

Tlaxcala, investigación en maíz nativo y mejorado: problemática, campos del conocimiento y nuevos retos

Israel Vega Álvarez
Diego Flores Sánchez[§]
Miguel Jorge Escalona Maurice
Fernando Castillo González
Mercedes Aurelia Jiménez Velázquez

Colegio de Postgraduados-*Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Estado de México, México. CP. 56230. (israel.vega@colpos.mx; mescalona@colpos.mx; fcastill@colpos.mx, mjimenez@colpos.mx).

[§]Autor para correspondencia: dfs@colpos.mx.

Resumen

El maíz es el cultivo de mayor importancia económica, social, cultural y política en Tlaxcala, en el año 2019 fue sembrado 47.6% del área agrícola estatal. Sin embargo, la problemática relacionada a su producción, mejora y conservación es diversa, compleja y progresiva. En la actualidad el bienestar de la sociedad se asocia al valor que agregan los conocimientos científicos a productos y servicios, por ello el objetivo del ensayo fue cuantificar y contrastar algunos componentes de las investigaciones publicadas referentes a maíz del estado, para reconocer sus tendencias principales. La investigación documental se realizó por medio de metabuscadores, bases de datos bibliográficos, portales web de bibliotecas, así como en buscadores especializados de libros y revistas. Fueron registrados 242 documentos publicados de 1951 a 2020 con tendencia de aumento progresivo en el tiempo, de los que 78.5% son referentes a maíces nativos y 21.5% de materiales mejorados. Los campos de estudio de mayor concurrencia fueron tecnología, mejoramiento genético, antropología social y productividad, que representan 51.2% del total. En los 60 municipios del estado se ha realizado investigación, la mayoría en Huamantla, Españita, Ixtacuixtla e Ixtenco. Las instituciones que han participado son 42, la mayoría de los documentos fueron generados por COLPOS, INIFAP y BUAP. Al parecer las investigaciones publicadas no son suficientes para explicar todos los factores y dar solución a la problemática. Por ello es imperativo que investigadores formulen un plan dirigido a resultados concretos, que detonen cambios a favor de agricultores, población y medio ambiente.

Palabras clave: instituciones, metabuscadores, redes.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: marzo de 2022

El maíz fue domesticado en México en la cuenca del río Balsas hace cerca de 9 000 años (Matsuoka *et al.*, 2002; Ranere *et al.*, 2009). En el valle poblano-tlaxcalteca grupos humanos cultivaron maíz, frijol y calabaza hace más de 3 000 años (Snow, 1976; Lesure *et al.*, 2006). De esta forma la diversidad genética de maíz ha sido generada por medio de complejos varietales en las diferentes condiciones agroecológicas del estado. En la actualidad la riqueza genética del maíz es el conjunto de poblaciones que manejan los agricultores, se estima que del total de unidades de producción que cultivan maíz 91% siembras materiales nativos (María *et al.*, 2019). En 2019 se sembraron 111 682 ha maíz, lo que representó 47.6% de la superficie agrícola de Tlaxcala; no obstante, la superficie ha disminuido un 24% respecto a 1980, donde se cultivaron 147 450 ha (SIAP, 2020).

La problemática de producción, mejora y conservación de maíz en Tlaxcala es compleja y diversa, la más documentada se presenta a continuación. La erosión o pérdida de suelo inicio desde hace 2 700 años aproximadamente durante el periodo prehispánico Texoloc, con el incremento de la población en la cuenca Puebla-Tlaxcala, que provocó la intensificación de la agricultura y los sistemas de riego (Heine, 2003). Actualmente Tlaxcala es el segundo estado más afectado por la erosión, 92.9% de su superficie presenta algún grado, el 16.8% es extrema, 16.3% fuerte, 15.6% leve y 44.9% moderada. Las zonas con exposición del lecho rocoso en más del 90% (erosión extrema) están localizadas en 1) Hueyotlipan-San Simeón-Apizaco; 2) de Nanacamilpa a Villa Mariano Matamoros; y 3) desde Tlaxco hasta el límite con Hidalgo, mientras que las principales zonas con erosión fuerte están en, i) La Malinche; e ii) corredor central del estado desde el norte de Apizaco hasta el sur de Tlaxcala y Santa Ana Chiautempan (Bolaños *et al.*, 2016). La velocidad de pérdida de suelo en el estado va desde 1 t ha⁻¹ año⁻¹ en sitios clasificados con erosión ligera hasta 478 t ha⁻¹ año⁻¹ en sitios con erosión muy alta (Alvarado *et al.*, 2007).

La superficie de buen potencial para producción de maíz es solo 58% del área total sembrada, mientras que 42% restante se clasifica entre mediano y bajo potencial (Castillo y Fernández, 2007). Los siniestros meteorológicos de mayor impacto para el cultivo son las sequías y heladas, que son frecuentes. La posición geográfica es el factor principal que explica la incidencia de heladas, en invierno las masas de aire frío procedentes del norte llegan usando como flancos de corredor la Sierra Madre Oriental y Occidental hasta impactar con la Sierra Volcánica Transversal, donde se ubica Tlaxcala. Además, la sequía y las heladas se intensifican en los llamados ‘años secos’ que se caracterizan por ausencia de lluvias en abril y altas temperaturas en mayo (Mendoza, 2012).

