doctor en Ciencias, Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, talcarazv@hotmail.com.

Introducción

De acuerdo con el Panorama Agroalimentario 2019 (SAGARPA, 2019), México se encuentra en los primeros lugares del mundo en producción de frutas y hortalizas, pero también es el primer importador mundial de maíz, información que evidencia que la agricultura en el país tiene diferentes matices, desde las regiones de alta productividad hasta zonas deprimidas en la que los productores carecen de recursos para llevar una vida digna. Sin embargo, la agricultura no deja de ser un sector estratégico en términos de seguridad social y alimentaria (FAO, 2014).

En el país, un sector que ha enfrentado de forma desventajosa las políticas de ajuste estructural y la variación climática es el productor campesino; aquél que produce basado principalmente en fuerza de trabajo y es, en buena parte de los casos, el banco que conserva y reproduce las semillas nativas en las que se basa la alimentación de los mexicanos, además es un sector que genera el 39% del total de la producción agropecuaria nacional y el 74.1% del empleo agropecuario (IICA, 2012).

La producción campesina ha enfrentado durante alrededor de cuatro décadas una serie de políticas de corte neoliberal que implica, entre otras acciones, la apertura comercial y que han contribuido al deterioro notable del sector. Estas políticas representan el cambio del Estado de Bienestar y políticas proteccionistas por el retorno de la liberalización económica. Entre éstas se encuentran, altas tasas de ahorro, redireccionar el gasto público, reforma tributaria, liberalización financiera, tipo de cambio flexible, apertura comercial y privatización de empresas estatales (Williamson, 1998).

Aunado a esto, en años recientes se han visto materializados los efectos del fenómeno del CC, con lo que las personas que viven en el medio rural y aún se dedican a la agricultura campesina se ven en situación de vulnerabilidad. De acuerdo con Blaikie *et al.*, (1996:33-66) y García, (2005), referidos por Chávez y Macías (2007), la vulnerabilidad plantea una situación de cambios continuos susceptibles de ser analizados históricamente para determinar el peso y la duración que tiene la combinación de los factores naturales y sociales que los producen; así mismo, se debe situar espacial y socialmente a la población vulnerable con base en diversos criterios como edad, género y/o salud física. En el contexto territorial se debe tener en cuenta el riesgo o la amenaza que existe para cada uno de los segmentos sociales, así como la capacidad de respuesta y recuperación.

El objetivo del presente trabajo es aportar evidencia de que los productores temporaleros de maíz de la RC se encuentran expuestos al CC en diferentes magnitudes y tendencias y que existen comportamientos diferenciados en la producción que pueden ser atribuibles, entre otras cosas al desarrollo de capacidades adaptativas.

Para lograr el cumplimiento del objetivo, se realizó la identificación de la “señal de CC” mediante la observación de tendencias empleando el indicador de Mann-Kendall (MK) (Bautista *et al.*, 2011). Esto permitirá confirmar la presencia del fenómeno del CC a nivel regional, así como su sentido e intensidad.

Una vez identificada la señal de CC, se procede a documentar la magnitud de la producción de maíz de temporal en la RC y se realiza un análisis del coeficiente de variación de Pearson al rendimiento por hectárea de cada municipio. Esto permite observar

comportamientos diferenciados para el mismo cultivo en la RC que pueden ser atribuibles, entre otros factores al desarrollo de capacidades adaptativas.

Sitio de estudio: Región Cuitzeo Michoacán

El estado de Michoacán tiene características heterogéneas y en función de éstas ha sido objeto de múltiples regionalizaciones, sin embargo, la regionalización que se emplea en la actualidad como referencia para el Plan Estatal de Desarrollo (PED) es la decretada en el año 2004 la cual emplea como fundamento de integración las cuencas hidrológicas asociadas a la vocación e infraestructura del territorio.

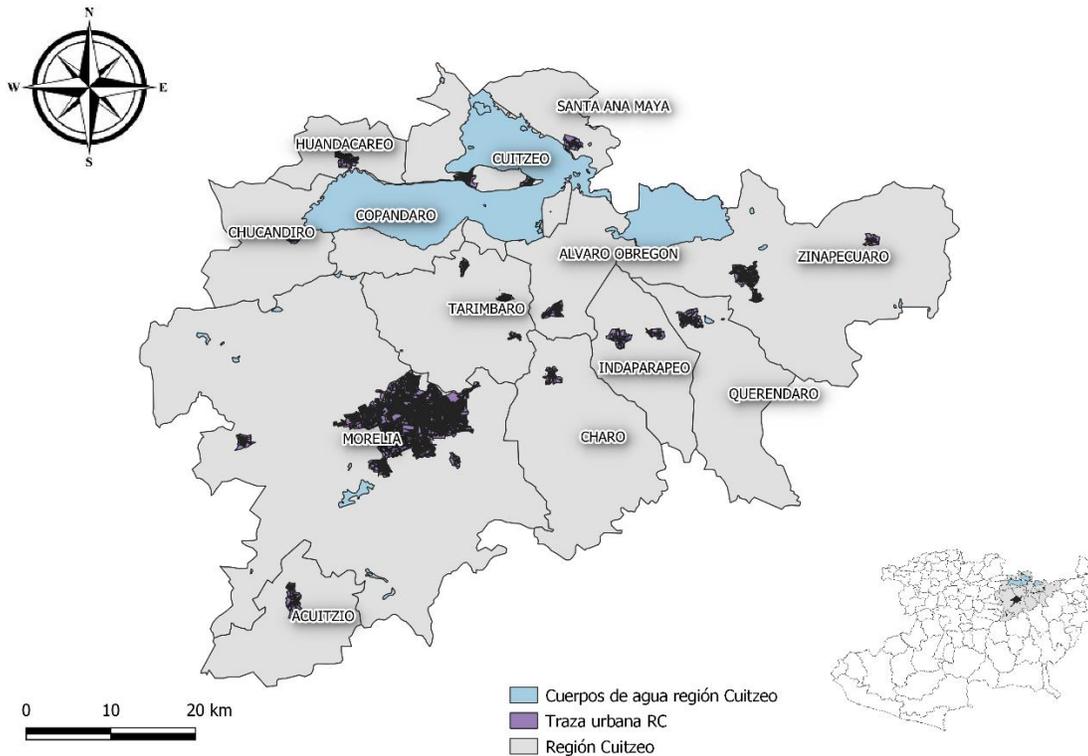
En su primer artículo dicho decreto establece que: “tiene como objeto establecer las regiones socioeconómicas en el marco de las cuales se ejecutará la política regional en el Estado, con el propósito de alcanzar la reversión paulatina y en el largo plazo de las desigualdades del desarrollo de las regiones, para lograr una distribución más equitativa de los beneficios del crecimiento económico y el bienestar social” (CELEM, 2004: 4). Además, se enlistan las diez regiones socioeconómicas y sus respectivos municipios: I) Lerma – Chapala, II) Bajío, III) Cuitzeo, IV) Oriente, V) Tepalcatepec, VI) Puhépecha, VII) Pátzcuaro – Zirahuen, VIII) Tierra Caliente, IX) Sierra – Costa e X) Infiernillo.

