

Maíz de temporal: ¿es suficiente el conocimiento etnoecológico para afrontar la variabilidad climática?

Rainfed maize production systems: is ethnoecological knowledge enough to cope with climate variability?

ALEJANDRO TONATIUH ROMERO CONTRERAS*

ROCIO BECERRIL-PIÑA*

CARLOS DÍAZ-DELGADO*

CARLOS ALBERTO MASTACHI-LOZA*

ALEIDA VILCHIS-FRANCÉS*

RICARDO ARÉVALO-MEJÍA*

Abstract

Mexico is identified as the center of origin of maize. In addition, there is a solid local ethnological knowledge about its cultivation, climate, and cosmogony. This research aims were: 1) to integrate and capitalize on the farmers' knowledge in the Upper Lerma River Basin and 2) to identify triggers for local sustainability. Through ethnoecological interviews and the Delphi method, a conceptual model of rainfed maize cultivation was built, based on four dimensions: maize, agricultural work, climate-environment, and religion-cosmogony. Climate variability, generational change and industrialization could be a challenge for peasants if their ethnoecological knowledge is not exploited.

Keywords: *landraces, local ethnoecological knowledge, capitalize, adaptation, Delphi focus group.*

Resumen

México es identificado como centro de origen del maíz; a ello se agrega un sólido conocimiento etnoecológico local sobre su cultivo, clima y cosmogonía. Esta investigación plantea: 1) integrar y capitalizar el conocimiento del campesino en la Cuenca Alta del Río Lerma y 2) identificar detonadores de sostenibilidad local. Mediante entrevistas etnoecológicas y el método Delphi se construyó un modelo conceptual del cultivo de maíz de temporal, basado en cuatro dimensiones: maíz, labores agrícolas, clima-ambiente y religión-cosmogonía. La variabilidad climática, el cambio generacional y la industrialización podrían ser un desafío para los campesinos si no se capitaliza su conocimiento etnoecológico.

Palabras clave: razas locales, conocimiento etnoecológico local, capitalizar, adaptación, grupo de enfoque Delphi.

* Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA)-UAEMex, correos-e: atromeroc18@gmail.com, rbecerrilp@uaemex.mx, cdiazd@uaemex.mx, camastachil@uaemex.mx, yavilchisf@uaemex.mx y rarevalom@uaemex.mx

Introducción

El conocimiento local de los campesinos sobre su ambiente ha sido reconocido como un recurso valioso, que puede contribuir a la agricultura moderna en la configuración de sistemas más resilientes y sostenibles (Šūmane *et al.*, 2018). Este sistema, integrado de conocimientos, se basa en la experiencia y las prácticas agrícolas de las comunidades originarias, frente a las incertidumbres climáticas que afectan su sustento y, en algunas ocasiones, hasta su supervivencia. Es un hecho que la comunidad científica global ha reconocido a este *otro sistema de conocimiento* como fuente valiosa del entendimiento, principalmente en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas sobre seguridad alimentaria, conservación de biodiversidad y adaptación al cambio climático (Roue y Nakashima, 2018). Sin embargo, es importante resaltar que las políticas públicas de seguridad alimentaria sólo pueden ser eficaces si, además de la inversión monetaria, se incluye al capital social y cultural.

La interacción compleja entre las comunidades locales y su ambiente ha dado como resultado un conocimiento etnoecológico local, que ha permitido a los grupos originarios subsistir y adaptarse a una gama de climas. El maíz, en México, más que un cultivo que alimenta al pueblo, es un elemento central, que nutre la cultura de cientos de generaciones; su importancia no sólo radica en que es la base de su dieta, sino manifiesto de sus mitos, leyendas e, incluso, la génesis de la humanidad. México es identificado como centro de origen y domesticación de esta planta (Hellin *et al.*, 2013). Estudios señalan que las culturas nativas de la Cuenca del Río Balsas (González Jácome, 2007) domesticaron al maíz, que tuvo como progenitor al teocintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) y fue transportado al valle de Toluca, extendiendo su proceso de domesticación hasta convertirlo en el maíz moderno (*Zea mays* ssp. *mays*) (Matsuoka *et al.*, 2002; Van Heerwaarden *et al.*, 2011). En esta región se asume la ocurrencia de una mutación genética de la semilla a causa de la reacción bioquímica entre ésta y metales pesados (cadmio, plomo y cobre) provenientes de las erupciones del volcán Nevado de Toluca (Vielle-Calzada *et al.*, 2009).

Las prácticas de manejo de los campesinos, además de la polinización cruzada entre parcelas contiguas, han contribuido en la adaptación local del maíz, cuya siembra abarca desde el clima tropical a nivel del mar, las zonas montañosas con altitudes de 3000 m s. n. m. y hasta el semiárido (Perales y Golicher, 2014). En la selección de semillas, los campesinos se basan en factores cuantitativos y cualitativos, como tamaño de mazorca y grano, altura de la planta, rendimiento, resistencia a heladas, al viento, al déficit hídrico (Bennetzen y Hake, 2009), facilidad al desgrane, color,

sabor y consistencia. Estas prácticas han permitido que las razas locales evolucionen a lo largo del tiempo, adaptándose a su entorno y manejo local (Mercer y Perales, 2019).

Aunque *raza* no es categoría taxonómica formal, se considera una unidad útil para analizar la diversidad en el maíz (Matsuoka *et al.*, 2002). Son varios los esfuerzos para identificar las razas de maíz en el país; por ejemplo, el trabajo de Sanchez *et al.* (2000), quienes identificaron 59 razas. Asimismo, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) identificó 64 razas (Conabio, 2015). En términos regionales, Perales y Golicher (2014) identificaron seis zonas de alta diversidad: 1) Complejo Chiapas, 2) Sierras y Valles de Oaxaca, 3) Cordillera Occidental de la Costa, 4) Altiplano Central, 5) Sierra Noroeste y 6) Cañones de Chihuahua (figura 1, sección a). Estos resultados corresponden en gran medida a regiones biogeográficas, donde los factores climáticos y fisiográficos son importantes; pero también es coincidente con la distribución de los pueblos originarios de México. Algunos grupos originarios perciben al maíz como inseparable de su cosmovisión, ya que en sus prácticas religiosas buscan mantener un equilibrio que permita, entre otras cosas, hacer crecer las plantas, que la fauna sobreviva o que la prosperidad de la comunidad sea constante; para ello, es menester mantener contentas a sus deidades y alejar las catástrofes ambientales (INPI, 2019).

El conocimiento local de los campesinos en la milpa parece tener por objeto definir un plan con respecto a qué tipo de grano y cuándo, dónde y cuánto sembrar, con el fin de reducir o dispersar los riesgos de una mala cosecha. En este sentido, la *milpa* es el agrosistema más extendido y arraigado en Mesoamérica, en el que se busca cosechar, a través de la agricultura, tanta agua y energía como sea posible (Murray-Tortarolo *et al.*, 2018). En la milpa, el maíz es el cultivo principal, asociado con frijol, haba, calabaza, chile, amaranto y algunas verduras comestibles (quelites, quintoniles, verdolagas, huauzontles, cenizos y otras más). En este sistema predominan los productores a pequeña escala (superficie menor a 5 ha), donde siembran principalmente razas locales y, aproximadamente, 25% de la producción de maíz es para autoconsumo (SIAP, 2018).

Si bien se ha destacado el conocimiento de los campesinos sobre el cultivo de maíz, se debe resaltar que el clima, al igual que otros factores, se encuentra en un cambio constante, por lo que el conocimiento debe considerar esta dinámica. El clima no es un factor estático; de manera cíclica ocurren anomalías y sus impactos pueden ser imperceptibles, moderados o catastróficos. Las fluctuaciones que generan estas anomalías se denominan variabilidad climática y, aunque es inevitable, es posible mitigar los impactos. Conocer el clima y su variación es el primer mecanismo de adaptación, especialmente en la agricultura de subsistencia.

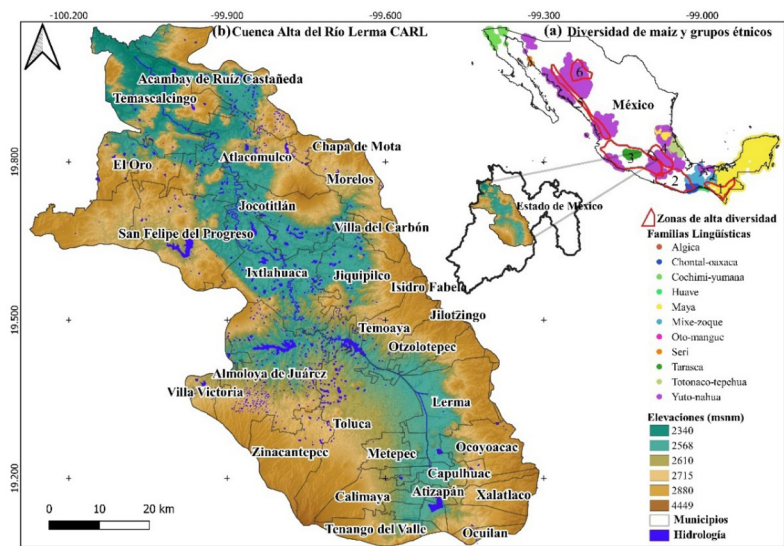
En tal contexto, para el presente estudio se integró un modelo conceptual del cultivo de maíz de temporal, basado en cuatro dimensiones: maíz (planta), labores agrícolas, clima-ambiente y religión-cosmogonía. Los objetivos fueron: 1) integrar y capitalizar el conocimiento local campesino en la región del valle Toluca-Atlacomulco; y 2) identificar los detonadores de sostenibilidad y resiliencia local que permitan fortalecer la producción del campesino en el contexto actual.