La alteración de los patrones de precipitación y temperatura son los indicadores más evidentes del cambio climático, uno de los principales problemas en la agricultura de temporal y han provocado pérdidas importantes y bajos rendimientos a los productores de maíz en el estado (Damian *et al.*, 2013). En una investigación realizada en 32 de los 60 municipios de Tlaxcala, los agricultores identificaron que el cambio climático ha provocado, a) retraso del inicio de temporada de lluvias, antes iniciaban en mayo ahora hasta junio; b) prolongación del periodo de sequías desde mayo hasta julio; y c) retraso del periodo de heladas, actualmente comienzan a partir de septiembre. De igual manera se determinó que la sequía es el siniestro más frecuente, señalado por 40% de los agricultores, seguido de las heladas (30%). Las estrategias de adaptación usadas son: cambio en la fecha de siembra y selección de semillas resistentes usadas por 28%, además de aplicación de abono orgánico (26%) (Orozco *et al.*, 2019).

Respecto a la tecnología usada por los agricultores tlaxcaltecas, se tiene que la transferencia de paquete tecnológico realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) registra una baja adopción debido a los siguientes factores: la frecuencia de

capacitación fue baja solo se capacitó al 8.3% de los agricultores, la población es de edad avanzada con promedio de 58.8 años, el grado de escolaridad fue de 3.9 años, el acceso a tierras es escaso con promedio de 2.3 ha y el acceso a riego mínimo de 0.08 ha.

Mientras la tecnología tradicional es usada por un mayor número de agricultores, tal como la siembra de semilla nativa (92%), asociación de cultivos (65%), rotación de cultivos (66%), técnicas de conservación de suelo (64%) y fertilización con estiércol (66%). Por otro lado, la transferencia del conocimiento agrícola local es interrumpida por la migración, ya que 17% de las personas que integran la estructura familiar emigran (Damián y Ramírez, 2008). Además, 74% de los productores de maíz del estado realizan otras actividades económicas para completar el gasto familiar, también llamado pluriactividad. Estas condiciones interrumpen la transferencia de conocimientos y el buen desempeño de las labores agrícolas (Damián *et al.*, 2008, 2011).

Por otra parte, se encontró que la política agropecuaria nacional no ha contribuido a la mejora de la productividad, el bienestar social o la sustentabilidad de los recursos naturales de los productores de maíz de Tlaxcala (Damián *et al.*, 2008). En política estatal se tiene que la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), impulsa el uso de maíces híbridos que presentan riesgos de adaptación y deriva en pérdida de agrobiodiversidad (Lazos, 2014).

Respecto al Sitio Experimental del INIFAP en Tlaxcala, que es la institución facultada para realizar investigación agrícola, no han considerado factores medulares de los agroecosistemas locales, como son los productos múltiples del cultivo, germoplasma adaptado a condiciones locales, situación económica de los agricultores, y relación beneficio costo, por lo que la adopción de sus tecnologías es bajo entre los pequeños productores de maíz, siendo usada por menos de un tercio (Damián *et al.*, 2013). En el ámbito legislativo estatal, en enero de 2011 se aprobó 'La Ley de Protección al Maíz como Patrimonio Originario, en Diversificación Constante y Alimentaria, para el Estado de Tlaxcala', misma que tiene por objeto declarar al maíz criollo tlaxcalteca como patrimonio alimentario del estado, fomentar el desarrollo sustentable del maíz y promover la productividad, competitividad y biodiversidad del maíz criollo, entre otros (Medina, 2016); sin embargo, no se han construido estrategias para el desarrollo del cultivo y la economía familiar.

La problemática presente en los sistemas de producción de maíz debe ser explicada, cuantificada y resuelta por medio de investigación científica integral participativa y con programación a mediano y largo plazo. Para iniciar es fundamental examinar las investigaciones publicadas, para conocer la información disponible y así generar las soluciones y desarrollar los potenciales del cultivo. En el presente trabajo se hizo la recopilación y clasificación de investigaciones realizadas en Tlaxcala, con germoplasma nativo del estado y de materiales generados por mejoramiento genético convencional que pudieran ser usados en su territorio.

La recopilación de documentos se hizo en metabuscadores: Redalyc, SciELO, CONRICYT, Dialnet, WWS, Elsevier y SpringerLink; bases de datos bibliográficos: Scopus, Sirius, Pascal and Francis, AGRIS, y AGRÍCOLA USDA; portales web de bibliotecas: SIDALC, COLPOS, UACH, BUAP, UATx, COLTLAX, UNAM, IPN, UAM y COLMEX, así como en buscadores de libros y revistas. El objetivo fue examinar algunos componentes de las investigaciones publicadas, tales como años de publicación y campos del conocimiento clasificados por tipos de maíz, distribución geográfica, instituciones participantes y medios de publicación, para obtener la perspectiva general de estudios realizados al presente, así como conocer las tendencias y actores participantes.

Investigación sobre maíz en Tlaxcala

En la época actual la prosperidad se asocia al valor que aportan los conocimientos científicos a la generación o mejora de productos y servicios. La investigación es una actividad necesaria para mejorar los procesos productivos, así como el manejo, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales, la alimentación, la educación y otros requerimientos (Maravert *et al.*, 2016). Sin embargo, la inversión destinada a investigación y desarrollo de México ha sido precaria y con tendencia a la baja, en el periodo que va de 2008 a 2017 fue destinado en promedio sólo 0.42% del producto interno bruto (PIB), en contraste con un país emergente como Brasil se destinó 1.2% para el mismo periodo, mientras que en Estados Unidos de América 2.74% (RICYT, 2018). Además, en México se suma la política pública que adolece de la instrumentación de investigación de largo plazo, que atienda problemas de interés regional, con certidumbre en el financiamiento, pertinencia social, transparencia del uso de recursos y rendición de cuentas (Paredes y Loyola, 2006).

