

Vulnerabilidad socioambiental del maíz nativo frente al cambio climático en el estado de Tlaxcala, México

*Socio Environmental Vulnerability of the Native Maize against Climate Change in
the State of Tlaxcala, Mexico*

*Vulnerabilidade socioambiental do milho nativo às mudanças climáticas no
estado de Tlaxcala, México*

Maricela Hernández Vázquez

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología, México

mariheva@live.com.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4562-2324>

Guillermina García Juárez

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología, México

nefertiti_ggj58@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0003-4943-454X>

Hermila Orozco Bolaños

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología, México

emy_r1@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0001-5519-1893>

María Guadalupe Juárez Ortíz

Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología, México

mjuarez20@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1250-5877>

Resumen

El estado de Tlaxcala no solo se caracteriza por ser productor de maíz de temporal, sino también por tener una importante diversidad genética de maíz nativo. A sabiendas de lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar la distribución potencial de las razas de maíz nativo en este estado con la finalidad de identificar condiciones futuras que permitan prever la permanencia de este cultivo o su desaparición bajo escenarios de cambio climático. Se estudiaron los registros de cuatro razas primarias de maíz (cacahuacintle, chalqueño, cónicos y elotes cónicos) con una base total de 725 datos georreferenciados y se modelaron sus distribuciones potenciales con el algoritmo de Maxent. Se utilizaron los escenarios climáticos A1, A2, B1 y B2, proyectados al 2020, 2050 y 2080. Y de esta forma se generó un porcentaje de áreas de pérdida y ganancia con respecto a su distribución potencial actual. Los resultados indican que el maíz chalqueño será la raza más afectada con la mayor pérdida de áreas potenciales; mientras que del cacahuacintle se estiman pérdidas menores. Los datos aquí obtenidos ofrecen la posibilidad de diseñar estrategias de conservación eficientes para enfrentar las condiciones climáticas extremas.

Palabras clave: cambio climático, distribución potencial, escenarios climáticos, maíz nativo.

Abstract

The state of Tlaxcala not only is characterized by being a producer of seasonal maize by tradition but also has an important genetic diversity of native maize. Knowing that, the objective of this research was to analyze the potential distribution of the different types of native maize in this Mexican state in order to identify future conditions that will indicate their permanence or disappearance under climate change scenarios. The records of four primary maizes types (*Cacahuacintle*, *Chalqueño*, *Cónico* and *Elotes Cónicos*) with a total base of 725 geo-referenced data were studied and their potential distributions were modeled with the Maxent. Climatic scenarios A1, A2, B1 and B2, projected to 2020, 2050 and 2080, were used thus generating a percentage of areas of loss and gain with respect to their current potential distribution. The results indicate that *Chalqueño* maize will be the most affected type with the greatest loss of potential areas, whereas in *Cacahuacintle*, lower losses are estimated. The study allows to design efficient conservation strategies to deal with the extreme climatic conditions.

Keywords: climate change, potential distribution, climatic scenarios, native maize.

Resumo

Tlaxcala estado não só é caracterizada pela produção de milho temporária, mas também tem uma diversidade genética significativa de milho nativo. Sabendo disso, o objetivo desta pesquisa foi analisar o potencial de raças de milho nativo neste estado, a fim de identificar as condições futuras para prever a permanência da cultura ou do desaparecimento sob distribuição de cenários de mudanças climáticas. fichas quatro raças de milho primárias (cacahuacintle, Chalqueño, milho afunilada e cónica) com uma base total de 725 dados georreferenciados foram estudados e suas distribuições potenciais foram modelados com algoritmo Maxent. cenários climáticos A1, A2, foram utilizados B1 e B2, projetada para 2020, 2050 e 2080. E assim a percentagem de áreas de perda e ganho é gerado em relação à sua atual distribuição de potencial. Os resultados indicam que Chalqueño milho ser corrida mais afetada com a maior perda de áreas potenciais; enquanto do cacahuacintle perdas menores são estimadas. Os dados aqui obtidos oferecem a possibilidade de desenhar estratégias eficientes de conservação para enfrentar as condições climáticas extremas.

Palavras-chave: mudanças climáticas, distribuição potencial, cenários climáticos, milho nativo.

Fecha recepción: Diciembre 2017

Fecha aceptación: Mayo 2018

Introducción

El cultivo del maíz es una actividad muy antigua. De acuerdo con Monterroso, Conde, Rosales, Gómez y Gay (2010), se remonta a 7000 años de historia en todo México y América Central. Y en el caso de México no solo es centro de origen y diversidad de formas biológicas de maíz, sino también de sus formas de usos (Ortega, 2003; Aragón *et al.*, 2006; Sánchez, 2011).

Cabe señalar que en este país la clasificación más completa de las razas de maíz ha sido realizada por Sánchez y Goodman (1992), Sánchez *et al.* (2000) y Ruiz *et al.* (2008), quienes consideraron 59 razas ordenadas en 4 grupos y algunos subgrupos de acuerdo a la similitud de sus características morfológicas, isoenzimáticas y climáticas del sitio de colecta.

Históricamente estas razas de maíz han sido la base nutricional esencial para millones de mexicanos (Van Etten, 2006; Monterroso *et al.*, 2010). Se calcula que el consumo por persona es de 300 gramos por día en promedio, y que aporta 56 % de calorías y 47 % de proteína (González, 1995; Massieu y Lechuga, 2002). Esta semilla contiene, además, entre 4 % y 7 % de lípidos, de 8 % a 11 % de proteína y de 69 % a 86 % de carbohidratos (Méndez *et al.*, 2005; Castañeda, 2011; Salinas, Saavedra, Soria y Espinosa, 2008), así como vitamina A y E y aminoácidos esenciales como fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina (Castañeda, 2011). Según la Organización de Comida y Agricultura de las Naciones Unidas [FAO, por sus siglas en inglés] (2016), estas propiedades representan seguridad alimentaria con acceso a la población de bajo nivel socioeconómico.