1. Materiales y métodos

1.1. Área de interés

El análisis se centró en la Cuenca Alta del Río Lerma (CARL), perteneciente a la región hidrológica Lerma-Chapala, y que comparte parteaguas con la región del Río Balsas, donde se encuentra el volcán Nevado de Toluca (figura 1). La CARL se localiza en la región centro-noroeste del Estado de México, en la zona de los valles altos, con altitudes que van desde los 2420 hasta los 4480 m s. n. m. Tiene una precipitación media

Figura 1
Coincidencia en la distribución de grupos étnicos y los centros de diversidad del maíz en México (a); geografía del área de estudio (CARL) (b)



Fuente: elaboración propia con datos de Inali (2008), Perales y Golicher (2014), Inegi (2010 y 2013). Mapa elaborado en Qgis versión 3.16.3 (OSGeo, 2021).

de 903 mm/año (Mastachi-Loza *et al.*, 2016), evapotranspiración de referencia de 1630 mm/año y con gradiente de precipitación norte-sur, más seco al norte (Orozco-Ramírez *et al.*, 2017).

En general, el clima es templado con lluvias en verano, semifrío-frío, con temperatura media anual de 13°C. La región de interés comprende 43 municipios (figura 1, sección b) que, en su mayoría, son áreas rurales (84.2%). La población originaria tiene raíces prehispánicas, residen grupos étnicos de la familia Oto-Mange, como otomíes, mazahuas, nahuas y, en menor proporción, matlazincas. Los otomíes son mayoría y comparten territorio con mazahuas y matlazincas, principalmente (INPI, 2019). Aproximadamente, 81% de la superficie sembrada es agricultura de temporal (SIAP, 2018); de ésta, un tercio corresponde a cultivos con razas locales (Miguel *et al.*, 2004). Uno de los grupos de maíz con gran diversidad e interés es el Complejo Piramidal Mexicano, en el que se incluyen razas que se siembran en altitudes mayores a 2000 m s. n. m., tales como *palomero toluqueño*, *cacahuacintle*, *cónico*, *chalqueño* y *arrocillo amarillo* (figura 2). Las tres primeras destacan por su preferencia en el cultivo y gastronomía del campesino.

1.2. Bases de datos y fuentes de información

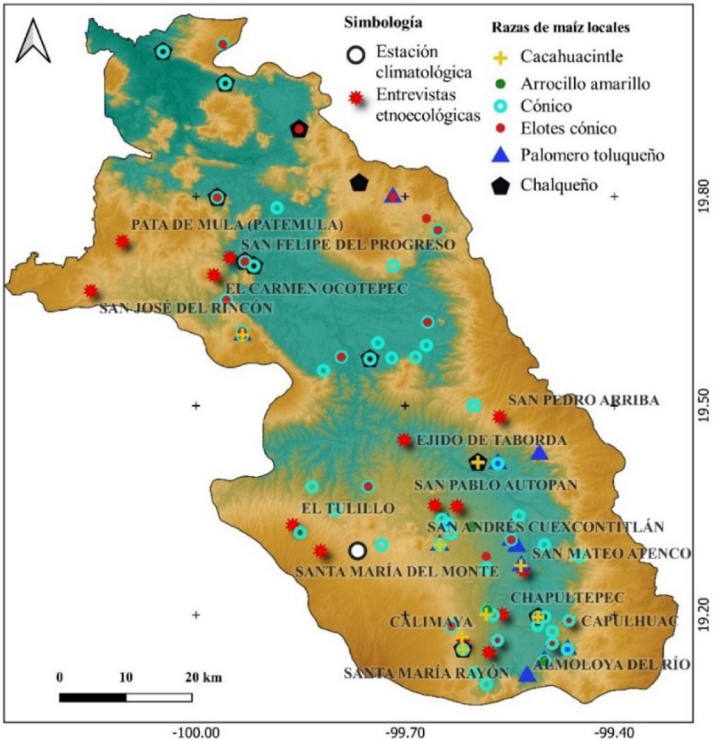
El conocimiento local campesino sobre el cultivo del maíz se analizó mediante consulta de escritos etnohistóricos y entrevistas etnoecológicas. La caracterización de la climatología y su relación con el cultivo de maíz se basó en datos climatológicos del periodo 1984-2016, a partir de los registros diarios y mensuales de la estación San Francisco Tlalcilcalpan (19.292° N, -99.768° W) (Conagua, 2020).

1.2.1. Información etnohistórica y etnoecológica

La metodología utilizada tiene como fundamento la teoría del neoevolucionismo (Wolf y Cirlot, 1971) y la clasificación de datos a través de la guía Murdock (Murdock, 1954). La información etnohistórica se basó en la identificación y consulta de los vocabularios y registros etnohistóricos de la región. La información etnoecológica fue recabada y recolectada entre 2004 y 2017, mediante recorridos de campo y entrevistas no estructuradas a campesinos. Se entrevistaron 36 campesinos mayores de 60 años (14 hombres y 22 mujeres). Las entrevistas constaron de preguntas abiertas en torno a la temporalidad del cultivo de maíz, labores de preparación de la tierra, actividades de siembra y cosecha, razas de maíz cultivadas, identificación de un mal tiempo agrícola, actividades para atenuar una mala cosecha o un mal tiempo, gastronomía y saberes agrícolas religiosos.

La información etnoecológica se recabó de localidades de los municipios de Calimaya, San Mateo Atenco, Chapultepec, Capulhuac, San Antonio la Isla, Almoloya del Río, Santa María Rayón, San Felipe del Progreso (El Carmen Ocotepec), Toluca (San Cristóbal Huichochitlán, San Pablo Autopan, San Andrés Cuexcontitlán y San Lorenzo Tepaltitlán), Tenango del Valle (San Pedro Tlanixco), San José del Rincón (Pata de Mula), Almoloya de Juárez (Tlatchichilpan, El Tulillo), Zinacantepec (Santa María del Monte) y Temoaya (San Pedro Arriba y Taborda) (figura 2).

Figura 2
Distribución de razas de maíz locales, ubicación de entrevistas etnoecológicas y estación climatológica San Francisco Tlalcilalcalpan



Fuente: elaboración propia con datos de Conabio (2015). Mapa elaborado en Qgis versión 3.16.3 (OSGeo, 2021).

1.2.2. Análisis y variabilidad climatológica

Una de las amenazas latentes en la continuidad y transmisión del conocimiento etnoecológico local, además de la migración y la pobreza, es la variabilidad del clima asociada con el calentamiento global. Por lo anterior, se analizó la variabilidad de la temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación y granizadas de la estación climatológica San Francisco Tlalcilcalpan (figura 2), perteneciente al municipio de Almoloya de Juárez. El análisis se realizó bajo el supuesto de que el comportamiento del clima en esta estación se puede considerar representativo de la zona de estudio. Asimismo, a fin de conectar la climatología con el ciclo agrícola del maíz, se identificó un año típico o normal, es decir, un año donde la variabilidad de la precipitación se ubique dentro de la media del periodo ± 1 desviación estándar, dentro del periodo donde se realizaron las encuestas y con condiciones neutrales, esto respecto a la presencia del fenómeno de El Niño o La Niña.

1.3. Integración y construcción del modelo dimensional

La construcción del modelo conceptual multidimensional del cultivo del maíz se basó en la integración del conocimiento etnohistórico, etnográfico y climatológico, lo que representó un gran reto. Para abordar el desafío, se recolectó la información a través de entrevistas a los campesinos y se formó un grupo de siete expertos bajo el enfoque Delphi (Chu y Hwang, 2008). Las especialidades de este grupo fueron: hidrología, historia agrícola, biología, climatología, antropología, gestión integrada de recursos hídricos y, por supuesto, campesino.

Teniendo en cuenta la técnica Delphi, y a fin de llegar a un consenso sobre la concomitancia de los aspectos socioecológicos relacionados con el sistema maíz de temporal, se realizaron dos rondas anónimas de forma remota y tres reuniones presenciales del equipo de trabajo de coordinación pertenecientes al Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA). La primera ronda constó de preguntas abiertas y cerradas. Los expertos asignaron un grado de acuerdo en escala Likert de cinco categorías (desacuerdo o acuerdo). El esquema se planteó de forma mensual, donde los expertos propusieran conceptos y dimensiones. Adicionalmente, los expertos participaron en un proceso de lluvia de ideas referente al concepto y alcance de la sostenibilidad. En este tema, la encuesta requirió una ronda adicional, ya que la primera no se consideró en el proceso de calificación. Al final de las primeras rondas se calculó, para cada concepto: puntuación media de las calificaciones (C_p), desviación estándar (DE) y rango intercuartil (Q). Para rondas sucesivas se calculó

la proporción de expertos que cambian sus calificaciones (PECP) y la proporción de reducción de variabilidad (RV) (tabla 1). Chu y Hwang (2008) mencionan que el requisito mínimo para llegar a un consenso sobre un aspecto específico durante la segunda ronda, o posterior, se establece en 75 por ciento.