La producción científica en ciencias agrícolas de México para el periodo de 1983-2002 se caracterizó con base en indicadores bibliométricos a partir de artículos arbitrados. Se observó una tendencia de crecimiento lineal con una media de producción anual de 787 artículos, los estados con mayor contribución fueron el Distrito Federal hoy Ciudad de México con 30.77% del total y Estado de México con 22.71%. Por su parte, Tlaxcala se ubica en los últimos sitios con 0.27%, junto con Campeche (0.14%) e Hidalgo (0.11%) (Bravo-Vinaja y Sanz-Casado, 2008). La participación de cada estado también puede valorarse por el número de investigadores con membresía en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), programa que reconoce la labor profesional en la generación de conocimiento científico y tecnología.

En el área de biotecnología y ciencias agropecuarias, están registrados 4 409 investigadores a nivel nacional. La distribución geográfica de investigadores SNI se asemeja a la de producción científica, en los primeros lugares el Estado de México con 480 investigadores que representan 10.89%, mientras que en Ciudad de México 342 que representan 7.76% y Tlaxcala entre los últimos lugares con 24 (0.54%), seguida de Colima con 19 (0.43%) y al final Quintana Roo con 9 (0.2%) (CONACYT, 2020).

En la exploración bibliográfica presente se registraron 242 documentos sobre maíz, publicados entre 1951 y julio de 2020. Se incluyeron documentos de investigación y difusión como artículos científicos, notas técnicas, descripciones de nuevas variedades, libros, tesis de licenciatura, maestría y doctorado, memorias de foros, así como folletos técnicos. Fueron ordenados por campo de estudio y tipo de maíz, en el (Cuadro 1) se presenta la clasificación separando publicaciones de maíz nativo de mejorado o que hace referencia a ambos tipos en el mismo documento.

El tema de tecnología es el más estudiado (17.4%) y predominan investigaciones sobre transferencia de tecnología con el enfoque tipo revolución verde (45.2%), seguido de respuesta y recomendación de dosis de fertilización (26.2%), tecnología campesina, asociación de cultivos, labores culturales y en los últimos años tecnología de alimentos elaborados con maíces nativos.

Los estudios en antropología social representan 10.7% de los documentos, de estos los temas que se abordan son: economía campesina (38.5%), conocimiento agrícola campesino (30.8%) y nueva ruralidad (30.8%). La clase descripción física y química se refiere a la valoración del grano, planta y productos elaborados, con aplicación métodos bioquímicos (42.9%), caracterización morfológica por descriptores de planta (33.3%) y determinación de variables agronómicas en 23.8%.

Cuadro 1. Investigaciones por campo de estudio y tipo de maíz de Tlaxcala.

| Campo de estudio | Nativos | Mejorados | Nativos con mejorados | Porcentaje acumulado |
|------------------------------|---------|-----------|-----------------------|----------------------|
| Tecnología | 32 | 3 | 7 | 17.4 |
| Mejoramiento genético | 10 | 19 | 3 | 13.2 |
| Antropología | 25 | 1 | - | 10.7 |
| Productividad | 17 | 3 | 5 | 10.3 |
| Descripción física y química | 19 | - | 1 | 8.3 |
| Agroecosistema | 17 | - | 2 | 7.9 |
| Plagas y enfermedades | 15 | 2 | - | 7 |
| Historia | 13 | - | - | 5.4 |
| Cambio climático | 10 | - | 1 | 4.5 |
| Suelos | 8 | - | - | 3.3 |
| Política | 6 | 2 | - | 3.3 |
| Factores meteorológicos | 5 | 1 | - | 2.5 |
| Transgénicos | 5 | - | 1 | 2.5 |
| Comercialización | 3 | 2 | 1 | 2.5 |
| Patrimonio biocultural | 3 | - | - | 1.2 |
| Total | 184 | 38 | 20 | 100 |

Elaboración con datos de investigación documental de 1951 a 2020.

Para la valoración de la diversidad genética se requiere de colecta de maíces nativos y con esa base planificar el mejoramiento genético. La primera exploración de colecta amplia a nivel nacional se hizo de 1943 a 1949 (Cuadro 2), por medio de un programa de agricultura cooperativo entre México y Estados Unidos de América, el objetivo fue detectar material sobresaliente para aumentar la producción y reducir las importaciones (Casas y Martínez, 2009).

Cuadro 2. Colectas de maíces nativos en Tlaxcala e instituciones participantes.

| Periodo | Institución | Núm. de accesiones |
|-----------|---|--------------------|
| 1943-1954 | Oficina de Estudios Especiales | 60 |
| 1968-1979 | Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) | 479 |
| 1979-2009 | Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), INIFAP, UACH, UAAAN | 254 |
| 2008 | Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), financiada por MONSANTO Company | - |

Elaboración con datos de Wellhausen *et al.* (1951); CONABIO (2008); Ortiz y Muñoz (2016).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas hoy INIFAP, hizo la segunda colecta nacional ampliando el número de sitios de muestreo, en Tlaxcala se obtuvieron muestras en 37 municipios de 7 razas diferentes (CONABIO, 2008). Algunas fueron evaluadas para seleccionar las más destacadas, sobresalieron las accesiones Tlax 151 de grano blanco y ciclo intermedio y Tlax 208 de ciclo precoz y grano amarillo. Se procedió al mejoramiento genético por medio del método de selección masal modificado, con lo que se liberaron las variedades mejoradas de temporal, Huamantla V-23 y Cuapixtla V-26A (Carballo y Mendoza, 1981a, b).