Dado que se trata de una regionalización que emplea como criterio integrador principal el recurso hídrico y por tanto características geográficas y económicas, es que se considera pertinente emplearla a fin de conocer la exposición de los productores de maíz de temporal al cambio climático y posteriormente identificar sus capacidades adaptativas.

En este sentido se elige como sitio de estudio la Región Cuitzeo (RC) ya que, utilizando como referencia la producción de maíz de temporal, Morelia es el municipio que, en el periodo de que se disponen los datos (2003-2017), produce la mayor cantidad de este cultivo con 366,848.92 toneladas (SIAP, 2019). En este sentido la región completa es la cuarta de Michoacán que más produce. Aunado a esto, de acuerdo con la superficie sembrada, el maíz es el cultivo más importante ya que ésta representa alrededor del 75% del total, porcentaje superior al nacional (33.76%).

Para esta investigación, la RC se identifica como un espacio físico funcional en términos de la administración pública conformado por los municipios de Acuitzio, Álvaro Obregón, Copándaro, Cuitzeo, Charo, Chucándiro, Huandacareo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro y Zinapécuaro (CELEM, 2004) (Figura 1).

Figura 1. Región Cuitzeo Michoacán



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2015). *Software* QGis3.6.3

La cuenca del lago de Cuitzeo se localiza en el Sistema Volcánico Transversal, entre las coordenadas 190 30' y 200 05' de latitud norte y 1000 35' y 1010 30' de longitud oeste, a una altura de 1800 metros sobre el nivel del mar (msnm) y ocupa una superficie de 3944.865 km², lo que representa alrededor del 7% de la superficie de estado (Filini, 2013). Esta región es la más poblada del estado con una población de 1, 004,723 habitantes. Entre las características de la RC se encuentra que la principal actividad económica de la población es el comercio, en los municipios de Morelia y Cuitzeo, esto dado que se trata de la región más urbanizada, sin embargo, en los municipios aledaños a la capital, Charo e Indaparapeo, destaca la industria manufacturera.

La RC presenta en la mayoría de los municipios que la integran un grado medio de marginación con excepción de Cuitzeo, para el que se estima un Índice de marginación “Bajo” y Morelia con un indicador “Muy bajo”, lo anterior puede estar asociado al dinamismo de la de actividad económica en estos municipios (INEGI, 2019). Las condiciones anteriores se reflejan en las características migratorias de la RC ya que, con excepción de Morelia que tiene condiciones de “Alta atracción”, todos los municipios tienen algún grado de expulsión migratoria, siendo Cuitzeo, Copándaro, Querendaro y Acuitzio los que muestran “Expulsión baja”; por su parte Tarimbaro, Indaparapeo y Charo registral “Expulsión Media” y finalmente

Chucandiro, Huandacareo, Santa Ana Maya, Álvaro Obregón y Zinapécuaro son los municipios de “Alta expulsión” (*Ibíd.*).

Materiales y métodos

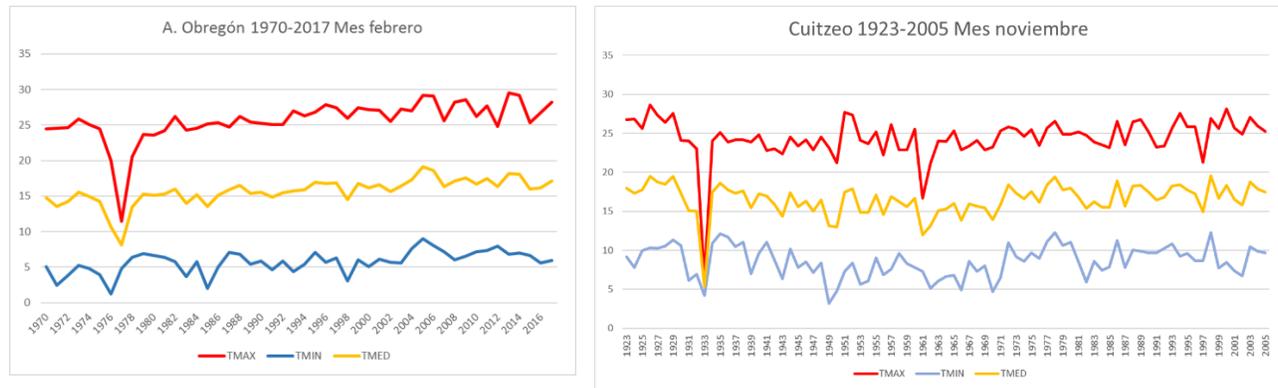
Para la identificación de las estaciones meteorológicas que se encuentran en la RC se utilizó la Base de Datos Climatológica Nacional (Sistema CLICOM). Este sistema utiliza una base de datos de estaciones climáticas superficiales de México del Servicio meteorológico Nacional (SMN). La forma de acceder a esta información que se empleó fue la herramienta desarrollada por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada; Baja California (CICESE), la cual permite, entre otras cosas, identificar la clave y la ubicación geográfica, así como el estimado de años de información disponible en dicha estación.