Tabla 1
Reglas para evaluar las puntuaciones de expertos utilizando el enfoque Delphi

<i>Ronda 1</i>		<i>Ronda 2 o posterior</i>	
$C_i \geq 3.5$	Si el concepto $C_i \geq 3.5$, $Q \leq 0.5$, PECP $< 15\%$ y $RV \geq 0$, entonces concepto C_i se acepta		
$C_i < 3.5$	Si el concepto $C_i < 3.5$, $Q \leq 0.5$ y PECP $\leq 15\%$, entonces concepto C_i se rechaza		

Nota: C_i es puntuación media de cada concepto; Q es el rango intercuartil de las puntuaciones de cada concepto; PECP es la proporción de expertos que cambian su puntuación sobre el concepto; RV es la reducción de la variabilidad entre las puntuaciones de dos rondas sucesivas, evaluada en porcentaje.

Fuentes: adaptado de Chu y Hwang (2008).

1.4. Sostenibilidad de la agricultura del maíz de temporal

Sin lugar a dudas, el concepto de agricultura sostenible sigue siendo ambiguo y ambicioso (Roy *et al.*, 2013). Sin embargo, existe un consenso cada vez mayor de que la agricultura sostenible debe ser económicamente viable, socialmente responsable y ambientalmente racional. En este sentido, el método utilizado para llegar a un conjunto de sugerencias sobre detonadores de sostenibilidad se basó en una lluvia de ideas por parte de expertos del grupo Delphi. Este proceso se fundamentó en los resultados obtenidos del modelo multidimensional formulado y, en una primera ronda de consulta, los expertos identificaron ideas para la construcción de conceptos detonadores de sostenibilidad. Mediante el empleo del método Delphi se logró integrar y estructurar los conceptos finales, sin perder de vista que se trata de un tema complejo.

2. Resultados y discusión

2.1. Etnohistoria de razas locales de maíz en la CARL

La región es única por las ciénagas de Lerma (Chignahuapan, Chimaliapán y Chiconahuapan) y el volcán Nevado de Toluca. Los abundantes manantiales y toda su hidrología (figura 1, sección b) hicieron de esta

cuenca un sitio atractivo para asentarse. Los grupos étnicos de la región practicaban el cultivo intensivo en humedales, así como la agricultura de temporal (milpa) en el sistema de bancales y terrazas en las laderas de las montañas (Metcalf *et al.*, 1989).

El religioso franciscano del siglo del XVI fray Bernardino de Sahagún, tanto en la *Historia general de las cosas de la Nueva España* (Sahagún, 1981) como en el *Códice Florentino*, destaca la importancia del maíz y otros cultivos (frijol, ayocote y amaranto) para los habitantes prehispánicos de las tierras de Toluca. En este sentido, sobresalen algunas de las razas de maíz más antiguas: *palomero toluqueño*, *cacahuacintle*, *cónico* y *arrocillo amarillo*. En su descripción sobre el cultivo de maíz por los otomíes en Toluca, Sahagún refiere: *a*) apremio por consumir lo antes posible el maíz (probablemente ante la ocurrencia de heladas y por el gusto culinario del maíz tierno), *b*) el intercambio de maíz por productos de la zona lacustre (pescado, ranas, ajolotes y acociles), *c*) consumo de maíz maduro para tortillas y tamales y *d*) elaboración especial de tamales colorados como parte de las fiestas y rituales. Asimismo, se destaca un maíz que se tuesta y revienta denominado *mamochite*, más tarde identificado como *palomero toluqueño*, considerado una raza antigua de altitudes elevadas (2200-2800 m s. n. m.). Los registros arqueológicos confirman su presencia en la época prehispánica en el altiplano central (Wellhausen *et al.*, 1951). Actualmente, en la región, el cultivo del *palomero toluqueño* está siendo desplazado por el maíz *cónico*, y son pocos los lugares donde aún se siembra. Esto, quizá, porque a los campesinos no les gusta el consumo de tortillas hechas con maíz palomero, ya que las tortillas se endurecen y quiebran (Romero *et al.*, 2004).

Otras fuentes etnohistóricas que vinculan el cultivo de razas locales en las tierras altas de Toluca son *Arte y vocabulario de la lengua matlaltzinga*, de fray Diego Basalenque (Basalenque, 1975); *Vocabulario mazahua-español*, de Muro (1975), donde se identifican características fenotípicas y cualitativas de la agricultura matlatzinca y mazahua; finalmente, los trabajos de De la Vega (2017) referentes al pueblo otomí (tabla 2).

Tabla 2
Vocabulario agrícola

<i>Castellano</i>	<i>Matlatzinca</i>	<i>Mazahua</i>	<i>Otomí</i>
Mazorca de maíz cuajada (maíz maduro)	<i>inmuxa</i>		<i>manxa</i>
Mazorca de maíz por cuajar (maíz en maduración)	<i>inthexí</i>		
Mazorca de maíz seco	<i>inthuhuí</i>		
Maíz blanco/blanco ancho	<i>inthoxthuhuí</i>	<i>mbarecjo</i>	<i>that'axi</i>
Maíz negro	<i>imbothuhuí</i>	<i>botjo</i>	<i>thaboti</i>
Maíz amarillo	<i>inquehmuthuhuí</i>		<i>thabek' axti</i>
Maíz azul		<i>b'otrjöö</i>	<i>thamok'angi</i>
Maíz colorado/rosado	<i>inchiquehthuhuí</i>	<i>sabinu</i>	<i>thakupoi</i>
Maíz leonado/pinto	<i>intzenbothuhuí</i>	<i>cundo</i>	<i>thabindo</i>
Maíz de riego	<i>nixithuhuí</i>		

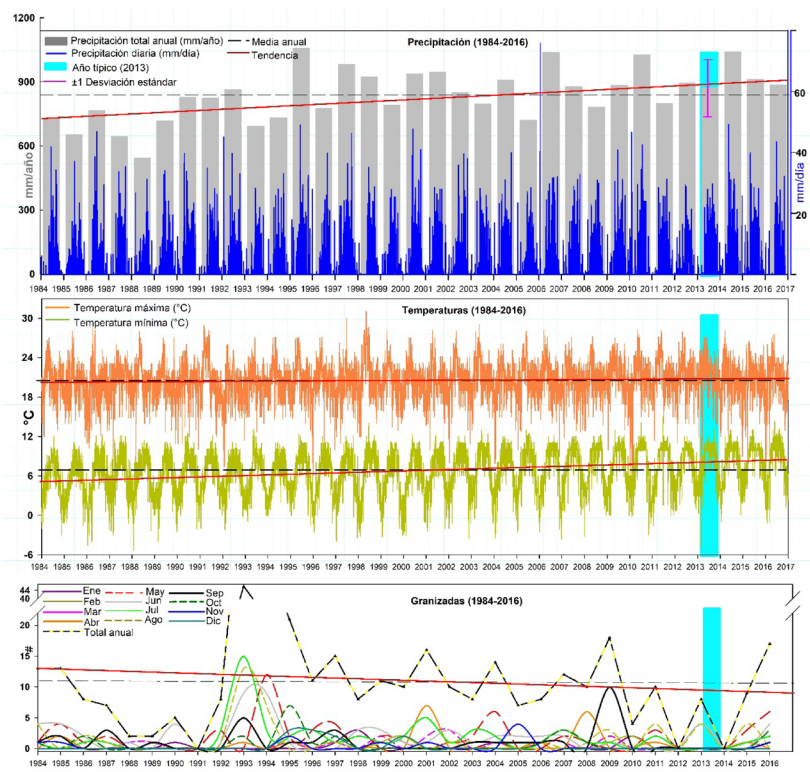
Fuente: elaboración propia a partir de los autores citados.

2.2. Caracterización climática de la CARL

Se analizaron los registros diarios de más de 30 años (figura 3) de la estación climatológica San Francisco Tlalcilalcalpan (Almoleya de Juárez). Los registros de precipitación muestran que la región presenta una media de 839 mm/año, desviación estándar de 123 mm/año, máximo y mínimo de 1058 y 543 mm/año, respectivamente. Se identificaron como años húmedos a aquellos que son significativamente superiores a la media +1 desviación estándar, entre estos: 1995, 1997, 2006, 2010 y 2014. Asimismo, la región también ha presentado años secos, con registros que no superan la media -1 desviación estándar, entre estos: 1985, 1987, 1988 y 1993. En términos de sequía meteorológica, se identificaron cinco condiciones excepcionalmente secas en 1993, 2005, 2011, 2014 y 2015. En la variabilidad estacional, la temporada de lluvias comprende los meses de mayo a septiembre, siendo julio el más lluvioso y diciembre el que menos lluvia registra. Se observa una tendencia positiva en la precipitación total anual a partir del 2005 (figura 3). Los registros de precipitación fueron la base para determinar un año típico o normal y que sirvió de referencia en la esquematización del modelo conceptual para relacionar el clima, las actividades agrícolas y religiosas. Se seleccionó la climatología del 2013 (figura 3), ya que cumplió con los siguientes criterios:

- a) Precipitación anual dentro de la media del periodo ± 1 desviación estándar (716-962 mm/año).
- b) Dentro del periodo donde se realizaron las encuestas y recorridos de campo (2004-2017).
- c) Año con persistencia de condiciones neutras, es decir, que no corresponde ni a un episodio de El Niño ni de La Niña (NOAA, 2020).