Una fracción de la diversidad importante entre los maíces nativos de valles altos son los pigmentados, cuyas propiedades bioactivas se consideran nutraceuticas. En Tlaxcala el avance en el mejoramiento de estos maíces es significativo, desde la evaluación del contenido y potencial productivo de antocianinas en poblaciones nativas, hasta la determinación del potencial agronómico de híbridos y variedades sintéticas, entre otros. En la actualidad el mejoramiento genético se enfoca primordialmente en generar, evaluar y transferir híbridos de ciclo intermedio y tardío, de alto potencial de rendimiento para regiones con predominio de riego y agricultura mecanizada. La limitante es que en Tlaxcala solo 18 777 ha sembradas con maíz disponen de riego (16.8%), mientras que 92 905 ha son de temporal (83.2%) (SIAP, 2020). Además de que las semillas de maíz nativo predominan en más de 91% del área maicera (María *et al.*, 2019).

Tendencias territoriales y línea de tiempo

La investigación en ciencias agropecuarias se realiza en países industrializados en su mayoría, aun así, con las restricciones presupuestales en América Latina se hacen aportes relevantes. En un estudio bibliométrico hecho para conocer la distribución temporal (1995-2002) y espacial de artículos indizados en América Latina, se encontró un incremento que va de 9 en el primer año a 92 en el último, siendo Brasil el país con mayor número con 244, seguido de México con 109 (Arenas *et al.*, 2004). En la presente investigación documental también se registró una tendencia de aumento progresivo, a pesar de algunos años sin publicaciones entre 1952 y 1993. La línea de tiempo se divide en dos periodos, en el primero de 1951 a 2002 se estiman un promedio de 2.6 investigaciones y el segundo periodo de 2003 a 2020 se encontró un notable incremento a 8.9 publicaciones por año.

Los maíces nativos son los de mayor distribución y frecuencia en el estado, y para ellos se ha dedicado 78.5% de los trabajos de investigación, mientras que los maíces mejorados en su mayoría híbridos se describen en 21.5% de los documentos. La Figura 1 muestra la frecuencia de publicaciones acumulada en periodos de 5 años, de investigaciones en nativos y mejorados. En la clase nativos hay un incremento constante y se identifican dos etapas, la primera de 1951 a 1996 con un promedio de 2.1 estudios para los años con publicaciones, y la segunda de 1997 a 2019 con un incremento a 6.3 publicaciones por año. Por su parte la investigación en maíces mejorados para todo el periodo de estudio se ha mantenido con un promedio de dos publicaciones por año.

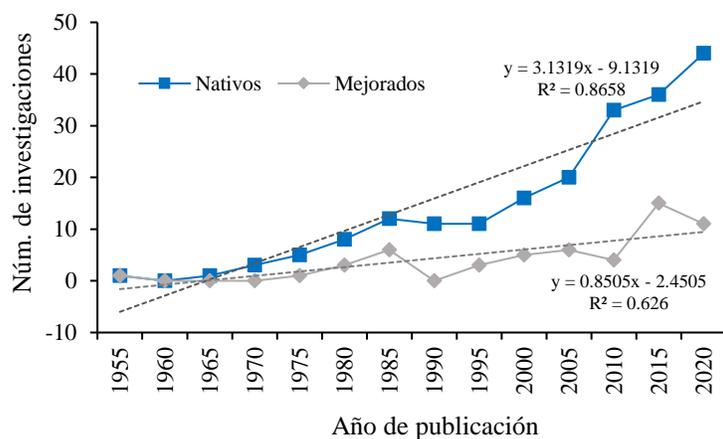


Figura 1. Frecuencia quinquenal de investigaciones por tipo de maíces en Tlaxcala (1951-2020).

La participación de instituciones por ubicación geográfica tuvo la siguiente distribución: instituciones nacionales (84.4%), instituciones extranjeras (8%) e instituciones estatales (7.6%). La participación de instancias extranjeras fue relevante de 1951 a 1970 pues realizaron 66.6% de los trabajos, el resto fue de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA) hoy Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Los otros periodos donde también se registra participación foránea son de 1985 a 1987 con estudios sobre agroecosistemas y cambio de uso de suelo y de 1997 a 2003 con cambio climático y contaminación genética por transgénicos. Por otro lado, en el periodo de 1971 a 1985 destaca que la mayoría de las investigaciones (72%) fueron realizadas por COLPOS, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y la UACH, en los siguientes años se sumaron diversas instituciones.

En los 60 municipios de Tlaxcala se ha hecho investigación sobre maíz, algunos fueron parte de la muestra estatal y otros el sitio de estudio. En Huamantla se reporta el mayor número de investigaciones, 44 de maíces nativos y 27 de mejorados. Los de menor frecuencia son Acuamanala de Hidalgo, San Juan Huactzinco y Santa Catarina Ayometla cada uno con 15 de nativos y uno de mejorados.

Cabe señalar que no todos los trabajos de investigación encontrados están referidos a algún municipio en específico, algunos describen regiones, varios hacen referencia a todo el estado y otros no especifican sitios de muestreo. Huamantla es el municipio con la mayor variedad de temas de estudio, de la clasificación en 15 campos, se estudian 13, los de mayor frecuencia son sobre productividad (12), mejoramiento genético (11) y agroecosistemas (8). Le siguen en importancia tres municipios en los que son estudiados 11 campos del conocimiento, en España se ha abordado con más frecuencia la antropología social con nueve investigaciones, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros sobre mejoramiento genético (9) e Ixtenco que también destaca por sus investigaciones en antropología social (10).