A partir de esta exploración se identificaron 25 estaciones meteorológicas en la RC. Una vez obtenida la información de la clave y georreferencia, se descargó la información diaria de cada estación seleccionada del sitio electrónico del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Dado que los datos disponibles se encuentran en formato *.txt* hubo que migrarlos y depurarlos al software Microsoft Excel a fin de validar que se dispusiera de información diaria para un periodo mínimo de 25 años (Ortega, 2017), en las variables de Precipitación (MM), Evaporación (MM), Temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) y Temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$), de manera que resultaron 18 estaciones que cumplieron con el criterio.

Una vez vaciada la información en el software Microsoft Excel se agruparon los datos diarios en información mensual y realizó una primera depuración de datos identificando errores de captura tales como puntos decimales o signos mal colocados o texto que alterara datos numéricos, fueron los casos más recurrentes identificados durante esta etapa del procesamiento. Posterior a esto, la información de cada estación meteorológica fue migrada al programa especializado Clic-MD desarrollado por Bautista *et al.*, (2020) y como primera acción se procedió a llenar los vacíos de información faltantes calculando un promedio en el que se consideran datos de cinco años previos y cinco posteriores (Orellana, 2011).

Con toda la información capturada se procedió a realizar una segunda revisión visual, es decir, a partir de graficar la información de T_{max} , T_{med} y T_{min} se observó el comportamiento de la información por cada periodo mensual por estación, a fin de identificar picos extremos de la información que sesgarán los resultados (ver figura 2). Cabe mencionar que pese a la primera revisión de datos en el vaciado inicial no es posible detectar estas anomalías dada la cantidad de información que se maneja por estación meteorológica.

Figura 2. Ejemplos de anomalías en los datos durante la revisión visual



Fuente: elaboración propia

Al identificar este tipo de situaciones se consideró necesario revisar los datos de la información diaria con la finalidad de ubicar algún número o signo que estuviera alterando el promedio de los datos mensuales, así mismo se procedió a revisar la información de las estaciones más próximas geográficamente para descartar que hubiera la misma situación de no encontrarse algún error aparente en la captura se realizó una investigación sobre noticias meteorológicas que dieran cuenta de un fenómeno que pudiera manifestarse en los datos de esta manera. Solo en caso de encontrarse dicha evidencia documental se dejó la información, de lo contrario, se eliminaron días y meses enteros con anomalías y se procedió a recapturar la información en el programa Clic-MD.

Luego de la revisión visual se aplicaron pruebas no paramétricas de normalización a los datos por periodos mensuales a fin de descartar variaciones abruptas en media de las series. Mediante el programa empleado se aplicaron el Coeficiente de Geary, la prueba de Shapiro- Wilk, la prueba de secuencias, la prueba de Bartlett y la prueba Pettit. (Bautista *et al.*, 2020). El criterio para continuar con el análisis fue que los datos del mes sometido a las pruebas, pasará al menos una de ellas.

De igual manera los datos se sometieron a las pruebas de homogenización, un procedimiento que se aplica a variables meteorológicas para tener mayor certeza respecto a que sus oscilaciones respondan a factores exclusivamente climáticos, aislando la información del sesgo provocado por errores de falla de equipo (estación), humanos u otros. En este sentido las series que presentan homogeneidad son aquellas en las que sus variaciones responden a causas climáticas y series no homogéneas contienen saltos en la media provocados por aspectos no relacionados con el clima (*Ibíb*). Las pruebas a las que se sometieron mediante el software fueron Prueba Buishad, Herlmert, Von Neuman, Anderson, Spearman y la prueba de Kolmogorov Smirnov. Los datos debieron demostrar homogeneidad en al menos una de ellas para continuar con el análisis.

Para la detección de la tendencia de cambio climático se utilizó el Coeficiente de correlación de Mann-Kendall (MK), el cual se encuentra entre las pruebas de estadística no paramétricas, esto debido a que se emplean datos de distribución libre (Gómez *et al.*, 2003)

o no normal (Bautista *et al.*, 2011). Esta herramienta ayuda a identificar tendencias de cambio no lineales de una serie de datos para intervalos iguales de tiempo.

La prueba compara el dato más reciente con los anteriores, el valor entre más cercano a 1 indica que la concentración de datos más reciente es más grande, caso contrario si el valor es -1. La puntuación de la serie de datos en la estadística de MK, la cual es comparada con un valor crítico con el fin de comprobar la existencia de alguna tendencia (Bautista *et al.*, 2011).

El análisis de MK se realiza de acuerdo a lo siguiente (*Ibíd.*):

- 1.- Los pares de datos $n (x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)$ son indexados de acuerdo a la magnitud del valor de x , tal que $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ y y_i es el valor de la variable dependiente que corresponde a x_i .
- 2.- Al examinar todos los $n (n-1 \text{ pares}) / 2$ ordenada de valores y_i . Sea P el número de casos en $y_i > y_j (i > j)$, y sea M el número de casos en $y_i < y_j (i > j)$.
- 3.- Por definir las estadísticas de prueba $S = P - M$.
- 4.- Para $n > 10$, se realiza la prueba utilizando una aproximación normal. La estadística de las pruebas estandarizadas Z se calcula de la siguiente manera:

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

$$\text{Var}(S) = n(n-1) (2n + 5) / 18$$

La hipótesis nula se rechaza al punto de significación α si $|Z| > Z(1-\alpha)/2$, donde $Z(1-\alpha)/2$ es el valor de la distribución normal estándar con una probabilidad de superación de $\alpha/2$. Entonces si $\alpha = 0.05$ la hipótesis nula se rechaza debido a $|Z| > 1.96$. El coeficiente de correlación τ de MK se define como:

$$\tau = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

La lectura del indicador es similar a otros coeficientes de correlación en los que el signo hace referencia al tipo de relación (inversa o directa) y el valor absoluto al grado de dicha relación. Dado que la prueba se utiliza en filas de datos, ésta puede aplicarse, aunque no se tengan algunos datos. Esto facilita su aplicación en la climatología ya que cuando se presenta esta situación se realiza una corrección en la fórmula de la varianza (S), en la cual los valores faltantes se agrupan empleando la siguiente fórmula (*Ibíd.*):

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+)}{18}$$

Donde t_i , es el número de vínculos de extensión i .