Figura 3
Variabilidad, media y tendencia de precipitación; temperaturas máxima y mínima



Fuente: elaboración propia a partir de registros climatológicos (Conagua, 2022).

Los registros de temperatura muestran poca variación, sin embargo, se observa que la temperatura mínima presenta incremento, por lo que las noches y madrugadas son un poco más cálidas a partir del 2001. En cuanto a la ocurrencia de granizadas, se observa que en promedio ocurren 11 por año, aunque en 1993 se registraron 46. Las granizadas son más comunes entre mayo y septiembre, siendo junio el más severo. Durante el periodo de análisis se observa que las granizadas se han intensificado en

agosto. Cabe destacar que estos resultados son congruentes con los reportados por Mastachi-Loza *et al.* (2016), quienes identificaron que la precipitación, las granizadas y las temperaturas se han incrementado, pues son más extremas y presentan desfase en su comportamiento histórico normal (1960-2010).

2.3. Integración del conocimiento etnoecológico local del maíz

En múltiples culturas agrícolas, el pronóstico climático se basa en la habilidad de observar el ambiente y en su interpretación para realizar los ajustes necesarios. Este conocimiento se ha transferido de generación en generación, como una herencia valiosa. En este sentido, se logró identificar que el conocimiento etnoecológico del cultivo del maíz se hereda en primera instancia al primogénito, restando interés al tema sucesivamente por parte de los hijos de menor edad, lo que sin duda puede representar un riesgo en la producción de maíz de temporal en la cuenca. Al ser una actividad que no es apoyada por las políticas públicas y con la presión de la urbanización creciente, se ve una clara reducción del tamaño de parcelas o, en su caso, abandono total, por otras actividades con mejor remuneración económica, perdiendo interés por parte de las generaciones jóvenes.

A continuación, se describen las formas actuales del manejo cultural del maíz de temporal y el nexo de las prácticas con la adaptación climática, como una posible vía para intentar explicar por qué los campesinos utilizan y conservan varias razas de maíz y sus respectivas variedades. Para analizar esta relación, se consideraron las etapas del ciclo agrícola anual de temporal, el cual es función de la lluvia y del calendario de fechas y rituales de la región, mismos que constituyen las bases de la organización social para la gestión del sistema milpa. Cabe destacar que, en regiones de gran altitud, sólo es posible una cosecha anual, por lo que los campesinos han tenido que adecuar técnicas para enfrentar limitantes como las heladas, el granizo y el exceso/escasez de lluvia.

El ciclo de la *milpa-maíz* no tiene un inicio o fin, pero en términos prácticos se considera como inicio el 6 de enero, con la roturación de la tierra, y tiene como finalidad destruir los surcos y emparejar el terreno para la siembra. Al final del mes, se añade estiércol aprovechando la humedad natural y se abren los surcos (figura 4) para captar la humedad en el suelo, con la práctica del arroyo. La aplicación de abono o fertilizante se alterna con las cenizas que recogen del desecho del fogón de la cocina. El 2 de febrero, que es la celebración de La Candelaria, la familia campesina lleva a bendecir las semillas seleccionadas de la cosecha anterior a la iglesia católica de la localidad y, en el atrio de la iglesia, se suele intercambiar el germoplasma. Para ello, lo observan, platican e intercambian

Figura 4

Mosaico fotográfico de algunas actividades, herramientas y semillas relacionadas con el cultivo de maíz de temporal en la CARL



Fuente: elaboración propia con algunas fotografías obsequiadas por Martín Vázquez Sánchez (2021).

información sobre las cualidades y características de las semillas, tales como sabor, resistencia, color, precocidad, tamaño e, inclusive, recetas de cocina. Las tortillas azules son apreciadas con particularidad, ya que su sabor es único y un poco más dulce que el maíz blanco, aunque su elaboración es un poco más difícil.

La población otomí lleva a bendecir otros cultivos de la milpa, como frijol, haba, semilla de chayote, trigo y romero. Se bendicen 12 veladoras, ya que forman parte del ritual productivo comprendido en el ciclo del maíz, donde se enciende una vela el primer día de cada mes como parte del ritual del ciclo anual del maíz. Los campesinos recomiendan iniciar la primera siembra el 2 de febrero con maíz *cacahuacintle*, pues dicen que “tarda más en darse”. De ser necesaria otra siembra, se recomienda realizarla el 18 de marzo, cuando está a punto de iniciar la primavera y se aproxima el equinoccio. Se sugiere sembrar el maíz azul, rosado y negro. Finalmente, en las primeras semanas de mayo se puede hacer una tercera siembra y se recomienda sembrar maíz amarillo (*cónico y palomero toluqueño*).

Las tradiciones indígenas están estrechamente ligadas con el conocimiento empírico, altamente funcional, sobre el comportamiento climático. Por ejemplo, el pueblo otomí del valle de Toluca celebra fiestas y rituales de protección a los santos de la milpa, el cual está en función del tiempo

que tarda el maíz en su desarrollo (precoz o tardío), y en prevención del comportamiento climático (periodos anómalos, es decir, sin lluvia, heladas, inundaciones). Favorecen también el principio de reciprocidad cultural y natural. Para ello, en las celebraciones y fiestas se realiza un *pago* con tradiciones culinarias, a cambio de obtener buen temporal para asegurar cosechas abundantes.

Antes de sembrar, se remojan las semillas en agua durante 24 horas; los campesinos toman en cuenta que la luna esté en cuarto creciente o en luna llena. Según su tradición oral, se encuentra así el equilibrio entre agua (germinación de semillas), cielo y tierra (Romero, 2004; De la Vega, 2017). En la siembra, los dueños de la milpa realizan una cruz como señal de petición de permiso y bendición. Generalmente, en el trazado de surcos, calles y besanas (camino en las cabeceras del cultivo) se toman en cuenta los puntos cardinales, predominancia de la circulación de los vientos y pendiente del terreno, para asegurar el desagüe del exceso de lluvia, distribución del agua, prevención de erosión hídrica del suelo y el acame de las plantas.

En las tierras altas, los campesinos privilegian en cantidad la siembra con maíz *cónico amarillo*, en primer lugar; en segundo lugar, prefieren el *cónico blanco* o *cacahuacintle* para comerlo en pozole y en tamales, también por su ventaja comercial de hojas para envolver el tamal. Posteriormente, prefieren los *cónicos* de colores (figura 4) para los rituales y comidas especiales. Finalmente, optan por el *palomero toluqueño*, pues a pesar de ser el más resistente al déficit hídrico y a las plagas, es considerado el menos sabroso y el menos adecuado para hacer tortillas, porque éstas se quiebran y son duras. Por tradición, se guarda un poco de este último para hacer *palomitas* y elaborar collares blancos para adornar retablos e imágenes religiosas durante las fiestas religiosas. Los campesinos enfatizan que cuando siembran el *palomero toluqueño* en la misma parcela con otras razas, principalmente con el *cónico*, se incrementa la resistencia y vigor del maíz en la siguiente siembra.

En términos de festividad, el 3 de mayo los campesinos de la región se organizan para llevar a cabo una peregrinación al santuario del Señor del Cerrito (Ixtlahuaca), también conocido como “Señor de las Aguas”. En la ceremonia (misa, altares y danza) se hace petición por las lluvias. Las actividades de la siembra culminan antes del 15 de mayo, fecha de la fiesta de *San Isidro Labrador*, de quien se cree que es el santo protector de los cultivos; quienes siembren después de esta fecha, dicen que se arriesgan a obtener un maíz seco, es decir, el maíz no se “goza” (llenarse completamente de granos y desarrollarse al máximo). Es notoria en la región la creencia de que si el 15 de mayo no llueve, el año agrícola será seco o no se dará una buena cosecha.

Pasada la siembra, comienza *la guía*, que consiste en aflojar la tierra con el azadón alrededor de cada planta. Antes de que lleguen las lluvias, los campesinos temen las heladas de abril y mayo. Una helada en estas fechas, justo cuando las plantas ya emergieron, acabaría con ellas y representaría la inseguridad de alimentarse con su propio maíz por un ciclo, obligándoles a comprar maíz para su sustento. Aunque existe la posibilidad de resembrar con *coa* o azadón si los lugares afectados son identificados y se tiene disponibilidad de semillas de *cónico* y *palomero toluqueño*, principalmente.