Desde el punto de vista de la salud, las semillas de colores azules, rojos, negros, morados y púrpuras contienen antocianinas, sustancias importantes en la prevención de enfermedades humanas (Espinosa, Mendoza, Castillo, Ortiz y Delgado, 2010; Aguilera, Reza, Chew y Meza, 2011). Se trata de compuestos antioxidantes que previenen los daños causados por radicales libres, con cualidades diversas como anticancerígenas, antiinflamatorias, prevención y control de la diabetes y antitumorales, fortaleciendo el sistema inmune. Además, favorecen la agudeza visual y el comportamiento cognitivo (Castañeda, 2011; Aguilera *et al.*, 2011).

Particularmente en el estado mexicano de Tlaxcala se reportan siete razas de maíz. De entre las cuales hay cuatro dominantes: cacahuacintle, chalqueño, cónicos y elotes cónicos (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2011a). En este estado el maíz nativo es muy valorado por los agricultores desde el punto de vista alimentario, económico y sociocultural (Aragón *et al.*, 2006; Damián *et al.*, 2010). Su producción es tradicional y de temporal basado en semillas nativas (Orozco, 2016).

Sin embargo, como apuntan algunos expertos (Conde, Ferrer y Orozco, 2006; Gay *et al.*, 2007; Tubiello y Fischer, 2007; Trujillo y Marrero, 2008), a causa de que está expuesto a eventos extremos como sequías, lluvias torrenciales, heladas y granizadas, sembrar maíz bajo condiciones de temporal incrementa los niveles de riesgo y el grado de vulnerabilidad por las altas probabilidades de desastres. Las predicciones sobre los impactos del cambio climático indican que se reducirá la producción en cantidad y calidad y los efectos en el bienestar de miles de agricultores serán muy severos (Altieri y Nicholls, 2009), lo que los obligará a utilizar nuevas prácticas

agrícolas en respuesta a las modificaciones de estas condiciones. Entre estas alternativas se encuentra la de dejar de cultivar maíz nativo y, en su lugar, sembrar semillas mejoradas y genéticamente modificadas, lo que incrementaría la dependencia alimentaria hasta en 80 % (Massieu y Lechuga, 2002).

Es importante señalar que el cambio climático no impacta de igual forma en todas las regiones; de hecho, algunas pueden verse favorecidas (Kundzewicz *et al.*, 2007). Esto significa que las diferentes razas de maíz están adaptadas a condiciones climáticas particulares, por lo tanto, los impactos del cambio climático en las razas de maíz serán diferentes (Aragón *et al.*, 2006). Tal situación puede aprovecharse para mantener una riqueza biológica de germoplasma y adaptar de manera natural variedades resistentes a ciertas condiciones ambientales extremas, siendo la mejor forma de garantizar la conservación de las razas en el campo (Martínez y Ureta, 2009; Ureta, Martínez, Perales y Álvarez, 2011; Ureta, González, González, Álvarez y Martínez, 2013).

Por otro lado, el desarrollo de escenarios y predicciones por medio de modelos climáticos casi siempre se ha hecho en países de primer mundo y pocas veces en países en vías de desarrollo. Aun así, en México se han elaborado algunos trabajos sobre modelado de predicción en el cambio climático (Conde y Gay, 2008). De acuerdo con el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), las elaboraciones de escenarios de cambio climático son indispensables para la implementación de estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático (Carter *et al.*, 2007; Randall *et al.*, 2007).

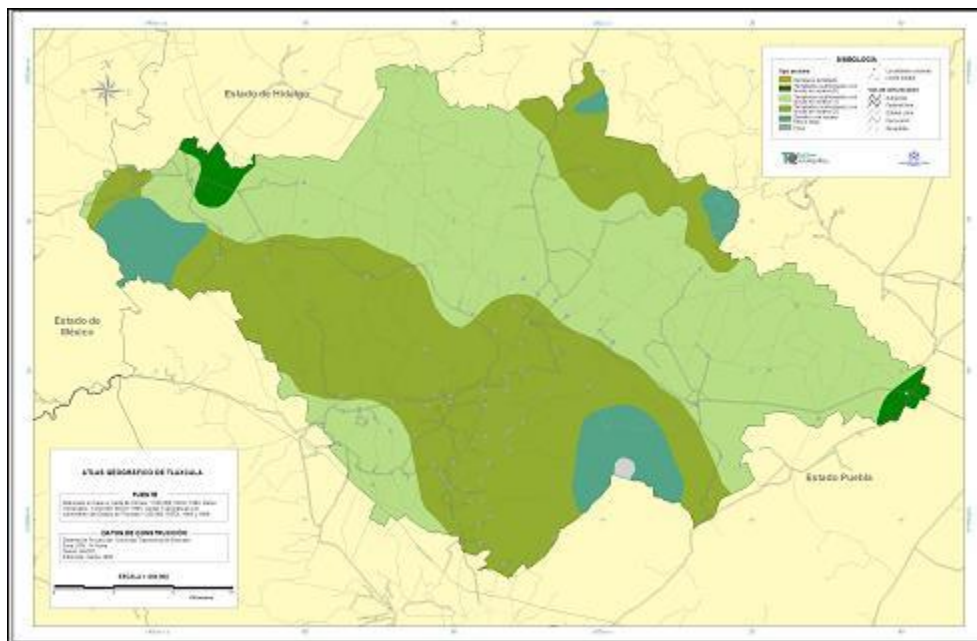
Todo lo anterior nos lleva a evaluar la distribución potencial de las razas de maíz bajo diferentes escenarios de cambio climático con el fin de obtener información sobre el aumento o disminución de la presencia de cada raza y así identificar cuáles están en mayor riesgo de desaparecer y cuáles serán más exitosas bajo las condiciones climáticas futuras. También será posible saber el lugar donde se pueden sembrar ciertas razas, y de esta forma diseñar estrategias adaptativas que permitan enfrentar las condiciones cambiantes extremas del clima sin necesidad de comprometer la seguridad de la biodiversidad.