La prueba no puede ser aplicada cuando existen múltiples umbrales de rechazo de la hipótesis nula en el conjunto de datos ya que los valores no pueden ser clasificados de forma ambigua (Hirsch *et al.*, 1993 en Bautista et al., 2011).

En este caso las particularidades de la prueba de MK son (Ibíd.):

La prueba no tiene en cuenta la magnitud de los datos;

Es menos sensible a los datos extremos;

No tiene en cuenta la variación temporal en los datos de tal manera que no podemos obtener la magnitud de la tendencia; y

Los datos deben estar libres de estacionalidad.

Un resultado de no tendencia no equivale a una serie de datos estable, e equivale a una tendencia no detectada con esta prueba. Un resultado de tendencia de disminución o aumento de la prueba MK es una conclusión más sólida que la no tendencia. A menos datos disponibles, es menos confiable el resultado de la prueba de MK. Si $Z > 1.96$ entonces hay significancia estadística para las series de datos; es decir, hay tendencia. Un valor positivo de Z indica una tendencia ascendente; un valor negativo indica una tendencia descendente en la serie de datos (Ibíd).

Por otro lado, para el análisis del comportamiento de la producción de maíz de temporal obtenida se estimó el coeficiente de variación de Pearson (CV) empleando como referencia el rendimiento (Ton/ha) de los años (2003-2007). Este indicador mide el porcentaje de las variaciones de una variable respecto a la media de ésta (Vargas, 1995), de tal manera que es posible suponer que las variaciones en el rendimiento por hectárea del cultivo de temporal pueden estar asociadas, entre otros factores, al cambio de clima, por tanto, un municipio que presente una alta variación se encuentra en situación de mayor vulnerabilidad respecto a otro en el que su coeficiente sea bajo.

El cálculo del CV resulta del cociente de la desviación estándar y la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

Fuente: Vargas (1995).

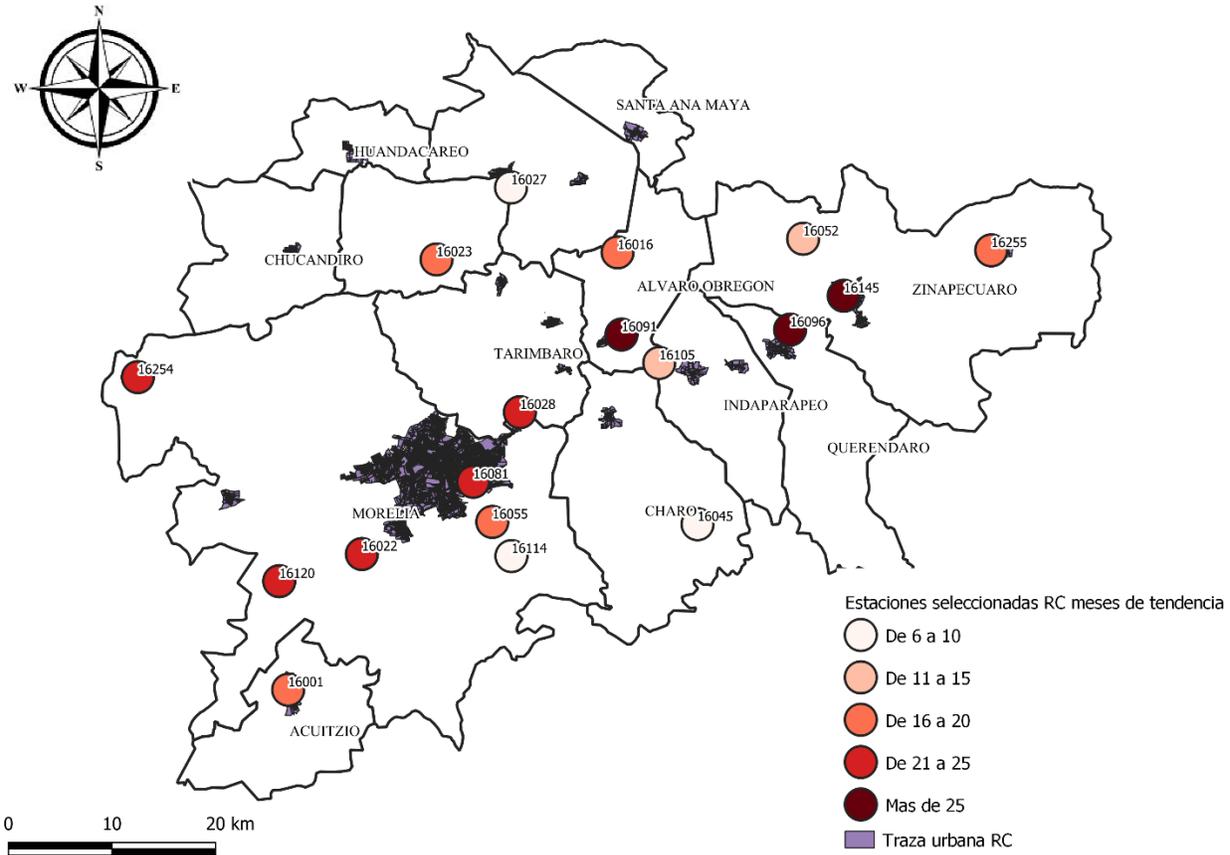
Tendencia de cambio climático en la región Cuitzeo

Entre los resultados más importantes destaca que en las 18 estaciones meteorológicas revisadas se observó alguna tendencia de CC. Dado que los resultados de este análisis señalan la identificación de la tendencia, el sentido (aumento o disminución) y los meses en los que se observan para los aspectos de Temperatura máxima (Tmax), Temperatura media (Tmed), Temperatura mínima (Tmin) y Precipitación (Precip), se procedió a sumar el número de meses en los que se observa alguna tendencia. Si se considera que por cada variable de las cuatro antes mencionadas hay 12 meses, entonces hay 48 meses en los que puede observarse tendencia de CC. En el caso de este estudio la estación 16096 “Presa Malpais” fue la que más meses presentó tendencia de CC en 34 meses, mientras que las estaciones 16027 “Cuitzeo” y 16114 “San Miguel del Monte” fueron en las que se observaron menos tendencias (6 meses).