Cuando los campesinos pronostican heladas, lo hacen tomando en cuenta el aire frío procedente del Nevado de Toluca. A este fenómeno climatológico le denominan *aire comalero*, y sopla en presencia de un cielo sin nubes. En las madrugadas de estos días, cuando la temperatura baja, dicen que “escarcha las parcelas” y daña las plantas pequeñas o las semillas si aún no han brotado. Para proteger a las plantas de estas heladas, deben “calentar el ambiente”. Por lo tanto, hacen fogatas con zacate u olotes (figura 4) en el terreno para calentar a las plántulas y que el hielo no llegue a dañarlas. Ésta parece ser una práctica muy antigua en el valle de Toluca, ya que está reportada en el siglo XVII (Serna, 1892). También para alejar las heladas, pobladores de toda la CARL encienden cohetes (o fuegos de artificio) y prenden una de las doce veladoras bendecidas el 2 de febrero. Hasta mediados de junio, mujeres y niños realizan el *aporque* y el deshierre a mano, ya que muchos campesinos no aplican herbicidas. Para los campesinos existe otra fecha de gran importancia: si llueve el 13 de junio, día en que se venera a san Antonio, es un indicador de buen temporal y buena cosecha de maíz para ese año. En este mes se realiza la *corriente* y *aporque*, último trabajo para favorecer el crecimiento del maíz, que consiste en acercar la tierra a la planta, levantando el surco para que el agua escurra y no dañe la planta por su exceso; también sirve para tapar las raíces aéreas que tiene el maíz y protegerlo del acame o derribe. Adicionalmente, cuando la temporada de lluvias presenta un retraso, los campesinos se preparan para una resiembra, teniendo como límite el 15 de junio; esta labor se efectúa con maíces de color azul y rojo (figura 4).

En julio comienzan las tormentas y se incrementan las granizadas. Para entonces se han terminado las labores de la milpa y sólo se cuida que las plantas sigan creciendo. En julio comienza la canícula y dura hasta agosto; es la temporada más calurosa en la región. Llueve por las tardes (lluvias convectivas típicas de la región) y en ocasiones también por las noches. En julio ya ha brotado la espiga de maíz y el elote se obtiene de principios a mediados de agosto, en las partes bajas de la CARL; mientras que, en las partes altas, existe un retraso de 30-40 días. Es decir, el crecimiento de las plantas se retrasa por efecto de una satisfacción térmica más lenta

(grados día crecimiento, DDC). En efecto, los recorridos en la región han permitido identificar que en las cotas mayores de 2750 m s. n. m. se presenta retardo en la etapa de maduración de la planta. Entre el 10 y el 25 de agosto, se cree que anda suelto el diablo (en otomí se le dice *jmitzu*), quien realiza travesuras en las milpas, mandándole al campesino mucha lluvia, viento y plagas. Por lo anterior, se hacen las llamadas *sangraderas* en las milpas para que no se saturen de agua, es decir, labores de canalización y drenaje del agua excedente. También se realizan los *nantsi* o *calles* en las milpas, con orientación norte-sur, y este-oeste para que la milpa esté “en equilibrio”. Esta es una actividad que debe realizarse cada 12 surcos (simbolizando los meses del año), con esta actividad se abren túneles de circulación del viento. Así, en cada una de las calles (hileras de plantas) se va quitando una mazorca y colocan flores de pericón (*Tagetes lucida*) amarradas a la planta de maíz a manera de trueque. Se piensa que de esta manera se contrarrestarán los efectos de la canícula y los elotes tendrán buen sabor y no harán daño. Adicionalmente, si un déficit hídrico por canícula se presenta con vientos fuertes que estén derribando las plantas, se realiza una ceremonia con copal y flores, haciendo la señal de la cruz en los cuatro puntos cardinales de la milpa, para evitar que el viento la derribe (De la Vega, 2017).

Los campesinos que sembraron a mediados de marzo y principios de abril ya tienen elotes para el 15 de agosto, día de La Asunción, y se hace la fiesta agrícola de las primicias. Agosto es la temporada de elotes tiernos y también se pueden saborear las cañas dulces con flores de anís. La primera cosecha de maíz *cónico amarillo* ocurre durante septiembre, porque los campesinos se preparan para recibir a los fieles difuntos, ofreciéndoles los primeros frutos de la milpa el 29 de septiembre, en coincidencia con la fiesta de san Miguel Arcángel, pues, según la cosmogonía local, es quien da permiso a los difuntos para que se reúnan con los vivos en la tierra (Báez, 1979).

Las heladas de las últimas semanas de octubre y primeras de noviembre se consideran benéficas, debido a que hacen madurar el grano de la mazorca. Una vez seca la planta, doblan la base de la mazorca apuntando al suelo con la finalidad de evitar que posibles lluvias generen condiciones propicias para el desarrollo de plagas o descomposición de la materia orgánica. Otra técnica es cortar las plantas y *amogotar* (arreglo de plantas en forma cónica) (figura 4); este arreglo favorece la ventilación, evitando la pudrición de la mazorca o el secado del zacate. Además, los campesinos señalan que la cosecha levantada después de las primeras heladas se vuelve más resistente a los gorgojos y otras plagas cuando se almacena. La cosecha se lleva a cabo en noviembre y diciembre; es un trabajo muy pesado, ya que se hace de forma manual, con un pizcador (figura 4), y se requiere

apoyo de familiares y, en algunos casos, se contrata a peones si se cuenta con dinero para su pago.

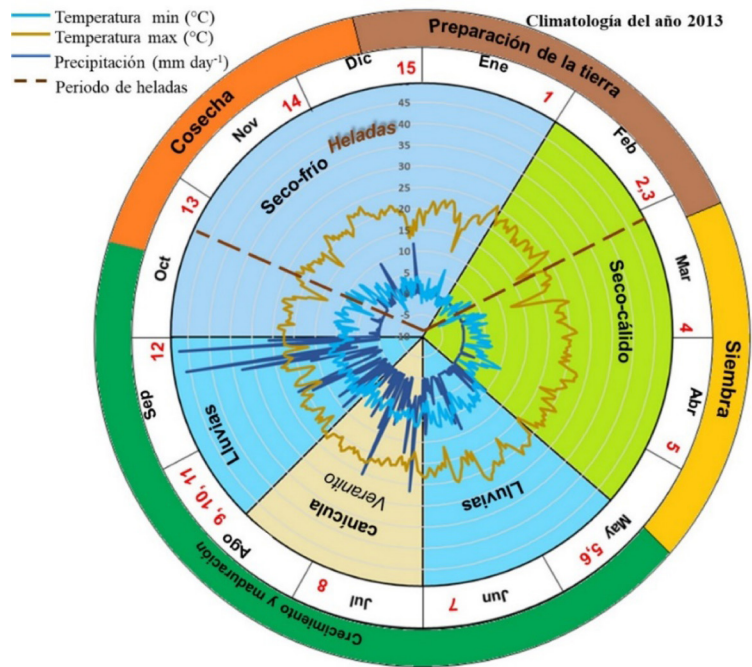
En el patio de las casas se levantan los *sincopotes* o *sincolotes* (figura 4), que son graneros donde se guarda la cosecha de maíz. Éstos son contruidos a base de tiras de madera, formando un cubo alto y hueco, lo que facilita la aireación. En lo alto del sincolote se coloca una cruz de madera o mazorcas, la cual fungirá como guardián de la cosecha para que no se pudra el grano. Las mazorcas ya almacenadas en los sincolotes terminan de secarse por acción del viento que circula entre las ranuras de la madera. Por último, el desgrane de mazorcas se suele realizar de forma manual, mediante piedra (figura 4) o elotera. Antes del 6 de enero, es seleccionado el germoplasma que habrá de sembrarse para el siguiente ciclo. Como criterios de selección toman en cuenta: 1) que el raquis del olote sea delgado; 2) tamaño de mazorca; 3) tamaño del grano; 4) precocidad; y 5) color. En esta operación no se permite que participen los niños, pues se tiene la creencia que si lo hacen tendrán los dientes chuecos (probablemente esta restricción se deba a la carencia de habilidades de los infantes para realizar la tarea de selección de germoplasma en forma adecuada). Así termina el ciclo agrícola del maíz y su relación con el clima y ambiente. El ritual agrícola permite identificar el nexo entre la cosmovisión y el ciclo del maíz (figura 5), enfatizando la idea de que el maíz es una planta divina, que los dioses otorgaron para alimentar a los hombres.

2.4. Construcción del modelo conceptual del sistema maíz de temporal

Con base en la metodología planteada y los resultados derivados del consenso entre expertos, se construyó el modelo conceptual del sistema maíz de temporal en la CARL (figura 5).

La climatología se caracterizó a partir de los registros del periodo 1985-2016, considerando una precipitación media anual de 839 mm (± 123), temperatura máxima y mínima anual promedio de 20.6 °C (± 0.5) y 6.6 °C (± 0.9), respectivamente. Si bien el análisis de variabilidad climática muestra que en la región las precipitaciones se han incrementado y las temperaturas se han vuelto más extremas, surgió la necesidad de esquematizar el comportamiento del clima de forma general. En la figura 5 se detallan las conexiones que envuelven el binomio campesino-maíz, con base en las variaciones temporales del año 2013. La precipitación anual fue de 873 mm; más de 70% de las lluvias ocurrieron entre junio y septiembre, siendo febrero y marzo los meses más secos. La temperatura mínima promedio fue de 8°C; de noviembre a febrero se presentaron temperaturas próximas a 0°C, y en marzo por debajo de los 0°C; asimismo,

Figura 5
Modelo conceptual del sistema de maíz de temporal en la CARL con conexiones climáticas, cosmogonía y actividades sociales y agrícolas



Fuente: elaboración propia a partir de registros climatológicos (Conagua,2022), entrevistas y autores citados.

la ocurrencia de heladas fue de octubre a febrero. La temperatura máxima promedio fue de 21.4°C, aunque de abril a junio se presentaron temperaturas de 27°. En la tabla 3 se sintetizan las principales relaciones entre maíz, clima, religión y labores agrícolas de los campesinos de la zona.