Mientras que los municipios con la menor diversidad son Acuamanala de Miguel Hidalgo, Mazatecochco de José María Morelos, San Juan Huactzinco, Santa Apolonia Teacalco, Santa Catarina Ayometla y Tetlatlahuca con cinco temas en cada lugar. Por otro lado, los campos del conocimiento con cobertura en todas las jurisdicciones de Tlaxcala fueron tecnología con media de 5.4 investigaciones por municipio, antropología con media de 5.5 y cambio climático con media de 3.7 estudios por municipio. Los temas de menor cobertura fueron política, suelos y factores meteorológicos con dos municipios y comercialización con tres.

Las instituciones de investigación y sus publicaciones

En Tlaxcala se cuenta con instituciones de educación superior que realizan investigación, las dedicadas a biotecnología y ciencias agrícolas, con investigadores registrados en el SNI en orden de importancia son: el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional, CIBA-IPN-Tlaxcala, la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), la Universidad Politécnica de Tlaxcala, el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Instituto de Biología campus Tlaxcala. Así también, debido a que el maíz en el estado se cultiva predominantemente bajo condiciones de agricultura campesina tradicional, la investigación en ciencias sociales es relevante, las instituciones participantes son la Universidad Autónoma de Tlaxcala, El Colegio de Tlaxcala (COLTLAX), el Instituto Politécnico de Apizaco y la UNAM (CONACYT, 2020).

De igual manera, en Tlaxcala se promulgó una Ley de Ciencia y Tecnología que dicta en su artículo segundo, que el gobierno del estado, ayuntamientos, dependencias y organizaciones de los sectores público, social y privado, serán quienes garanticen, impulsen y fomenten la ciencia y la tecnología en beneficio de la población. En la citada ley se contemplan la creación de un Sistema Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación Estatal y la formación de un Instituto de Ciencia y Tecnología del Estado de Tlaxcala (H. Congreso del Estado, 2003), aunque al parecer aún no se han implementado estas instituciones ya son parte de la planeación de la estructura estatal.

Las instituciones que han realizado investigaciones sobre maíz en Tlaxcala son 42, lo que forma un universo extenso y amplía la gama de orientaciones y temas de modo que se cubren los 15 campos clasificados en el presente ensayo. Para examinar las relaciones entre instituciones de investigación y campos del conocimiento se aplicó el análisis de redes, por medio del software Visone 2.16 (Brandes y Wagner, 2004) y se presenta en el grafo de la (Figura 2).

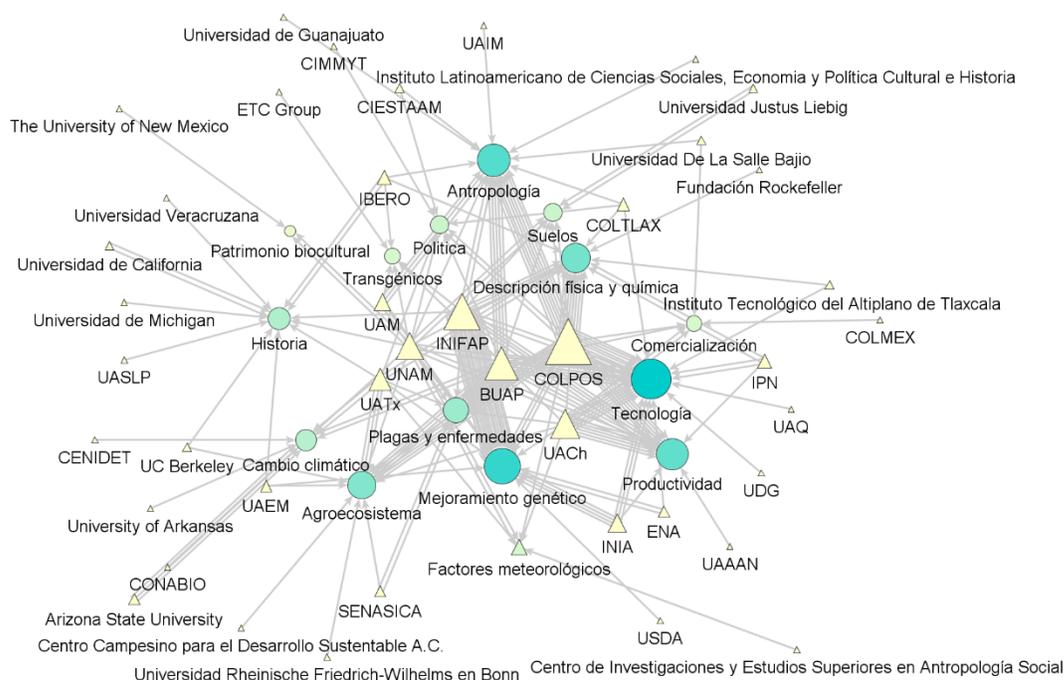


Figura 2. Red de instituciones y campo de estudio sobre investigación en maíz de Tlaxcala 1951-2020.