TENDENCIA DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA REGIÓN CUITZEO DE MICHOACÁN Y SU ASOCIACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE TEMPORAL

El siguiente mapa (Ver figura 3) contiene las estaciones meteorológicas seleccionadas, así como un gradiente de color que permite ver las estaciones agrupadas en cinco grupos que van de 6 a 10 meses de tendencia observada hasta más de 25 meses de tendencia de CC. Cabe mencionar que el mayor número de estaciones (10) presentan tendencias entre 16 y 25 meses.

Figura 3. Número de meses con tendencia observada de CC por estación meteorológica



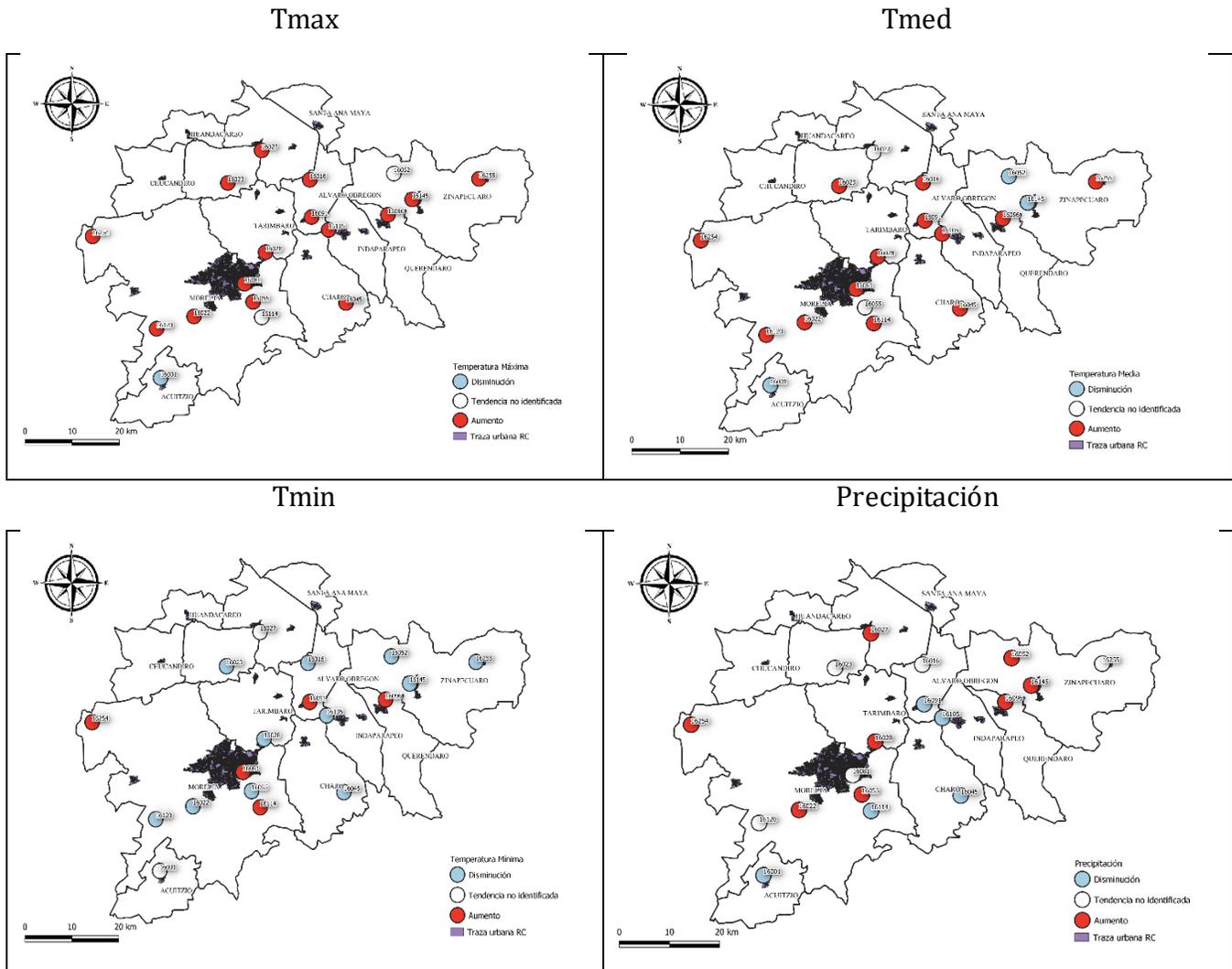
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, y como se ha mencionado en líneas anteriores, la señal de CC es una tendencia identificada de aumento o disminución, de manera que la georreferenciación de los resultados de las cuatro variables resulta útil para entender que los cambios no se dan de manera homogénea ni en el mismo sentido. A continuación, se integran los resultados por variable (T_{max} , T_{med} , T_{min} y Prec.) y se señalan con color azul si la tendencia identificada en esa estación es de disminución, con color blanco en caso de no haberse detectado tendencia y en color rojo si la tendencia es al alza (Ver figura 4).

Al presentar los resultados de esta manera es posible observar que, en el caso de la T_{max} , la mayoría de los casos es al aumento, únicamente la estación 16001 "Acuitzio" que registro disminución de temperatura y las estaciones 16114 "San Miguel del Monte" y 16052 "Huingo" en las que no se observó tendencia. Por su parte, en la T_{min} , la mayoría de los casos

presenta tendencia a la disminución, sin embargo 5 estaciones muestran tendencia al aumento de la temperatura mínima. Y llama la atención el caso de la precipitación ya que de las estaciones en las que se encontró tendencia (13), en 8 de ellas, se observan cambios hacia el aumento de la precipitación y en los cinco restantes se encontró evidencia de tendencia a la reducción de la precipitación, en este caso, en cinco estaciones no se detectó ninguna tendencia.

Figura 4. Tendencias observadas por variable (RC)



Fuente. Elaboración propia.