Método

Área de estudio

El estado de Tlaxcala se localiza geográficamente en la región centro-oriental de México entre los 97° 37' 07" y los 98° 42' 51" de longitud oeste y los 19° 05' 43" y los 19° 44' 07" de latitud norte, situado en las tierras altas del eje neovolcánico, sobre la meseta de Anáhuac. Su altitud media es de 2230 m s. n. m. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010) (ver figura 1).

Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Tlaxcala



Fuente: INEGI (2010)

Los registros georreferenciados de maíz, por su parte, se obtuvieron de la base de datos de la CONABIO (2011b). En ella se encontró que hay siete razas de maíz nativo: arrocillo amarillo (2), cacahuacintle (16), celaya (2), chalqueño (74), cónico (555), elotes cónicos (80), palomero toluqueño (4) y no asociados a un complejo racial [ND] (55) pero que son nativos del estado. Esto es: un total de 788 registros.

Modelo de distribución de especies

Con el fin de identificar las áreas de distribución potencial del maíz nativo en Tlaxcala que permanecerán o se perderán en el futuro ante los efectos del cambio climático, se emplearon las variables ambientales pertenecientes a las familias de emisiones de gases de efecto invernadero A1, A2, B1 y B2, correspondientes al Modelo de Circulación General [MCG] (IPCC, 2000), proyectadas a las simulaciones climáticas que habrá en el 2020, 2050 y 2080. Estos modelos tienen características demográficas, sociales, económicas y de cambio tecnológico que coinciden con el contexto general que prevalece en el estado de Tlaxcala, por lo que son consideradas de gran importancia.

Los modelos de distribución actuales y futuros se construyeron a partir del algoritmo de Maxent, un método de inteligencia artificial que aplica el principio de máxima entropía para calcular la distribución geográfica más probable para una especie (Elith *et al.*, 2006; Phillips, Anderson y Schapire, 2006; Pearson, Raxworthy, Nakamura y Townsend, 2007). Cabe añadir que el principio de máxima entropía es afín a otros métodos bayesianos en los que se hace uso de la información existente.

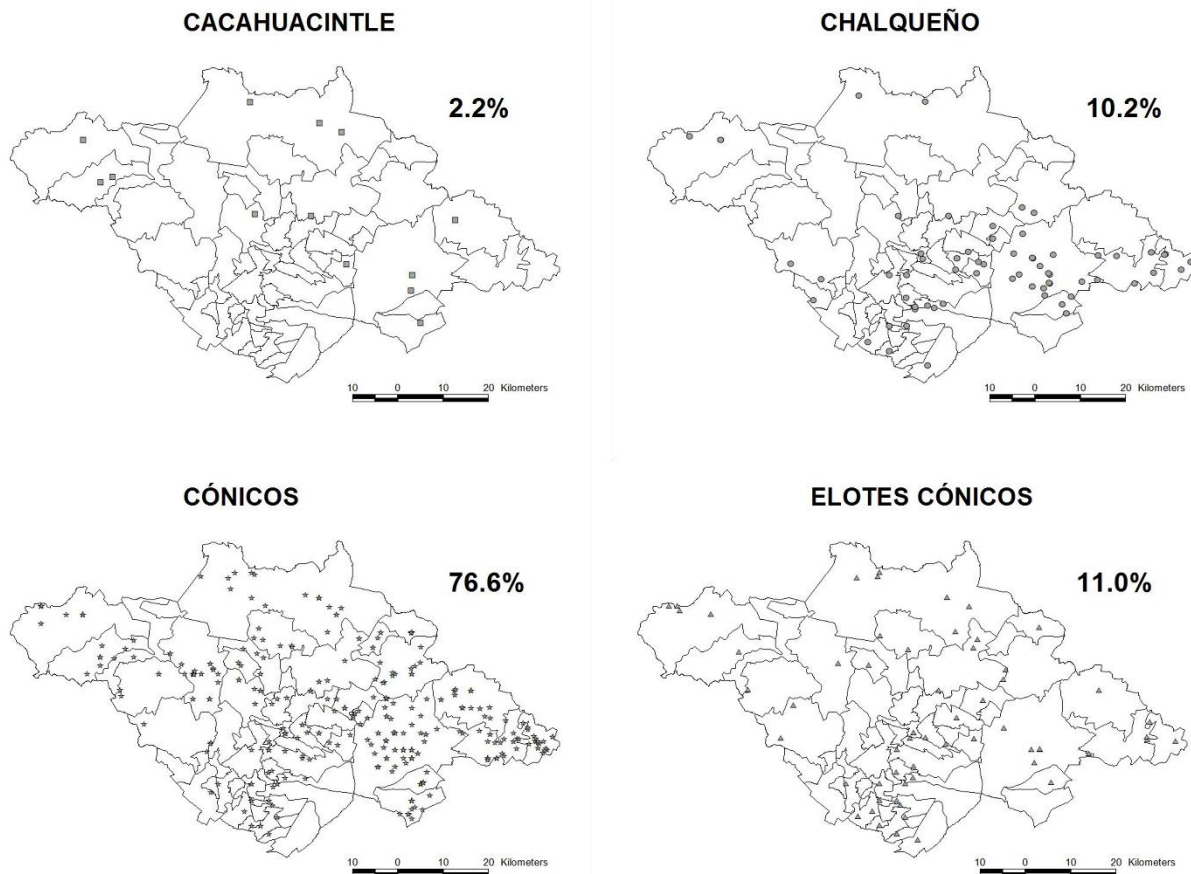
Maxent es un algoritmo determinístico que garantiza que convergerá en la distribución de probabilidades Maxent. Al terminar el proceso de iteración, Maxent asigna una probabilidad negativa a cada píxel del área total de estudio; al final deben sumar uno. En seguida se aplica un valor de corrección para hacerlos positivos y que sumen entre todos 100 %. Como cada píxel presenta valores muy pequeños, Maxent arroja el resultado de la suma del valor de ese píxel y de todos los demás píxeles con un valor de probabilidad igual. Esos valores pueden ir de 0 a 100 e indican probabilidad de ocurrencia de la especie. El programa se carga con variables o capas bioclimáticas en código ASCII (descargadas de la página de WorldClim), con datos de presencia, con nombre de la especie y coordenadas decimales en formato .txt (disponible en Excel). Se pueden mantener los valores como el umbral de convergencia = 10^{-5} e iteraciones de 500. Empíricamente se ha observado que funcionan bien; son conservativos pero permiten al algoritmo llegar cerca de la convergencia. El resultado son mapas de probabilidad de distribución en ASCII y una hoja de resultados en .html con imágenes de los mismos mapas en .png y una serie de datos estadísticos de validación.