El tamaño de los nodos representa el atributo de red degree o centralidad de grado, que se interpreta como el número de nodos con los cuales se encuentra directamente conectado. En la red es notable la colaboración del COLPOPOS que participa en 52 de las investigaciones, en 11 campos del conocimiento, su mayor número de vínculos se presentan en los campos de tecnología, antropología social y descripción física y química. El INIFAP es la segunda institución con el mayor número de conexiones con 31, participa en nueve campos del conocimiento y destaca en mejoramiento genético, productividad y descripción física y química.

La participación de instituciones estatales es de baja frecuencia, por tanto, puede ser una oportunidad para que sus futuras investigaciones sean dirigidas a temas esenciales, que aporten para solventar la problemática relacionada con la producción, mejora y conservación de los maíces

en el estado. La UATx es la de mayor número de relaciones, y participa en ocho campos del conocimiento, los más destacados son agroecosistema, cambio climático y descripción física y química. El COLTLAX es el siguiente en importancia, su contribución es en antropología, descripción física y química, política y tecnología.

La publicación de nuevos conocimientos contribuye a mejorar el manejo de los agroecosistemas, es muy importante que la información sea clara, precisa y se encuentre al alcance de los interesados, para agilizar los procesos de investigación y solucionar los nuevos retos. En la (Figura 3) se presentan las clases de documentos encontrados y su relación con los organismos que los han publicado.

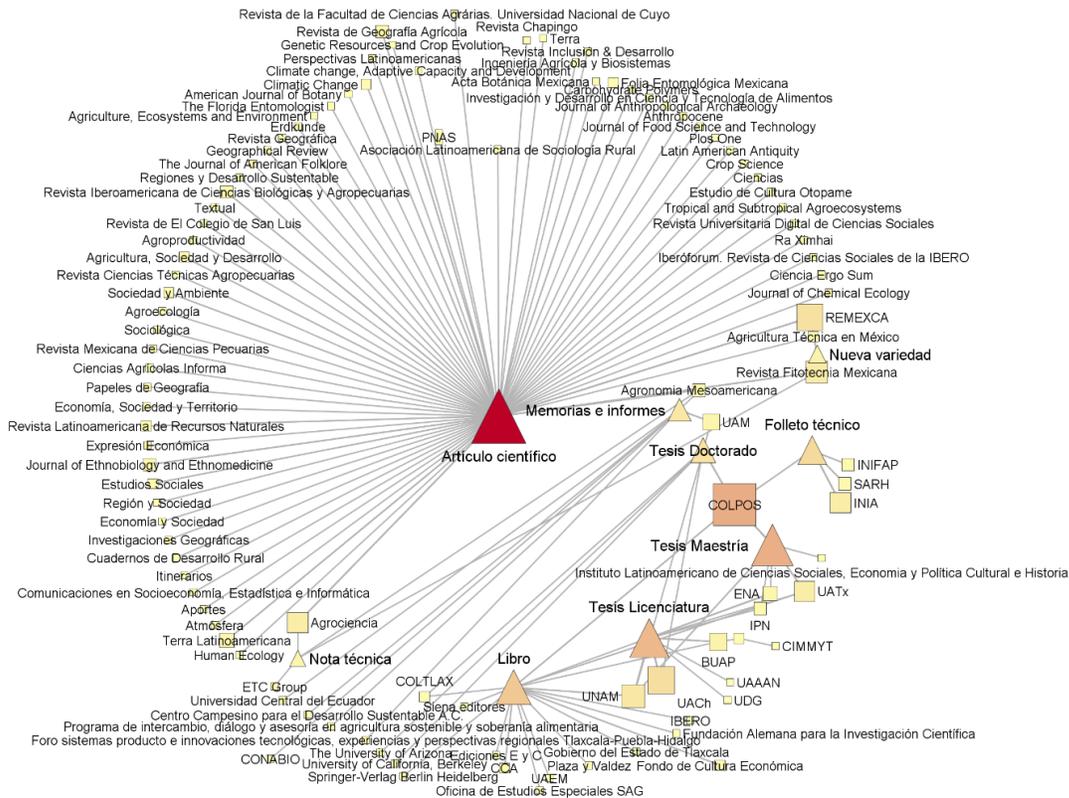


Figura 3. Red de clases de documentos de investigación de maíz en Tlaxcala y organismos que los publicaron.

En la red el tamaño de nodos representa el atributo degree y el color el indegree que es el número de relaciones referidas. Se observó que el formato de artículo científico es el más utilizado, representó 43.7% de los documentos, es el más eficaz por su acceso en la web, además es evaluado por pares y la exposición de datos es concisa. Los artículos recopilados se encuentran publicados en 70 revistas diferentes la mayoría de origen nacional y algunas del extranjero. Los artículos están escritos en los siguientes idiomas: español (74%), inglés (23.1%), en ambos idiomas (1.9%) y en alemán (1%). Las revistas con mayor número de artículos son la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (REMEXCA), Agrociencia-CP, Revista Fitotecnia Mexicana-UACH y Terra Latinoamericana.

Las tesis de maestría en ciencias son las siguientes más frecuentes, representan 13.9% de los documentos, elaboradas y publicadas por seis organismos diferentes. En el presente estudio se tomó como entidad de publicación a las revistas para el caso de artículos y nuevas variedades, editoriales en caso de libros y universidades o institutos para tesis. La UACH es la de mayor número de tesis de licenciatura (45%), mientras que el COLPOS tiene el más alto en maestría en ciencias (70%) y en tesis doctorales (50%). Los libros encontrados fueron 23, algunos dedicados en su totalidad al tema y otros con aportes de capítulos. Las editoriales e instituciones que los publican son 17, lo que constituye un esfuerzo importante para el estudio y caracterización de los maíces en Tlaxcala.

A nivel estatal la UATx tiene el mayor número de publicaciones (12) incluye libros, tesis de licenciatura y de maestría, entre los más recientes artículos científicos. Le sigue el COLTLAX con tres artículos y una tesis del doctorado sobre la defensa del maíz nativo en la entidad, y en tercera instancia el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, con dos artículos sobre tecnología de alimentos elaborados con maíz.

Recomendaciones

En la Figura 3 se observa que la distribución de los documentos es muy extensa, lo que es un inconveniente para quienes pretendan su consulta. Se sugiere organizar la información en un sistema electrónico de acceso libre a investigadores nacionales, que registre todos los trabajos referentes no solo a maíz, sino de todos los cultivos considerados de importancia para el estado, cada uno referido al espacio geográfico en donde fue realizado, en el formato portal de geoinformación.

Las instituciones de Tlaxcala deberán ser las encargadas de diseñar y coordinar, un plan rector de investigación sobre el cultivo, tan importante para el estado. Entre los temas más urgentes se tienen suelos y fertilidad, que como se observa se ubican entre los de menor frecuencia y es importante por la fuerte erosión en áreas extendidas y su forma persistente (Heine, 2003; Bolaños *et al.*, 2016). La política agrícola estatal es otro de los temas principales a abordar, ya que ha sido poco estudiado como se observa en la red y es de gran relevancia para que el gobierno del estado tenga la información para actuar de forma eficiente en la resolución de la problemática.

Así también, se considera que el cambio climático debe tener mayor atención, para conocer los efectos puntuales sobre los agroecosistemas en el ámbito regional y así tener recomendaciones técnicas eficientes para la mitigación y reducción de impacto. La formación de variedades mejoradas de polinización libre debe ser una alternativa para la mejora de las poblaciones de maíz nativo, ya que los híbridos están limitados a sólo algunas áreas y los paquetes tecnológicos que usan son muy costosos, y poco accesibles a la mayoría de los agricultores.

Conclusiones

En el estado de Tlaxcala la problemática actual de los agroecosistemas de maíces es diversa, compleja y con acumulaciones importantes a través del tiempo, así las investigaciones realizadas sobre maíces del estado no parecen ser suficientes para dar explicación a todos los factores y solución a la problemática. La erosión en el territorio es notable, aun así, el campo de conocimiento ‘suelos’ es uno de los menos estudiados, al igual que ‘política pública’ que es fundamental para

entender y mejorar la relación del estado con los agricultores, entidad que debería ser uno de los principales actores del fomento de la producción sustentable de maíz, ya que es el cultivo más importante para alimentación de la población y el de mayor superficie sembrada.

La revisión muestra que ‘tecnología’ es el campo del conocimiento más estudiado, pero a su vez las innovaciones promovidas han tenido una escasa adopción por los agricultores. En contraste el ‘cambio climático’ es un tema poco abordado, pero es uno de los principales factores que provocan bajos rendimientos y pérdida del cultivo.

Al parecer los estudios se han realizado en primer término en función de las capacidades y recursos de las instituciones y se ha dejado en segundo plano el enfoque en la problemática actual. Las tendencias identificadas en el conjunto de investigaciones recopiladas fueron: crecimiento constante en el tiempo del número de estudios realizados, con un incremento importante en 2003. Los maíces nativos son los de mayor número de investigaciones, campos de estudio, instituciones y cobertura geográfica, aunque, estas aportaciones no han sido suficientes para cubrir las demandas acumuladas.

La cobertura territorial de las investigaciones es extensiva, se han realizado estudios en todos los municipios de Tlaxcala, aunque en algunos solo como parte del muestreo. Ixtacuixtla y Huamantla destacan por estar entre los de mayor número de estudios, en estos predominan la investigación en mejoramiento genético y productividad. Así también en Españita e Ixtenco se tienen altas frecuencias de estudios, estos sitios destacan por su actividad de organización campesina, aquí el tema más frecuente fue antropología social. El número de instituciones de investigación en ciencias agrícolas y sociales participantes es amplio y es un factor que ha enriquecido la diversidad de campos de estudio. Por otro lado, la participación de las instituciones de investigación de Tlaxcala ha sido precaria.

Literatura citada

- Alvarado, C. M.; Colmenero, R. J. A. y Valderrábano, A. M de la L. 2007. La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala, México. *Ciencia Ergo Sum*. 14(3):317-26.
- Arenas, V. M.; Dovalina, M. P. y Licea de Arenas, J. 2004. La investigación agrícola en América Latina y el Caribe desde una perspectiva bibliométrica. *Anales de Documentación*. 7:29-38. <https://www.redalyc.org/pdf/635/63500702.pdf>.
- Bolaños, G. M. A.; Paz, P. F.; Cruz, G. C. O.; Argumedo, E. J. A.; Romero, B. V. M. y de la Cruz, C. J. C. 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. *Terra Latinoam*. 34(3):271-88.
- Brandes, U. and Wagner, D. 2004. Visone, analysis y visualization of social networks. *In*: Jünger, M. and Mutzel, P. (Ed.). *Graph Drawing Software*. Berlin Springer-Verla. 321-340 pp.
- Bravo-Vinaja, A. y Sanz-Casado, E. 2008. Análisis bibliométrico de la producción científica de México en ciencias agrícolas durante el periodo 1983-2002. *Rev. Fitotec. Mex*. 31(3):187-94.
- Carballo, C. A. y Mendoza, R. M. 1981a. Cuapiaxtla (V-26A), nueva variedad temporalera de maíz para el estado de Tlaxcala. México. Folleto técnico núm. 4. 12 p.
- Carballo, C. A. y Mendoza, R. M. 1981b. Huamantla (V-23), nueva variedad temporalera de maíz para el estado de Tlaxcala. México. Folleto técnico núm. 6. 12 p.

- Casas, E. y Martínez, G. 2009. Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas. México. 277 p.
- Castillo, T. N. y Fernández, S. R. 2007. Producción de canola (*Brassica Napus* L.) para reconversión de maíz en el estado de Tlaxcala. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro Tlaxcala. Folleto núm. 6. 13 p.
- CONABIO. 2008. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto global de maíces nativos (<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/proyectomaices>).
- H. Congreso del Estado. Congreso del Estado Libre y Soberano Tlaxcala. Poder Legislativo. 2003. Ley de Ciencia y Tecnología para el estado de Tlaxcala. México: periódico Oficial de Estado de Tlaxcala.
- CONACYT. 2020. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Sistema Nacional de Investigadores. <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/sistema-nacional-de-investigadores>.
- Damian, H. M. A.; Cruz, L. A.; Romero, A. O.; Juárez, R. D.; Damian, J. C. E. y Osório, V. I. 2013. Manejo tradicional de maíz, cambio climático y fechas de siembra de productores de Tlaxcala, México. *Ciencias Agrícolas Informa*. 22(1):30-43.
- Damián, H. M. A. y Ramírez, V. B. 2008. Dependencia científica y tecnologías campesinas: el caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala. *Economía y Sociedad*. 14(21):59-76.
- Damián-Huato, M. A.; Ramírez-Valverde, B.; Aragón-García, A. y López-Olguín, J. F. 2011. Diversificación económica, siembra de maíz y rendimientos de los productores del estado de Tlaxcala, México. *Economía Sociedad y Territorio*. 11(36):513-37.
- Damián, H. M. A.; Ramírez, V. B.; Parra, I. F.; Paredes, S. J. A.; Gil, M. A.; López, O. J. F. y Cruz, L. A. 2008. Estrategias de reproducción social de los productores de maíz de Tlaxcala. *Estudios Sociales*. 17(34):112-46.
- Heine, K. 2003. Paleopedological evidence of human-duced environmental change in the Puebla-Tlaxcala area (Mexico) during the Last 3 500 Years. *Rev. Mex. Cienc. Geol*. 20(3):235-44.
- Lazos, C. E. 2014. Consideraciones socioeconómicas y culturales en la controvertida introducción de maíz transgénico: el caso de Tlaxcala. *Sociológica*. 83(29):201-240.
- Lesure, G. R.; Borejsza, A.; Carballo, J.; Frederick, C.; Popper, V. and Wake, A. T. 2006. Chronology, subsistence, and the earliest formative of Central Tlaxcala, Mexico. *Latin American Antiquity*. 17(4):476-492.
- Maravert, A. M. I.; Hernández, J. A. M. y Ramírez, J. A. M. 2016. El gasto en investigación y desarrollo experiemntal (GIDE) en México, promotor del crecimiento económico. *Rev. Cienc. Administiv*. 1:109-25. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2016/11/11CA201601.pdf>.
- María, R. A.; Volke, H. V. y Guevara, R. M. L. 2019. Sistemas agrícolas de maíz en tres municipios de Tlaxcala: los componentes tecnológicos de la Revolución Verde con relación a la tecnología tradicional. *Regiones y Desarrollo Sustentable*. 36(9):67-93.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M. M.; Sanchez, G. J.; Buckler, E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *PNAS*. 99(9):6080-6084.
- Medina, D. M. L. 2016. La defensa del maíz nativo en Tlaxcala, 2006-2012. Un Proceso social y político. Tesis de Doctorado. El Colegio de Tlaxcala. 324-340 pp.
- Mendoza, C. A. S. 2012. Planificación y mitigación agrícola del cultivo de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala basada en la predicción de eventos climáticos y meteorológicos extremos. Tesis de doctorado-UNAM. 53-79 pp.
- Orozco, B. H.; Hernández, V. M.; García, J. G. y Suarez, G. G. 2019. Cambio climático: una percepción de los productores de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala, México. *Rev. Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 8(16):1-26.

- Ortiz, B. P. A. y Muñoz, L. L. O. 2016. El programa maestro de maíces mexicanos en Tlaxcala. La Jornada del Campo (www.jornada.com.mx).
- Paredes, L. O. y Loyola, D. R. 2006. El conocimiento y la innovación, los grandes ausentes para el desarrollo y la competitividad en México. *Reencuentro*. 45:1-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34004507>.
- Ranere, J. A.; Piperno, R. D.; Holst, I.; Dickau, R. and Iriarte, J. 2009. The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, Mexico. *PNAS*. 106(13):5014-5018.
- RICYT. Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología. 2018. Gasto in I + D. Con relación Al PIB 2008-2017. www.ricyt.org.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.
- Snow, R. D. 1976. Prehistory of the Valley of Tlaxcala. *In: the Tlaxcaltecs: prehistory, demography, morphology and genetics*. Crawford M. H. (Ed.). University of Kansas, *Publications in Anthropology* 7. Lawrence, Kansas. 9-12 pp.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, X. E. y Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de maíz. *In: México, su origen, características y distribución*. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). DF, México. 289 p.