Producción de maíz de temporal en la Región Cuitzeo Michoacán

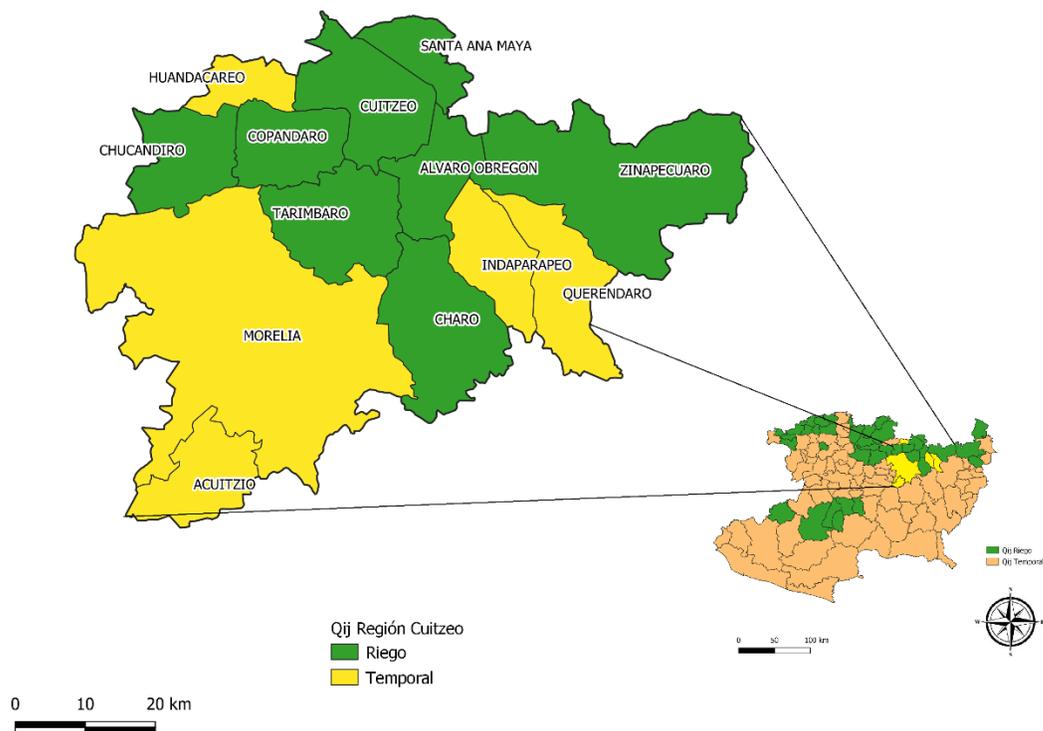
La producción de maíz de temporal se asocia a las unidades productoras campesinas dadas las condiciones socioeconómicas y culturales que vincula a los productores con este cultivo y son más sensibles a los efectos del CC (Hernández, 2020). El maíz de temporal también conocido como de secano es un cultivo que se tiene registro en los 113 municipios de

TENDENCIA DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA REGIÓN CUITZEO DE MICHOACÁN Y SU ASOCIACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ DE TEMPORAL

Michoacán y del que se produce la mayor cantidad respecto su similar de riego (SIAP, 2019), esto debido principalmente a la superficie destinada para su cultivo.

La estimación del coeficiente simple de especialización (Silva y Quiroga, 1994), permite dimensionar la importancia que aún guarda este cultivo para el estado de Michoacán y cada una de sus regiones (Ver figura 5). Sin embargo, es posible notar que, en el caso de la RC, de los 13 municipios que la componen, cinco son los que tienen especialización en maíz de temporal y de ellos destaca Morelia, que pese a ser el municipio más urbanizado es el que mayor cantidad de este grano produce (SIAP, 2019).

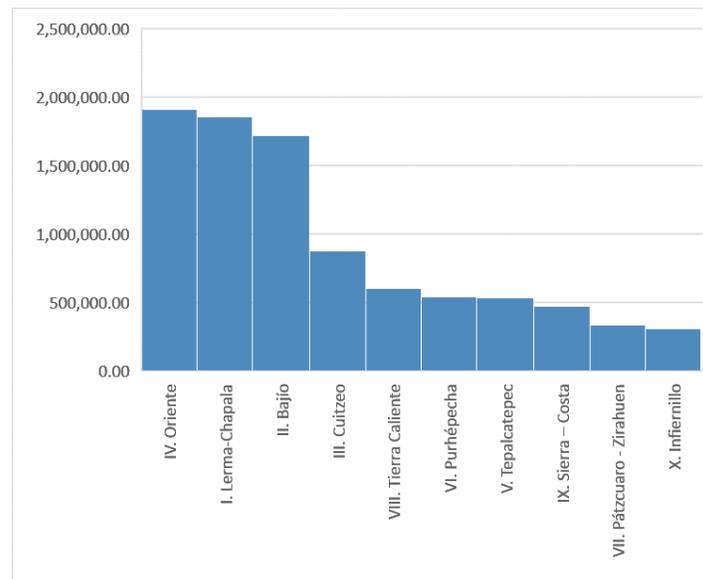
Figura 5. Especialización del maíz en la RC según disponibilidad de agua (2019)



Fuente. Elaboración propia

La RC es la cuarta de las diez regiones de Michoacán en producción de maíz temporalero con una producción en el año 2017 de 875662.49 toneladas.