Los datos ambientales están conformados por 19 variables bioclimáticas (Hijmans, Cameron, Parra, Jones y Jarvis, 2005): temperatura media anual, intervalo medio diurno, isotermas, estacionalidad de la temperatura, temperatura máxima del mes más caluroso, temperatura mínima del mes más frío, temperatura media de la estación más húmeda, temperatura media de la estación más seca, temperatura media de la estación más calurosa, temperatura media de la estación más fría, precipitación anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco, precipitación por estación del año, precipitación de la estación más húmeda, precipitación de la estación más seca, precipitación de la estación más calurosa, precipitación de la estación más fría, cartografía digital de usos del suelo y vegetación de la serie I, II y III. El umbral seleccionado para generar los modelos binarios (presencia/ausencia), a partir de los modelos generados en Maxent, con el fin de eliminar sobrepredicción que pudiera oscurecer los patrones de distribución, fue el percentil 10 de presencia de entrenamiento, lo cual implica 10 % de omisión de los datos con los que fue generado el modelo.

Resultados

Para el propósito de este análisis, se eliminaron las razas arrocillo amarillo, celaya y palomero toluqueño, al igual que los datos ND por no tener registros significativos para ser modelados. Por tanto, únicamente se trabajó con 725 registros: 2.2 % son de la raza cacahuacintle, 10.2 % de chalqueño, 76.6 % de cónicos y 11 % de elotes cónicos (véase figura 2).

Figura 2. Distribución de maíz nativo en Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados de dicha cuantificación, se determinaron dos patrones de respuesta de las razas ante el cambio climático: 1) ganancia: razas con incrementos en su área de distribución respecto al tiempo actual y 2) pérdida: razas con disminuciones en su área de distribución respecto al tiempo actual.

La distribución potencial de cada raza fue analizada combinando el presente con los años 2020, 2050 y 2080 en cada uno de los escenarios (A1, A2, B1 y B2).

Entre los resultados más relevantes se encontró que la raza de maíz chalqueño será la más afectada, pues se perderá una parte importante de áreas con condiciones ambientales adecuadas para su permanencia; o lo que es lo mismo, se reducirán las áreas en las que podrá ser sembrado.

El escenario A1-2050 es el que estima la mayor pérdida (12.6 %) del área con respecto a su distribución actual. Para esta misma raza el promedio general indica que en el 2080 se perderán 8.3 % de estas áreas. Es un maíz ligeramente más tardío que está más expuesto a los eventos climáticos extremos.

Los maíces predominantes en el estado son los que pertenecen a las razas cónicos y elotes cónicos. En el caso de aquella raza el escenario B2-2050 predice la mayor pérdida (8.0 %) con respecto a su distribución actual; en cuanto a los elotes cónicos el peor escenario es el A2-2020, con una pérdida de 11 % (ver tabla 1).

Respecto a los porcentajes por escenario, los resultados indican que donde habrá menos pérdidas de áreas potenciales de estas cuatro razas será en el B1-2020 (5.0 %), y detrás de este, con un aumento de pérdidas de 7.7 %, el A1-2050.

Tabla 1. Porcentaje de área pérdida con respecto a su distribución potencial actual

Raza	Escenarios al 2020				Promedios
	A1	A2	B1	B2	
Cacahuacintle	5.2	3.5	3.3	5.3	4.3 %
Chalqueño	10.5	7.9	5.5	7.2	7.8 %
Cónicos	7.4	6.1	4.9	6.8	6.3 %
Elotes cónicos	4.7	11.0	6.5	7.5	7.4 %
Promedios	7.0 %	7.1 %	5.0 %	6.7 %	
	Escenarios al 2050				
	A1	A2	B1	B2	
Cacahuacintle	3.4	4.5	6.1	5.6	4.9 %
Chalqueño	12.6	8.3	4.3	7.6	8.2 %
Cónicos	7.3	6.8	7.4	8.0	7.4 %
Elotes cónicos	7.3	2.9	7.8	5.6	5.9 %
Promedios	7.7 %	5.6 %	6.4 %	6.7 %	
	Escenarios al 2080				
	A1	A2	B1	B2	
Cacahuacintle	3.9	5.6	3.7	3.7	4.2 %
Chalqueño	10.1	10.4	6.1	6.6	8.3 %
Cónicos	7.1	6.7	4.6	6.8	6.3 %
Elotes cónicos	6.7	4.3	7.3	6.7	6.3 %
Promedios	7.0 %	6.8 %	5.4 %	6.0 %	

Fuente: Elaboración propia

El área potencial ganada significará la posibilidad de sembrar ciertas razas. Al respecto, se encontró que la raza cacahuacintle será la que menos pérdidas de áreas potenciales sufrirá: el escenario B1-2020 predice una ganancia de 20 % del área con respecto a su distribución actual, y también el promedio general del 2020 es el que muestra la mayor ganancia con 16.7 %. Después de esta raza le siguen los cónicos con un 5.4 %-7.0 % y los elotes cónicos con un 5.9 %-7.6 % (véase tabla 2).

En promedio, en el escenario B1-2020 se gana hasta 8.0 % de áreas potenciales. Y este mismo escenario, pero en la proyección 2050, representa solo una ganancia de 5.4 %.

Tabla 2. Porcentaje de área ganada con respecto a su distribución potencial actual

Raza	Escenarios al 2020				Promedios
	A1	A2	B1	B2	
Cacahuacintle	14.4	18.5	20.0	13.7	16.7 %
Chalqueño	0.0	0.2	0.6	0.4	0.3 %
Cónicos	5.1	5.8	6.6	5.4	5.7 %
Elotes cónicos	5.9	2.5	4.7	4.2	4.3 %
Promedios	6.4 %	6.8 %	8.0 %	5.9 %	
	Escenarios al 2050				
	A1	A2	B1	B2	
Cacahuacintle	19.1	15.6	11.4	12.6	14.7 %
Chalqueño	0.0	0.2	0.9	0.3	0.4 %
Cónicos	5.3	5.4	5.1	4.6	5.1 %
Elotes cónicos	5.3	7.6	4.0	5.2	5.5 %
Promedios	7.4 %	7.2 %	5.4 %	5.7 %	
	Escenarios al 2080				
	A1	A2	B1	B2	
Cacahuacintle	16.7	12.9	17.1	17.1	16.0 %
Chalqueño	0.1	0.0	0.5	0.4	0.3 %
Cónicos	5.3	5.4	7.0	5.4	5.8 %
Elotes cónicos	4.7	6.2	4.4	4.7	5.0 %
Promedios	6.7 %	6.1 %	7.3 %	6.9 %	

Fuente: Elaboración propia

Discusión

Estudios recientes concuerdan en que los efectos del cambio climático traen consigo consecuencias en la distribución potencial de las especies a diferentes escalas y en diferentes formas, por ejemplo, desplazamientos, cambios en los ámbitos de distribución, composición de las comunidades y funcionamiento de los ecosistemas (Thuiller y Erhard, 2005; Thuiller *et al.*, 2006, Broennimann *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007).

Los modelos utilizados están sujetos a diferentes niveles de incertidumbre que incluyen la cantidad de datos de presencia de cada una de las razas analizadas, los escenarios climáticos y el método de modelado de nichos ecológicos. Sin embargo, los pormenores de los modelos no pueden ser un impedimento para empezar a generar información que oriente la toma de decisiones y debe considerarse que este tipo de metodología es una buena herramienta para proyectar a futuro las áreas en las que se podrán tener mejores rendimientos y desempeño fisiológico de las razas de maíz (Martínez y Ureta, 2009).

El estudio de modelado espacial en el contexto del cambio climático permite evaluar las tendencias de cambio para las diferentes razas y, con ello, identificar las que son potencialmente más vulnerables. México tiene una gran diversidad topográfica, climática y, consecuentemente, ecológica que varía espacialmente de manera muy importante, característica que justamente es responsable de la gran diversidad biológica (Kato, Mapes, Mera, Serratos y Bye, 2009; Sánchez, 2011; Ureta *et al.*, 2011). Modelar la distribución potencial a través del algoritmo de Maxent resulta ser una herramienta eficaz para la determinación de áreas potenciales de maíz nativo en el estado de Tlaxcala.

Bajo esa perspectiva, aunque en otro estado mexicano, Tinoco, Gómez y Monterroso (2011) realizaron un estudio en el que se determina la distribución potencial del maíz en Jalisco, con los modelos de cambio climático GFDL-TR-90 y Hadley-TR-00 para el horizonte de tiempo 2050, y bajo el supuesto socioeconómico A2, que establece un crecimiento poblacional fuerte y un desarrollo económico lento. Dicho estudio, si bien no especifica la raza de maíz con la que se trabaja, señala un incremento en la superficie no apta para el cultivo del maíz en 63.6 % para el modelo GFDL y en 90.8 % para el modelo Hadley, lo que implica que los impactos del cambio climático en el maíz de temporal pueden ser desastrosos.

En cambio, Ruiz *et al.* (2011), utilizando los modelos de circulación general HadGEM2-AO y MIROC5 para el período 2041-2060, bajo las vías de concentración de gases efecto invernadero rcp4.5 y rcp6.0, encontraron que se incrementará la superficie con aptitud ambiental alta para el maíz cónico. A este respecto es más favorable la ruta rcp4.5 que la rcp6.0 de emisiones y concentración de GEI, ya que considera un incremento de aptitud alta que va de 6 % a 15 %, incluyéndose como una de las razas que mayormente se beneficiarán del cambio climático en 2041-2060. Sin embargo, para el estado de Tlaxcala la raza cónicos en promedio perderá entre 6.3 % y 7.4 % de área potencial, y es el escenario B2 el que estima la mayor pérdida (8 %). Esta raza se cultiva en zonas altas y templadas y es tolerante al frío, por lo que se llega a cultivar en las faldas de la Malinche y en todo el estado.

Los elotes cónicos, por su parte, se siembran en partes altas y frías y tienen alta producción de pigmentos. Estos maíces son una materia prima atractiva para elaborar productos alimenticios altos en antioxidantes (Salinas, Pérez, Vázquez, Aragón y Velázquez, 2012). El mapa realizado con la información obtenida del Proyecto Global de Maíces Nativos indica que el estado de Tlaxcala tiene potencial para cultivar esta raza (CONABIO, 2011a). Sin embargo, este estudio estima una pérdida promedio entre 5.9 % y 7.4 % de área potencial; es en el escenario A2 en el que hay más pérdidas (11 %).

Sin embargo, por sobre las demás, es la raza chalqueño la que se encuentra más amenazada por los efectos del cambio climático en las próximas décadas (Ruiz *et al.*, 2011). Este maíz es de gran importancia socioeconómica en el estado, pero requiere buenas condiciones de suelo y humedad (Ortega, 2003; CONABIO, 2011a). Y a pesar de la incertidumbre de la modelación, es posible que exista un riesgo real para esta raza. Chalqueño se siembra por influencia cultural y es parte de la alimentación diaria en diferentes formas, según Hallauer (2001).

Con relación a este cultivo, en los campos experimentales de Santa Lucía Coatlinchán y en el Colegio de Postgraduados Montecillos del Estado de México se evaluaron 24 variedades criollas de maíz azul de la raza chalqueño y la variedad H-139 como testigo (híbrido) y se observó que el rendimiento del grano de las variedades de maíz azul varió de 2.9 a 5.4 ton/ha, por debajo al testigo H-139, que rindió 6.5 ton/ha; a partir de lo cual es posible adjudicar una mayor adaptabilidad y rendimiento al maíz híbrido bajo las condiciones de temporal (Antonio *et al.*, 2004). Estos resultados muestran la vulnerabilidad del maíz de raza chalqueño y coinciden con los de esta

investigación, lo que conlleva a buscar alternativas que disminuyan los impactos en el cultivo de esta raza.

Respecto a la raza cacahuacintle, se estimaron proyecciones de escenarios futuros con las ganancias de área más importantes. Este maíz es cultivado principalmente en suelos de origen volcánico y ocasionalmente en los valles altos del centro del país, en partes altas y con temperaturas bajas; otra característica importante es que es resistente a las granizadas (Ortega, 2003; CONABIO, 2011a). Aunque también, gracias al conocimiento empírico y la experiencia de los agricultores de maíz cacahuacintle, se ha podido lograr un incremento en el rendimiento o productividad de la planta, de sus características y en la adaptabilidad de la semilla en diferentes tipos de suelo. Dicho progreso asimismo ha sido posible por el intercambio de la semilla entre diferentes localidades a través del tiempo. Lo anterior ha propiciado una mayor uniformidad genética en la morfología de la mazorca (Herrera *et al.*, 2004). No obstante, pese a que los factores ambientales favorecen a esta raza, los factores socioeconómicos afectan al agricultor, ya que en el estado se siembra muy poco debido a la inestabilidad en su precio, el cual fue en el año 2009 desde 3000 a 10 000 pesos por tonelada (Sarmiento y Castañeda, 2011); por ello el poco interés para cultivarlo, además de que solo pueden vender su cosecha a los denominados *intermediarios*.

Ahora bien, volviendo a los factores meramente ambientales, Ruiz *et al.* (2011) concluyen que habrá una reducción de superficie con condiciones agroclimáticas óptimas para la producción de maíz en las zonas trópico, subtropical y transicional; en cambio, se incrementarán las superficies óptimas en valles altos y valles muy altos. Esta información coincide con los resultados de esta investigación, por lo menos en tres de las cuatro razas estudiadas.

El clima es una variable determinante en la producción de maíz, como lo ha señalado Martínez (2004), particularmente porque en México es uno de los cultivos más vulnerables al cambio climático dentro del sector agrícola. Conde *et al.* (1997) y Gay *et al.* (2007) refieren que aproximadamente 75 % de los agricultores siembran maíz nativo de temporal, expuesto a las condiciones drásticas del clima para obtener un alto rendimiento. Sin embargo, Martínez (2009) menciona que estas condiciones del cambio climático son inminentes y por mucho tiempo escenarios para el cultivo de maíz, por lo que la investigación debe encauzarse a la búsqueda de diferentes razas nativas y sus parientes silvestres mexicanos de maíz, con potencial de adaptación a condiciones climáticas particulares, así como a la pesquisa e implementación de medidas de

protección hacia este grano por su importancia sociocultural, biológica y económica. Además, es importante la creación de estrategias regionales que permitan la conservación de razas nativas mediante el germoplasma y minimizar la vulnerabilidad del maíz frente a los diferentes escenarios de cambio climático.

Conclusiones

El escenario que registra más pérdidas de áreas con condiciones ambientales adecuadas para el maíz nativo es el A1. En este escenario se espera un crecimiento económico muy rápido en el futuro, un desarrollo vertiginoso de nuevas tecnologías y un aumento de la temperatura media anual de 1.4 °C-6.4 °C. Por otro lado, el escenario con más ganancias de áreas potenciales es el escenario B1. En este se incluye el desarrollo de tecnologías limpias y soluciones globales hacia la sustentabilidad y un aumento de la temperatura anual entre 1.1 C° y 2.9 °C. Sin duda, las características de los escenarios influyen en la pérdida o ganancia de áreas potenciales.

Como se ha visto, Tlaxcala es considerado centro de origen y domesticación de maíz nativo. Por lo que modelarlo con escenarios de cambio climático es determinante para la sociedad en general. De esta manera se tendrá información de los años 2020, 2050 y 2080 de la ganancia o pérdida de áreas potenciales. Esta investigación es relevante para las instituciones y organismos no gubernamentales que protegen la semilla criolla; puede ser pilar para la toma de decisiones en el diseño de estrategias que busquen su conservación en la región. Con esto no se pone en riesgo la seguridad alimentaria de millones de personas en un futuro.

Por lo tanto, si se pretende proteger el maíz nativo, con los resultados de este estudio se podrá: *a)* dar a conocer la distribución potencial del maíz nativo a productores, instituciones y académicos para la toma de decisiones estratégicas que mitiguen los efectos del cambio climático y la vulnerabilidad de las semillas, tendiente a una política pública que garantice la seguridad alimentaria; *b)* rescatar los saberes autóctonos de los productores del maíz nativo para promover una agricultura orgánica en beneficio de la población y el ambiente, y *c)* es importante seguir haciendo investigación comparativa con los primeros escenarios (A1, A2, B1, B2) y los más recientes (RPCs) que permitan contrastar sus variables, y así tener un análisis más integral sobre el comportamiento de la producción de alimentos agrícolas.

El Grupo Vicente Guerrero, ubicado en el municipio de Españita del estado, considera que la producción de maíz está en desventaja especialmente para las campesinas y campesinos. Pues, con el pretexto de aumentar la productividad, las compañías transnacionales introducirían semillas patentadas que perjudicarían gravemente al maíz nativo. En ese momento se desarrolla una política en defensa del maíz nativo. Además, la LXI Legislatura del Congreso de Tlaxcala aprobó por unanimidad la Ley de Fomento y Protección al Maíz como Patrimonio Originario, en Diversificación Constante y Alimentario, a partir de la cual el maíz criollo tlaxcalteca se declaró como “Patrimonio Alimentario del Estado de Tlaxcala”, y se estableció como uno de sus principales objetivos fomentar el desarrollo sustentable de los maíces nativos, a partir del establecimiento de mecanismos de protección de los mismos que promuevan la continuidad de su proceso de diversificación biológica.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Proyecto Apoyado por el Fondo Sectorial de Investigación ambiental, con clave 263096, SEMARNAT-CONACYT 2015.

Referencias

- Aguilera, O. M., Reza, M.C., Chew, R. G. y Meza, J. A. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista biotecnia*, 13(2), 16-22. Recuperado de <https://www.academia.edu/9847759>.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA Revista de agroecología*, 24(4). Recuperado de <http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-24-numero-4>.
- Antonio, M. M., Arellano, V. J. L., García, G., Miranda, C. S. Mejía, C. A. y González, C. F. V. (2004). Variedades criollas de maíz raza chalqueño. Características agronómicas y calidad de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(1). Recuperado de <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/27-1/2a.pdf>.
- Aragón, C. F., Taba, S., Hernández, J. M., Figueroa, J., Serrano, V. y Castro, F. (2006). *Catálogo de maíces criollos de Oaxaca*. Oaxaca, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

- Broennimann, O., Thuiller, W., Hughes, G., Midgley, G. F., Alkemade, J. M. R. and Guisan, A. (2006). Do geographic distribution, niche property and life form explain plants' vulnerability to global change? *Global Change Biology* (12), 1079–1093.
- Carter, T. R., Jones, R. N., Lu, X., Bhadwal, S., Conde, C., Mearns, L. O., O'Neill, B. C., Rounsevell, M. D. A. and Zurek, M. B. (2007). New Assessment Methods and the Characterisation of Future Conditions. In Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutifok, J. P., Van der Linden, P. J. and Hanson, C. E. (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 133-171). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Castañeda, S. A. (2011). Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays* L.). *Revista temas selectos de ingeniería de alimentos*, 5(2), 75-83. Recuperado de [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5\(2\)-Castaneda-Sanchez-2011.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No5-Vol-2/TSIA-5(2)-Castaneda-Sanchez-2011.pdf).
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT]. (2012). CIMMYT. Recuperado de <http://www.cimmyt.org>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2011a). Proyecto Global de maíces. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2011b). Base de datos de maíz. Recuperado de <http://www.conabio.gob.mx/>.
- Conde, A. C. y Gay, G. C. (comps.) (2008). *Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Primera versión*. Ciudad de México, México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Recuperado de <http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/1/1574/CC019.pdf?sequence=1>.
- Conde, C. R., Ferrer, M. and Orozco, S. (2006). Climate Change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera*, 19(3), 181-194. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/atm/v19n3/v19n3a03.pdf>.

- Conde, C., Liverman, D., Flores, M., Ferrer, R., Araújo, R., Betancourt, E., Villareal, G. and Gay, C. (1997). Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Climate Research*, 9, 17-23. Retrieved from <http://www.academia.edu/3234066/>.
- Damián, H. M. A., Ramírez V. B., Aragón, G. A., Huerta L. M., Sangerman, J. D. M. y Romero, A. O (2010). Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. *Revista Latinoamérica de Recursos Naturales*, 6(2), 67-76. Recuperado de <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v6-n2-1>.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudi'k, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. McC., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K. S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M. S. and Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/227546243>.
- Espinosa, T. E., Mendoza, C. M. D., Castillo, G. F, Ortiz, C. J. y Delgado, A. A. (2010). Aptitud combinatoria del rendimiento de antocianinas y de características agronómicas en poblaciones nativas de maíz pigmentado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(1), 11-19. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33n1/v33n1a4.pdf>.
- Gay, C., Conde, C., Villers, L., Trejo, I., Hernández, J., Ferrer, R. M., Monterroso, A., Sánchez, O., Rosales, G. y Briones, F. (2007). *Tercera Comunicación Nacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Ecología / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- González, U. (1995). *El maíz y su conservación*. México: Trillas.
- Hallauer, A. R. (ed.) (2001). *Speciality Corns*. Iowa, United States: Iowa State University.
- Herrera, C. B. E., Castillo, G. F., Sánchez, G. J., Hernández, C. J. M., Ortega, P. R. A y Major, G. M. (2004). Diversidad del Maíz Chalqueño. *Agrociencia*, 38, 191-206. Recuperado de <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2004/mar-abr/art-7.pdf>.
- Hijmans, R. J., Cameron, E. S., Parra, L. J., Jones, G. P. and Jarvis, A. (2005) Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*,

25, 1965–1978. Retrieved from
<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joc.1276>.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informativa [INEGI]. (2010). Tlaxcala. Recuperado de <http://www.cuentame.inegi.gob.mx>.

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2000). Informe especial del IPCC, escenarios de emisiones, resumen para responsables de políticas. Grupo Internacional de Expertos sobre Cambio Climático.

Kato, Y. T. A., Mapes, S. C., Mera, O. L. M., Serratos, H. J. A. y Bye, B. R. A. (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) Recuperado de http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/origen_div_maiz.pdf.

Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K. A., Oki, T., Shiklomanov, S. and Shiklomanov, I. A. (2007). Freshwater resources y their management. In Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutifok, J. P., Van der Linden, P. J. and Hanson, C. E. (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Martínez, J. y Fernández, A. (2004). *Cambio climático. Una visión desde México*. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Ecología.

Martínez, M. E. y Ureta, S. C. (2009). *Impactos, vulnerabilidad y adaptación de las razas mexicanas de maíz y sus ancestros ante escenarios de cambio climático. Informe final*. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) / Instituto Nacional de Ecología / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2009_razas_maiz.pdf.

Massieu, T. Y. y Lechuga, M. J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis económico*, 17(36), 281-303. Recuperado de <https://http://www.redalyc.org/html/413/41303610/>.

- Méndez, M. G., Solorza, F. J., Velázquez, M., Gómez, M. N., Paredes, L. O. y Bello, P. L. A. (2005). Composición química y caracterización calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agrociencia*, (39), 267-274. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/28088114>.
- Monterroso, R. A. I., Conde, A. C., Rosales, D. G., Gómez, D. J. D. and Gay, G. C. (2010). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera*, 24(1), 53-67. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/49587974>.
- Organización de Comida y Agricultura de las Naciones Unidas [FAO]. (2016). Estadísticas sobre seguridad alimentaria. Recuperado de <http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/es/>.
- Orozco, B. H., García, J. G., Hernández, V. M. y Juárez, O. M. G. (2016). Disminución en la frecuencia de uso en maíces de color en dos regiones de Tlaxcala. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 5(7): 1348-1356. Recuperado de <http://revistabioagro.mx/wp-content/uploads/2016/08/>.
- Ortega, P. R. (2003). Diversidad del maíz en México: Causas, estado actual y perspectivas. En Esteva, G. y Marielle, C. (coords.), *Sin maíz no hay país* (pp. 123–154). Ciudad de México, México: Conaculta.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M. and Townsend, P. A. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, (34), 102-117.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapire, R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, (190), 231-259.
- Randall, A. D., Wood, A. R., Bony, S., Colman, R., Fichet, T., Fyfe, J., Kattsov, V., Pitman, P., Shukla, J., Srinivasan, J., Stouffer, R. J., Sumi, A. and Taylor, K. E. (2007). Climate Models and Their Evaluation. In Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H. L. (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 589-662). Cambridge, England: Cambridge University Press.

- Ruiz, C. J. A., Medina, G. G., Ramírez, J. L., Flores, L. H. E., Ramírez, O. G., Manríquez, O. J. D., Zarazúa, V. P., González, E. D. R., Díaz, P. G. y De la Mora, O. C. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (2), 309-323. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263121431011>.
- Ruiz, C. J. A., Durán, P. N., Sánchez, G. J. J., Ron, P. J., González, E. D. R., Holland, J. B. and Medina, G. G. (2008). Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 maize races. *Crop Science*, 48(4), 1502-1512.
- Salinas, M. Y., Pérez, A. J. J., Vázquez, C. G., Aragón, C. F. y Velázquez, C. G. A. (2012). Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays L.*) de las razas Chalqueño, Elotes cónicos y bolita. *Revista Agrociencia*, (46), 693-706. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n7/v46n7a5.pdf>.
- Salinas, M. Y., Saavedra, A. S., Soria R. J. y Espinosa T. E. (2008). Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*Zea mays L.*) amarillos cultivados en el Estado de México. *Agricultura técnica en México*, 34(3), 357-364. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v34n3/v34n3a11.pdf>.
- Sánchez, G., Goodman, J. J. and Stuber, C. W. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany*, 54(1), 43-59.
- Sánchez, G. J. J. (2011). *Diversidad del Maíz y el Teocintle. Informe preparado para el proyecto: Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Sánchez, G. J. J. and Goodman, M. M. (1992). Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany*, 46, 72-85. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007%2F02985256>.
- Sarmiento, B. y Castañeda, Y. (2011). Políticas públicas dirigidas a la preservación de variedades nativas de maíz en México ante la biotecnología agrícola. El caso del maíz Cacahuancintle. *El Cotidiano*, (166), 101-110. Recuperado de <http://www.elcotidianoenlinea.com.mx/pdf/16611.pdf>.

- Thuiller, W., Broennimann, O., Hughes, G., Alkermade, J. R. M., Midgley, G. F. and Corsi, F. (2006). Vulnerability of African mammals to anthropogenic climate change under conservative land transformation assumptions. *Global Change Biology*, (12), 424-440.
- Thuiller, W. S., Lavorel, M. B., Araújo, M. T., Sykes, I. and Colin, P. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(23), 8245-8250. Retrieved from www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0409902102.
- Tinoco, R. J. A., Gómez, D. J. D. y Monterroso, R. A. I. (2011). Efectos del Cambio Climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 29(2). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v29n2/2395-8030-tl-29-02-00161.pdf>.
- Trujillo, R. C. M y Marrero, Y. (2008). La estimación de las pérdidas agrícolas en condiciones de riesgo. *Gestiópolis*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/economia/estimacion-de-perdidas-y-riesgos.htm>.
- Tubiello, F. N. and Fischer, G. (2007). Reducing climate change impacts on agriculture: Global y regional effects of mitigation 2000-2080. *Technological Forecasting y Social Change*, (74), 1030-1056.
- Ureta, C., González, S. C., González, J. E., Álvarez, B. E. R. & Martínez, M. E. (octubre, 2013). Environmental and social factors account for Mexican maize richness and distribution: A data mining approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (179), 25-34.
- Ureta, C., Martínez, M. E., Perales, R. H. and Álvarez, B. E. R. (2011). Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Global Change Biology*, (18), 1073–1082.
- Van, E. J. (2006). Molding maize: the shaping of a crop diversity landscape in the western highlands of Guatemala. *Journal of Historical Geography*, 32(4), 689-711.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Maricela Hernández Vázquez (principal), Guillermina García Juárez (apoyo)
Metodología	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo) Hermila Orozco Bolaños (apoyo)
Software	
Validación	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo) Hermila Orozco Bolaños (apoyo)
Análisis Formal	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo) Hermila Orozco Bolaños (apoyo)
Investigación	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo) Hermila Orozco Bolaños (apoyo) María Guadalupe Juárez Ortíz (apoyo)
Recursos	Maricela Hernández Vázquez (principal) Hermila Orozco Bolaños (apoyo) María Guadalupe Juárez Ortíz (apoyo)
Curación de datos	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo) Hermila Orozco Bolaños (apoyo) María Guadalupe Juárez Ortíz (apoyo)
Escritura - Preparación del borrador original	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo). Hermila Orozco Bolaños (apoyo) María Guadalupe Juárez Ortíz (apoyo)
Escritura - Revisión y edición	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo). Hermila Orozco Bolaños (apoyo) María Guadalupe Juárez Ortíz (apoyo)
Visualización	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo). Hermila Orozco Bolaños (apoyo) María Guadalupe Juárez Ortíz (apoyo)
Supervisión	Maricela Hernández Vázquez (principal), Guillermina García Juárez (apoyo)
Administración de Proyectos	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo)
Adquisición de fondos	Maricela Hernández Vázquez (principal) Guillermina García Juárez (apoyo)