Al analizar los contenidos del modelo conceptual construido, mostrado en la tabla 3 y la figura 2, es evidente que los campesinos son proactivos en sus estrategias de manejo y poseen un amplio conocimiento tácito y empírico del clima, alineando su conocimiento etnoecológico local con el ciclo fenológico del maíz y otros rituales y festivales que son inseparables de este proceso, de acuerdo con su cosmovisión de interconexión entre los aspectos naturales y culturales del cultivo del maíz. La etnoecología indígena concierne a la transmisión de saberes, prácticas, rituales y festivales que en su conjunto configuran una serie de estrategias intangibles para la conservación y preservación del maíz nativo y el conocimiento mismo.

Tabla 3
Propuesta del modelo conceptual del ciclo anual de las relaciones entre cultivo/razas de maíz, clima/ambiente, religión/cosmogonía y labores agrícolas

<i>Fig. 5</i>	<i>Mes</i>	<i>Razas</i>	<i>Clima-ambiente</i>	<i>Religión-cosmogonía</i>	<i>Labores agrícolas</i>
1	Enero	Selección de semillas	Heladas. Captura de humedad en el suelo con las nuevas labores. Observación de luna creciente para remojo y germinación de semillas	Misa de año nuevo	Roturación de la tierra y nivelación del terreno
2	Febrero	Intercambio de germoplasma (2 de febrero)	Heladas	La virgen de La Candelaria. Bendición de las semillas y 12 veladoras	Continúa incorporación de abono
3	Febrero	Siembra de <i>cacahuacintle</i> (maíz blanco)	Heladas. Se aprovecha la humedad capturada para el brote de semillas	Observación de la estrella de la mañana (Venus) para prácticas de germinación. Aprovechamiento de los rayos del sol matutinos	1ª siembra (a partir del 2 de febrero), sobre todo en las partes altas del valle
4	Marzo	Siembra de cónicos de color (rosado, azul, negro)	Heladas. Equinoccio, anuncio de primavera	Petición de siembra	2ª siembra (18 de marzo)
5	Abril / Mayo		Heladas tardías, <i>aire comalero</i>	Prenden una de las veladoras bendecidas el 2 de febrero	Queman zacate y hacen fogatas en el terreno de cultivo para calentar a las plántulas y que el hielo no llegue a dañarlas

Tabla 3 (continuación)

<i>Fig. 5</i>	<i>Mes</i>	<i>Razas</i>	<i>Clima-ambiente</i>	<i>Religión-cosmogonía</i>	<i>Labores agrícolas</i>
6	Mayo	Siembra de <i>cónico amarillo y palomero toluqueño</i>	Primeras lluvias	Petición de protección del cultivo. Celebración de la Santa Cruz (3 de mayo) Fiesta de san Isidro Labrador (15 de mayo)	Levantamiento de la cruz en la milpa. 3ª siembra (1 al 15 de mayo)
7	Junio		Si hay lluvia (13 de junio), habrá buen temporal	San Antonio (13 de junio)	Realizar la <i>corriente</i> , es decir, aporcar la tierra a la planta
		Resiembra con maíz de ciclo corto	Si hay retraso del ciclo de temporada de lluvia		Última posibilidad de siembra
8	Julio		Canícula (inicio)		
9	Agosto		Ciclo normal con lluvias	Fiesta de la Asunción (15 de agosto). Adorno de milpa e iglesia	Primeros elotes de las siembras 1ª y 2ª. Se hacen <i>sangraderas</i> para sacar el exceso de agua.
10			Ciclo normal de lluvias, ráfagas de viento, tormentas eléctricas y granizadas.	Del 10-25 de agosto, si hay mal temporal, se dice que el diablo anda suelto	Se arreglan las calles en la milpa para dar dirección al viento. Arreglos de flores de pericón en la milpa
11	Agosto		Canícula (fin)		Se vigila el cultivo

Tabla 3 (continuación)

Fig. 5	Mes	Razas	Clima-ambiente	Religión-cosmogonía	Labores agrícolas
12	Septiembre		Ciclo normal de lluvias	San Miguel Arcángel da permiso a los difuntos de visitar a sus parientes vivos. Se le agradece con comida ritual y ofrenda de elotes	1ª cosecha antes del 29 de septiembre
13	Octubre		Primeras heladas		Doblar el tallo de mazorca y <i>amogotar</i> plantas
14	Noviembre	Cosecha de todas las razas sembradas	Continuación de las heladas	Llegada de los santos difuntos. Agradecimiento por la cosecha	Cosecha final después del 2 de noviembre. Se construyen los <i>sincolotes</i> para almacenar la cosecha
15	Diciembre				Continuación de la cosecha y cortar el zacate para alimentar el ganado o como leña para el fogón.

Fuente: elaboración propia con base en los datos de las entrevistas y los autores citados.

Sin embargo, es importante mencionar que las fechas religiosas son sacrosantas y no cambian a pesar de las variaciones climáticas. Incluso con la presencia de déficit hídrico, inundaciones, heladas tempranas, granizadas o vientos fuertes, las ceremonias religiosas asociadas al ciclo de la milpa se llevan a cabo como de costumbre, aunque se pueden pronosticar pérdidas de cosechas. Como medida de adaptación, los periodos máximos y mínimos permitidos para la siembra, replantación y cosecha se modifican en un consenso logrado dinámicamente. Por lo tanto, para contrarrestar un posible desastre, la mayoría de los campesinos almacenan germoplasma adicional de cosechas anteriores para utilizarlo en los ciclos posteriores a posibles pérdidas de cultivos. En el peor de los casos, las semillas nativas se pueden comprar en el mercado local.

En general, los campesinos cultivan de una a tres razas y de tres a cinco variedades de maíz, como parte de su estrategia para garantizar la disponibilidad de granos durante todo el año. Esta estrategia forma parte de su poderoso conocimiento etnoecológico local, ya que entienden qué variedad o raza de maíz es más resistente a diferentes fenómenos climáticos. La siembra con *palomero toluqueño* en algunas áreas de la milpa es otro ejemplo de sus estrategias para reducir el riesgo y mantener la auto-suficiencia, buscando garantizar una cosecha para el autoconsumo, incluso ante potenciales pérdidas de cultivos e incertidumbre climática.

2.5. Sostenibilidad del maíz de temporal en la CARL

El proceso de identificación de detonadores de sostenibilidad se basó en el modelo multidimensional construido (figura 5 y tabla 3) y en un proceso de consenso de expertos a partir del método Delphi (tabla 4).

Tabla 4
Consenso para identificar detonadores de sostenibilidad bajo el método del grupo Delphi

<i>Concepto</i>	<i>Ronda</i>	<i>Calificación asignada por experto</i>							<i>Ci</i>	<i>Q</i>	<i>DE</i>	<i>PECP (%)</i>	<i>RV (%)</i>
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>					
Detonadores de sostenibilidad	1	5	3	5	5	5	5	5	4.71	0.00	0.76	14.29	37.8
	2	5	4	5	5	5	5	5	4.86	0.25	0.38		

La sostenibilidad es un concepto contextual relacionado con un territorio específico, tiempo, cultura y gobernanza presente, conocimiento y tecnología existente, así como recursos económicos y ambientales disponibles. Por lo tanto, considerar el contexto de la sostenibilidad de la agricultura de temporal en la CARL podría significar: 1) garantizar la continuidad de la familia en términos de sucesión y transmisión del conocimiento etnoecológico local; 2) satisfacer sus compromisos socio-culturales (religiosos, sociales y políticos); 3) decidir libremente ingresar o no a un trato injusto de mercado de maíz; 4) mantener o incrementar los niveles de productividad en un contexto de trato justo; 5) mantener la diversidad de germoplasma (razas locales) permite afrontar la variabilidad climática regional; 6) fortalecer la optimización de agua y energía del sistema, ya que al no requerir riego no se tiene que invertir en infraestructura y mantenimiento.

Conclusiones

En el sistema del maíz de temporal, el conocimiento etnoecológico local es conocimiento tácito y explícito generado y enriquecido entre sociedades a través de miles de años; destaca, además, que la transferencia de dicho conocimiento ha sido por medio de los rasgos culturales que perduran: religión, tradiciones, mitos y leyendas.

En este trabajo se logró construir una propuesta de modelo conceptual del ciclo anual del sistema maíz de temporal de las tierras altas del centro de México. Este sistema ha logrado enfrentar la variabilidad climática de la región y fortalecer su resiliencia. Se analizó el conocimiento etnoecológico a través de cuatro dimensiones: 1) cultivo/razas de maíz; 2) clima/ambiente; 3) religión/cosmogonía; y 4) labores agrícolas. Este proceso incluyó la participación de múltiples disciplinas y actores interesados, todos ellos expertos en la región y particularmente con relación al cultivo del maíz de temporal.

En este sistema, los campesinos desempeñan un papel vital en la preservación del germoplasma local, a fin de garantizar su sobrevivencia cultural. El análisis de variabilidad climática muestra que se han incrementado los eventos de precipitaciones mayores a 10 mm por día —la precipitación anual— se han vuelto más extremas las temperaturas y se observa que las granizadas se han enfatizado en agosto. Este análisis aún no es suficiente para cuantificar y concluir su impacto en la producción del cultivo de maíz, sin embargo, de seguir estas tendencias quizá el tiempo y el conocimiento de los campesinos no sea suficiente para lograr la adaptación de sus saberes y semillas, toda vez que la tasa de cambio puede no tener precedentes y los sistemas de conocimiento local podrían no estar cambiando a una tasa lo suficientemente rápido para adaptarse.

Por otro lado, la sostenibilidad es un concepto contextual relacionado con un territorio específico, tiempo, cultura y gobernanza presentes, conocimiento y tecnología existente, así como recursos económicos y ambientales disponibles. Sin embargo, es necesario documentar, estructurar y compartir el conocimiento local relacionado con el maíz de temporal entre los productores, con el propósito de fortalecer la capacitación de los campesinos, la sostenibilidad de la producción y preservación del maíz nativo. Es importante reconocer que la sostenibilidad del sistema de maíz de temporal es un problema poco resuelto que es bastante exigente y desafiante. Sin embargo, una combinación con la ciencia y la tecnología modernas del conocimiento campesino y sus experiencias locales mejorará la aplicabilidad y la viabilidad de un proceso futuro de planificación estratégica orientado a preservar y construir un sistema de maíz de temporal más resistente y sostenible.

Este fortalecimiento destaca la necesidad del diseño e implementación de políticas públicas innovadoras para un trato justo en la producción del maíz de temporal que considere una denominación de origen, respeto a culturas y tradiciones, para pequeños productores (5 ha). Bien puede ser considerado como un producto *gourmet* con la generación de un mercado élite y con precios de garantía. Este mercado no puede, ni debe competir con precios y productos importados, que son de diferente modo de producción y menor calidad nutritiva. Finalmente, también se destaca que la importancia de este sistema se debe a que simplemente representa la raíz, el sabor y la identidad de una nación.

Agradecimientos

Agradecemos y reconocemos el apoyo de todos los campesinos que participaron en la integración del conocimiento local sobre el saber del maíz de temporal y, en especial, al Dr. Martín Vázquez Sánchez, por las fotografías facilitadas para ilustrar este trabajo.

Fuentes de consulta

Báez Macías, Eduardo (1979), *El arcángel San Miguel: su patrocinio, la ermita en el santo desierto de Cuajimalpa y el santuario de Tlaxcala*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Basalénque, Diego (1975), *Arte y vocabulario de la lengua matlaltzinga vuelto a la castellana. Versión paleográfica de María Elena Bribiesca*, Ciudad de México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.

Bennetzen, Jeff y Hake, Sarah (eds.) (2009), *Handbook of maize: its biology*, Nueva York, Springer.

Chu, Hui-Chun y Hwang, Gwo-Jen (2008), "A Delphi-based approach to developing expert systems with the cooperation of multiple experts", *Expert Systems with Applications*, vol. 34, Louisiana, Elsevier, pp. 2826-2840, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.05.034>

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2015), "Distribución de maíces nativos en México",

- Ciudad de México, Conabio, <<https://cutt.ly/UnKdMmr>>, 14 de mayo 2021.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2020), “Información estadística climatológica”, Ciudad de México, Conagua, <<https://goo.su/U6Eu>>, 18 de febrero de 2022.
- De la Vega Lázaro, Margarita (2017), *Aprendiendo otomí (Hñāhñu)*, Ciudad de México, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.
- De Sahagún, Bernardino (1981), *El México antiguo: selección y reordenación de la Historia general de las cosas de Nueva España de fray Bernardino de Sahagún y de los informantes indígenas*, Caracas, Fundación Biblioteca Ayacucho.
- González Jácome, Alba (2007), “Agroecosistemas mexicanos: pasado y presente”, *Itinerarios: Revista de Estudios Lingüísticos, Literarios, Históricos y Antropológicos*, núm. 6, Varsovia, Instituto de Estudios Ibéricos e Iberoamericanos-Universidad de Varsovia, pp. 55-80.
- Hellin, Jon; Keleman, Alder; Lopez, Daaris; Donnet, Laura y Flores, Dagoberto (2013), “The importance of niche markets. A case study of blue and pozole-making maize in México”, *Revista Fito-tecnia Mexicana*, 36 (6), Chapingo, Sociedad Mexicana de Fito-tecnia, pp. 315-328.
- Inali (Instituto Nacional de Lenguas Indígenas) (2008), “Distribución de las lenguas indígenas de México, portal idegeo”, Ciudad de México, Inali, <<https://acortar.link/T8gax1>>, 15 de mayo de 2021.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2013), “Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM)”, Resolución espacial 15 m, Versión 202004281453, Aguascalientes, Inegi, <<https://bit.ly/3iMeh5u>>, 5 de mayo de 2021.
- Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) (2010), “Red hidrográfica”, escala 1:50 000, edición 2, Aguascalientes, Dirección General de Geografía y Medio Ambiente-Inegi, <<https://bit.ly/3UD228A>>, 10 de mayo de 2021.

- INPI (Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas) (2019), “Atlas de los pueblos indígenas de México”, Ciudad de México, INPI, <<http://atlas.inpi.gob.mx/pueblos-indigenas/>>, 14 de mayo de 2021.
- Mastachi-Loza, Carlos Alberto; Becerril-Piña, Rocio; Gómez-Albores, Miguel Ángel; Díaz-Delgado, Carlos; Romero-Contreras, Alejandro Tonatiuh; García-Aragón, Juan Antonio y Vizcarra-Bordi Ivonne (2016), “Regional analysis of climate variability at three time scales and its effect on rainfed maize production in the Upper Lerma River Basin, Mexico”, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 225 (1), Beijing/Ámsterdam, Elsevier, pp. 1-11, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.041>
- Matsuoka, Yoshihiro; Vigouroux, Yves; Goodman, Major; Sanchez, Jesús; Buckler, Edward y Doebley, John (2002), “A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99 (9), Washington, D. C., National Academy of Sciences, pp. 6080-6084, doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.052125199>
- Mercer, Kristin y Perales, Hugo (2019) “Structure of local adaptation across the landscape: flowering time and fitness in Mexican maize (*Zea mays* L. subsp. *mays*) landraces”, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 66 (1), Ámsterdam, Springer, pp. 27-45.
- Metcalfe, S. E.; Street-Perrot, F.A.; Brown R.B.; Hales P. E.; Perrot R. A. y Steininger F. M. (1989), “Late Holocene human impact on lake basins in Central Mexico”, *Geoarchaeology*, 4 (2), Tennessee/York, John Wiley and Sons Inc., pp. 119-141.
- Miguel, Manuel Antonio; Arellano, José Luis; García, Gabino; Miranda, Salvador; Mejía, Apolinar y González, Félix (2004), “Variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla”, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27 (1), Chapingo, Sociedad Mexicana de Fitotecnia, pp. 9-15.
- Murdock, George Peter (1954), *Guía para la clasificación de los datos culturales*. Versión castellana, Ciudad de México, Instituto Indigenista Nacional de Guatemala y Ciencias sociales de la Unión Panamericana.

- Muro, Mildred Kiemele (1975), *Vocabulario mazahua-español y español-mazahua*, Ciudad de México, Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.
- Murray-Tortarolo, Guillermo; Jaramillo, Víctor y Larsen, John (2018), “Food security and climate change: the case of rainfed maize production in Mexico”, *Agricultural and Forest Meteorology*, 253, Ámsterdam, Elsevier, pp. 124-131.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2022), “Cold & Warm episodes by season”, Maryland, NOAA, 3 de abril de 2022.
- Orozco-Ramírez, Quetzalcóatl; Perales, Hugo y Hijmans, Robert (2017), “Geographical distribution and diversity of maize (*Zea mays* L. subsp. *mays*) races in Mexico”, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64 (5), Ámsterdam, Springer, pp. 855-865, doi: <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0405-0>
- OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) (2021), QGIS (Quantum Geographical Information System) versión 3.16.3, Oregon, OSGeo, <<https://cutt.ly/DnKfPnr>>, 15 de mayo de 2021.
- Perales, Hugo y Golicher, Duncan (2014), “Mapping the diversity of maize races in Mexico”, *PloS one*, 9 (12), El Cairo, Public Library of Science, pp. 1-20, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114657>
- Romero Contreras, Alejandro Tonatiuth (2004), “Rituales y actividades materiales en la antigua agricultura indígena”, *CIENCIA ergo-sum*, 11 (1), Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 25-35.
- Roue, Marie y Nakashima, Douglas (2018), “Indigenous and Local Knowledge and Science: From Validation to Knowledge Coproduction”, *The International Encyclopedia of Anthropology*, Tennessee, John Wiley & Sons, pp. 1-11.
- Roy, Ranjan; Chan, Ngai Weng y Rainis, Ruslan (2013), “Development of indicators for sustainable rice farming in Bangladesh: a case study with participative multi-stakeholder involvement”, *World Applied Science Journal*, 22 (5), Pakistán, International Digital Organization for Scientific Information, pp. 672-682.

- Sanchez, J., Goodman, M. y Stuber, C. (2000), "Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico", *Economic Botany*, The New York Botanical Garden Press and Springer, JSTOR, 54 (1), Ámsterdam, Springer, pp. 43-59.
- Serna, Jacinto (1892), *Manual de ministros de indios para el conocimiento de sus idolatrías y extirpación de ella (1656)*, Ciudad de México, Anales del Museo Nacional de México.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca) (2018), *Atlas agroalimentario 2012-2018: la transformación productiva del campo mexicano*, Ciudad de México, SIAP, <<https://cutt.ly/CnKffpY>>, 15 de mayo de 2021.
- Šūmane, Sandra; Kunda, Ilona; Knickel, Karlheinz; Strauss, Agnes; Tisenkopfs, Talis; Des los Rios, Ignacio; Rivera, Maria; Chebach, Tzruya y Ashkenazy, Amit (2018), "Local and farmers' knowledge matters! How integrating informal and formal knowledge enhances sustainable and resilient agricultura", *Journal of Rural Studies*, vol. 59, Loughborough, Elsevier, pp. 232-241, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.01.020>
- Van Heerwaarden, Joost; Doebley, John; Briggs, William; Glaubitz, Jeffrey; Goodman, Major; Sanchez Gonzalez, Jose de Jesus y Ross-Ibarra, Jeffrey (2011), "Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (3), Washington, D. C., National Academy of Sciences, pp. 1088-1092, doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1013011108>
- Vielle-Calzada, Jean-Philippe; Martinez de la Vega, Octavio; Hernandez-Guzman, Gustavo; Ibarra-Laclette, Enrique; Alvarez-Mejía, Cesar; Vega-Arreguín, Julio; Jiménez-Moraila, Beatriz; Fernández-Cortés, Araceli; Corona-Armenta, Guillermo; Herrera-Estrella, Luis y Herrera-Estrella, Alfredo (2009), "The Palomero genome suggests metal effects on domestication", *Science*, 326 (5956), Washington, D. C., American Association for the Advancement of Science, pp. 1078-1078, doi: <https://doi.org/10.1126/science.1178437>
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. M. y Hernández, X. E. (1951), *Razas de maíz en México, su origen, características y distribución*, Programa de

agricultura cooperativo de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México/Fundación Rockefeller, Ciudad de México, Aldina.

Wolf, Eric y Cirlot, Juan Eduardo (1971), *Los campesinos*, Barcelona, Labor.

Zhang, Xuebin y Yang, Feng (2004), “RClimDex” version 1.0, “User manual”, Climate Research Branch Environment, Qingdao, China, <<https://acortar.link/fWYI6y>>, 10 de febrero de 2022.

Recibido: 19 de mayo de 2021.

Reenviado: 4 de febrero de 2022.

Aceptado: 18 de abril de 2022.

Alejandro Tonatiuh Romero Contreras. Doctor en Antropología e Historia por la Universidad Iberoamericana, México. Profesor-investigador de tiempo completo en el Instituto Interamericano de Ciencia y Tecnología del Agua, de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus líneas de investigación son gestión integrada del agua, manantiales, gobernanza del agua en los comités ciudadanos y bordos y presas del Alto Lerma, ubicación, estado, usos y manejos. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran: como coautor, “Ijuí, Brasil: sociedad, economía e identidad”, *Revista de Estudios Regionales*, núm. 103, Málaga, Universidades Públicas de Andalucía, pp. 15-38 (2015); “Desarrollo regional, electrificación y reorganización socioespacial en Valle de Bravo, México”, *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 7 (13), Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 243-269 (2012), y “El impacto de la desecación de la laguna de Lerma en la gastronomía lacustre de San Pedro Tultepec de Quiroga, Estado de México”, *El Periplo Sustentable*, núm. 21, Toluca, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 101-138 (2011).

Rocio Becerril-Piña. Doctora en Ciencias del Agua, por la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente pertenece a la Red Lerma-Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación son análisis y monitoreo de procesos socioambientales mediante teledetección, sistemas de información geográfica y medio ambiente y sociedad. Entre sus más recientes publicaciones destacan: como coautora, “Desertification: Causes and Countermeasures”, Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Lange Salvia, A., Wall, T. (eds) *Life on Land. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*, Cham, Springer, pp. 219-231 (2021); “Metodología para la estimación de pérdidas económicas de cultivos de

maíz siniestrados por inundaciones usando teledetección”, *Revista de Geografía Norte Grande*, núm. 79, Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, pp. 207-227 (2021), y “Analysis of Thermal Plume Dispersion into the Sea by Remote Sensing and Numerical Modeling”, *Journal of Marine Science and Engineering*, 9 (12), 1437, Basilea, MDPI, pp. 1-21 (2021).

Carlos Díaz-Delgado. Doctor en Ingeniería (Hidrología) por la Universidad Laval (Quebec, Canadá). Desde 1994 es profesor-investigador del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA, antes Centro Interamericano de Recursos del Agua, CIRA) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación son hidrología superficial, hidrología estadística, modelación matemática de eventos hidrológicos extremos, gestión integrada de los recursos hídricos, hidráulica aplicada y desarrollos tecnológicos en ciencias del agua. Entre sus más recientes publicaciones destacan: en coautoría, “Autocorrelation Ratio as a Measure of Inertia for the Classification of Extreme Events”, *Mathematics*, 10 (12), 2112, Basilea, MDPI, pp. 1-15 (2022); “Proposal of a Mask and Its Performance Analysis with CFD for an Enhanced Aerodynamic Geometry That Facilitates Filtering and Breathing against COVID-19”, *Fluids*, 6 (11), 408, Basilea, MDPI, pp. 1-22 (2021), y “Seasonal Changes in Climate Variables in Rainfed Crop Areas in the Lerma-Chapala-Santiago Basin, Mexico”, *Advances in Meteorology*, vol. 2021, 9919167, Londres, Hindawai, pp. 1-12 (2021).

Carlos Alberto Mastachi-Loza. Doctor en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Querétaro (México), es profesor-investigador del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA) de la Universidad Autónoma del Estado de México. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación son gestión integrada del agua con énfasis en ecohidrología. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran: en coautoría, “Decision Making Model for Municipal Wastewater Conventional Secondary Treatment with Bayesian Networks”, *Water*, 14 (8), 1231, Basilea, MDPI, pp. 1-27 (2022); “Water Conservation Education in Elementary Schools: The Case of the Nenetzingo River Catchment, Mexico”, *Sustainability*, 14 (4), 2404, Basilea, MDPI, pp. 1-11 (2022); y “Seasonal Changes in Climate Variables in Rainfed Crop Areas in the Lerma-Chapala-Santiago Basin, Mexico”, *Advances in Meteorology*, vol. 2021, 9919167, Londres, Hindawai, pp. 1-12 (2021).

Aleida Vilchis-Francés. Doctora en Ciencias del Agua por la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente forma parte del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua y es profesora de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores. Sus líneas de investigación actuales son incendios y sequía. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran: en coautoría, “Modelado de dinámica de sequías para predicción de incendios forestales en el estado de Morelos, México”, *Aqua-LAC*, 10 (2), Montevideo, Unesco, pp. 13-21 (2018); “Integrated Hydro Informatics Tool to Assess Hydrological Alteration on Gauged Sites: Hydra-Eflow”, *SSRN Electronic Journal*, Rochester, Elsevier, pp. 1-35 (2022), y “Design of optimal tank size for rainwater harvesting systems through use of a web application and geo-referenced rainfall patterns”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 145, Ámsterdam, Elsevier, pp. 323-335 (2017).

Ricardo Arévalo-Mejía. Doctor en Ciencias del Agua por la Universidad Autónoma del Estado de México. Actualmente es profesor-investigador del Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), de la Universidad Autónoma del Estado de México. Sus líneas de investigación actuales son hidrología estocástica, análisis de sequía meteorológica, geoestadística aplicada, análisis de series de tiempo y caudal ecológico, con interés particular en comprender, modelar y sistematizar los procesos que determinan los patrones que rigen la dinámica climática global y regional. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran: como coautor, “Water Conservation Education in Elementary Schools: The Case of the Nenetzingo River Catchment, Mexico”, *Sustainability*, 14 (4), 2404, Basilea, MDPI, pp. 1-11 (2022); “Integrated Hydro Informatics Tool to Assess Hydrological Alteration on Gauged Sites: Hydra-Eflow”, *SSRN Electronic Journal*, Rochester, Elsevier, pp. 1-35 (2022), y “A baseline assessment of hydrologic alteration degree for the Mexican catchments at gauged rivers (2016)”, *Science of The Total Environment*, vol. 729, 139041, Ámsterdam, Elsevier (2020).