Figura 6. Producción (tn) de maíz de temporal (2017)



Fuente. Elaboración propia con base a datos de SIAP (2019)

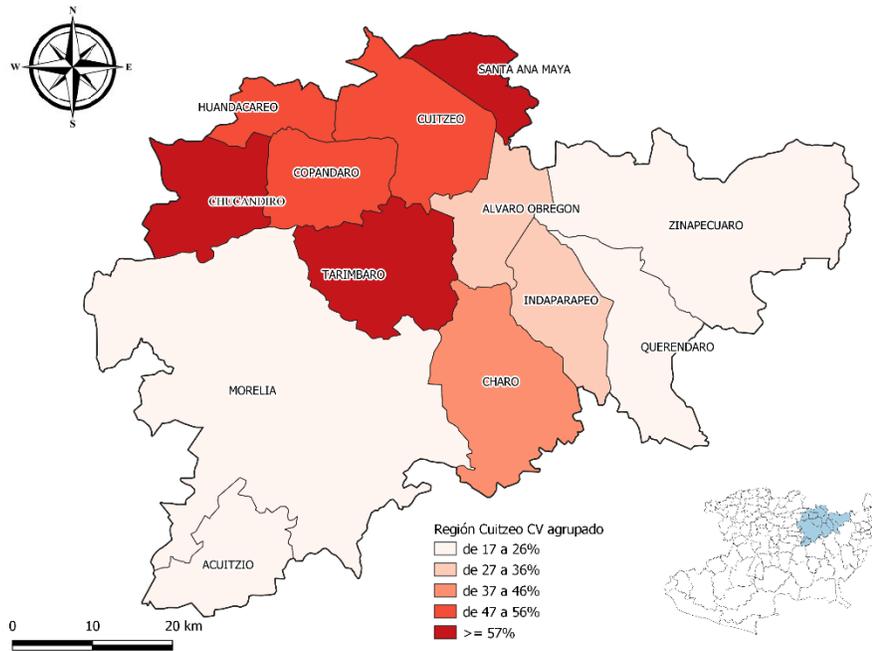
A fin de realizar un análisis más profundo, con la información obtenida se estimó el coeficiente de variación de Pearson (CV) para los 13 municipios de la RC, empleando como referencia el rendimiento (Ton/ha) del maíz de temporal. Este indicador mide el porcentaje de las variaciones de una variable respecto a la media de ésta (Vargas, 1995), de tal manera que es posible suponer que las variaciones en el rendimiento por hectárea del cultivo de temporal pueden estar asociadas, entre otros factores, al cambio de clima, por tanto, un municipio que presente una alta variación se encuentra en situación de mayor vulnerabilidad respecto a otro en el que su coeficiente sea bajo.

Por lo tanto, el indicador no considera la cantidad de producción sino las variaciones en ésta, de tal manera que un municipio con poca producción, pero con un CV bajo permite suponer que hay pueblos y comunidades campesinas que están llevando a cabo algunas acciones para mantener constante su producción temporalera de maíz.

Como se mencionó en líneas anteriores, se dispone de información desde el año 2003 hasta el 2017, para los municipios de la región. Es posible señalar que entre la información obtenida se encuentra la superficie sembrada, la superficie cosechada, la superficie siniestrada, la producción total y el rendimiento en toneladas por hectárea. Es precisamente este último dato el que se utilizó para la construcción del CV.

Los valores que se obtuvieron para el CV en la RC tienen una amplitud que va de 17% en Morelia hasta 67% en Chucandiro. Estos resultados se agruparon en cinco categorías georreferenciadas en el mapa siguiente (Ver figura 7), en el cual se pueden bosquejar las subregiones de alta variación o más vulnerables y aquellas menos vulnerables, con menor variación.

Figura 7. Coeficiente de variación del maíz de temporal en la RC Michoacán



Fuente. Elaboración propia con base a datos de SIAP (2019)

Los resultados de tendencia de CC en la RC muestran que este fenómeno se presenta en toda la zona de cobertura de las estaciones que se trabajaron para esta investigación. Es claro que, pese a que se pueden observar diferentes tendencias, predomina que en 15 de las 18 estaciones la tendencia de la Tmax es al aumento. Esto permite asumir que los productores de maíz de temporal de la RC se encuentran expuestos al fenómeno de CC, sin embargo, pese a ello existen rendimientos diferenciados en la producción de este cultivo, es decir, productores vulnerables, pero también existen aquellos que realizan prácticas agrícolas que les permite reducir tal variación en el rendimiento y por ende su vulnerabilidad. Cabe mencionar que la producción de maíz de temporal se asocia a la producción campesina (Uzcanga *et al.*, 2015a, Uzcanga *et al.*, 2015b, Damian *et al.*, 2014), producción de pequeña escala que emplea prácticas de producción más sustentables que la agroindustria.

Consideraciones finales

En la actualidad el tema del CC es considerado mega tendencia, sin embargo, esto ha contribuido a que se dé por hecho su existencia más allá del sentido e intensidad de este fenómeno, información que contribuye a dimensionarlo y desarrollar capacidades adaptativas, así como medir el impacto de los esfuerzos de mitigación. Es por ello que en este trabajo se aplica una metodología que busca tener mayor certidumbre respecto a la información sobre este tema.

Desarrollar la explicación sobre la metodología para la identificación de tendencias climáticas permite detectar, por un lado, el tipo de información que se dispone y la calidad de la misma. En este sentido es que se consideran necesaria una exhaustiva depuración de datos mediante técnicas manuales, visuales y pruebas estadísticas (normalización y homogeneización).

El presente trabajo, además permite observar que el fenómeno del CC existe en la RC de Michoacán, pero se presenta diferenciado de acuerdo a los registros de cada estación meteorológica seleccionada. Aunado a esto el cálculo del CV es parte de este acercamiento para obtener un panorama general sobre la situación que guarda la agricultura campesina en la RC de Michoacán y el impacto que el CC está generando. Sin embargo, habrá que considerar múltiples factores que influyen en el rendimiento de los cultivos, incluso la misma fuente de información es cuestionable debido a las formas de levantamiento de ésta.

Pese a lo anterior, el ejercicio es interesante ya que se puede plantear la hipótesis de que “las comunidades en la que el rendimiento de su producción de maíz de temporal presenta poca variación están desarrollando capacidades adaptativas” e ir a comprobarla a campo y la información resultante arrojaría información valiosa para el desarrollo de estrategias regionales de adaptación.

Lo anterior es derivado de que entre los resultados de este ejercicio se encuentra evidencia de contrastes en términos de productividad para el cultivo del maíz de temporal y que una de las razones de dichos contrastes puede deberse a que hay comunidades con actividades de adaptación al CC. Tales acciones pueden ser la punta de lanza para la sistematización de estrategias de adaptación replicables en localidades de características similares o para el diseño de una política pública regional.

En el mismo sentido, los contrastes identificados con el CV pueden ser interpretados como vulnerabilidad del sector, la cual afecta principalmente a los más pobres de la población y contribuye de forma significativa a la agudización de sus tal condición. Es por ello que la población que habita en las comunidades rurales de alta y muy alta marginación, particularmente, de estados con el nivel socioeconómico que presenta el estado de Michoacán, se encuentra reproduciendo círculos viciosos que están en función de la falta de acciones para configurar las formas tradicionales de producción de subsistencia con las nuevas condiciones climáticas (Cardona, 2002).

Al respecto Cardona (2002), refiere a la vulnerabilidad como la predisposición o susceptibilidad física, económica, política, o social, que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir daños en caso de un fenómeno desestabilizador de origen natural o antrópico que se manifieste. De manera que es posible identificar estos elementos en las comunidades campesinas y suponer una condición de vulnerabilidad.

Finalmente, asociar la producción de maíz de temporal con la agricultura campesina o de pequeña escala se fundamenta en estudios de caracterización de productores de maíz de temporal (Uzcanga *et al.*, 2015a, Uzcanga *et al.*, 2015b, Damian *et al.*, 2014) en los cuales sus resultados coinciden con algunos elementos que definen la agricultura familiar o campesina de autores como Van Der Ploeg, (2013) y Toledo (1995) quienes asocian esta unidad productiva con una lógica de subsistencia y de cubrir necesidades, donde se realiza la labranza necesaria, agricultura de policultivos, endógena, local, en la que la mayor parte de

la fuerza de trabajo proviene de la familia y en algunos casos se reproducen semillas nativas. Todas estas prácticas forman parte de la multifuncionalidad que genera la agricultura campesina y que representa aportes sustanciales a la sustentabilidad de los territorios.

Referencias

Bautista F., A. Pacheco., D.A. Bautista-Hernandez. (2020). Análisis del cambio climático con datos mensuales (Clic.MD). Skiu. 104pp.

Bautista, F., Bautista D.A., Álvarez O. & De la Rosa D. (2011). *Sistema de análisis de datos para el monitoreo regional y local del cambio climático con índices agroclimáticos (MOCLIC)*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en www.ciga.unam.mx/manual_moclic.pdf. consultado 2/12/2020.

Cardona, O. (2002). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo*. Disponible en <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/19852>. Consultado 17/03/18

Catálogo Electrónico de la Legislación de Estado de Michoacán (CELEM) (2004). *Publicado en el Periódico Oficial del Estado*, 15 de julio 2004. Disponible en: <http://leyes.michoacan.gob.mx/destino/O211fu.pdf>, consultado el 16/11/2020

CLICOM (2020). *Base de datos Climatológica Nacional*. Disponible en <http://clicom-mex.cicese.mx/mapa.html>. Consultado el 28/11/2020

Conde, C., Ferrer, Gay & Araujo (2004). *Impactos del cambio climático en la agricultura en México*. En Julia Martínez y Adrián Fernández Bremauntz, com. Cambio climático: una visión desde México.

Damián, H. M., Arenas, O. R., Valverde, B. R., Reyes, L. L., Lezama, C. P., y León, A. C. (2014). *Agricultura familiar y seguridad alimentaria entre productores de maíz de temporal en México*. Agroecología, 9, 89-99.

Filini, A. (2013). *La cuenca de Cuitzeo, Michoacán: patrimonio arqueológico y ordenamiento territorial*. MT Sánchez Salazar, G. Bocco y JM Casado Izquierdo (coords.), La política de ordenamiento territorial en México, de la teoría a la práctica, México, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 297-317.

Gómez G., M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2003). *Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas*. Revista mexicana de pediatría, 70(2), 91-99.

González, C. y Macías, A. (2007). Vulnerabilidad alimentaria y política agroalimentaria en México. Centro de Investigaciones y Estudios. Superiores en Antropología Social, México. Versión electrónica, disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/desacatos/n25/n25a3.pdf>. Consultado 19/05/2019.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2012). Aportes del IICA a la gestión del conocimiento de la agricultura en México. Pág. 75. IICA

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2019). *Población rural y urbana*. Disponible en http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P, recuperado el 13/06/2020.

Orellana, R., Hernández, M.E. y Espadas, C. (2011). Ambiente. Clima. En F. Bautista, *Técnicas de muestreo para el manejo de Recursos Naturales*. Segunda Edición, pp. 189-225. México, DF.

Ortega G. (2017). *Cambio Climático y Agricultura en la Región Tierra Caliente de Michoacán, Escenarios 2025-2075*. Tesis que para obtener el grado de Doctora en Ciencias en Desarrollo Regional. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) (2019). *Panorama Agroalimentario 2019*. Versión electrónica, disponible en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019, recuperado 13/06/20.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) (2019). *Panorama Agroalimentario 2019*. Versión electrónica, disponible en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2019/Atlas-Agroalimentario-2019, recuperado 13/06/20.

Silva y Quiroga (1994). *Técnicas de análisis regional: Ejercitación y aplicación*. TAREA versión 2.0. CEPAL, Dirección de Políticas y Planificación Regional. Serie metodologías.

Toledo, V.M. (1995). *Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos e históricos del desarrollo rural*. Cuadernos de Trabajo:1-45, Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y de los Recursos Naturales. México.

Uzcanga P., Cano G., Medina M., Arellano, E., y de Jesús, J. (2015). Caracterización de los productores de maíz de temporal en el estado de Campeche, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36(1345-2016-104390), 1295-1305.

Uzcanga P., Cano G., Ramírez S., y de la Cruz T. (2015). *Características socioeconómicas y rentabilidad de los sistemas de producción de maíz bajo condiciones de temporal de la Península de Yucatán, México*. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 37(1345-2016-104476), 173-183.

Van Der Ploeg (2013). *Diez cualidades de la agricultura familiar*. En LEISA revista de agroecología 6-8.

Vargas S. (1995). *Estadística descriptiva e inferencial*. Colección ciencia y técnica. Universidad de Castilla- La Mancha.

Williamson, (1998). *Revisión del consenso de Washington*, en L. Emergí (ed.), *El desarrollo económico y social en los umbrales del siglo XXI*, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington.