

Programa de manejo, conservación y mejoramiento de maíz nativo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Management, conservation, and improvement of the native maize program at the Engineering and Science Faculty in the State University of Tamaulipas

Javier González Martínez¹, José Alberto López Santillán^{1*}, Florencio Briones Encinia¹, Sóstenes Edmundo Varela Fuentes¹, César Augusto Reyes Méndez², José Agapito Pecina Martínez³

González Martínez, J., López Santillán, J. A., Briones Encinia, F., Varela Fuentes, S. E., Reyes Méndez, C. A., Pecina Martínez, J. A., Programa de manejo, conservación y mejoramiento de maíz nativo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 62: 76-83, mayo-agosto 2014.

RESUMEN

Tamaulipas se ubica dentro de la región de origen, domesticación y diversificación del maíz, posee una diversidad importante; sin embargo, en los últimos años ha aumentado el riesgo de erosión genética de este recurso fitogenético. Lo anterior propició que en el 2001, investigadores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas iniciarán un programa de manejo, conservación y mejoramiento de germoplasma de maíz en colaboración con investigadores del Colegio de Postgraduados y del CIRNE-INIFAP, dentro de diversos proyectos de investigación. Entre los logros más relevantes se encuentran: la conservación de 215 muestras de maíz nativo, dentro de este germoplasma se observó una amplia variabilidad fenológica en un rango desde 50 hasta 90 días a floración, 100 a 150 días a madurez fisiológica, germoplasma con adaptación a restricción de humedad y temperatura alta, alto potencial de rendimiento grano y forraje.

Palabras clave: maíz nativo, recurso fitogenético, Tamaulipas, conservación, aprovechamiento, fitomejoramiento.

Keywords: maize native, plant genetic resource, Tamaulipas, conservation, use plant breeding.

Recibido: 5 de julio de 2013, aceptado: 12 de mayo de 2014

¹ Secretaría de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

² Programa de maíz, INIFAP-CIRNE-campo experimental Río Bravo.

³ Departamento de Genética, Colegio de Postgraduados.

* Autor para correspondencia: jalopez@uat.edu.mx

ABSTRACT

The state of Tamaulipas is located inside the origin maize region with domestication and diversification properties. This genetic plant resource is in risk because genetic erosion has been increasing during the last years. In 2001, research scientists from the Engineering and Science Faculty of the State University of Tamaulipas started a management, conservation, and improvement germplasm maize program. This program is a collaborative work between scientists from the School of Postgraduates and CIRNE-INIFAP where different research projects have developed. Most relevant results are: preservation of 215 native maize samples, germplasm with extended phenological variability covering a range from 50 to 90 days of flowering time, from 100 to 150 days of physiological maturity stage, with drought and high temperature adaptation, and high yield of grain and forage.

INTRODUCCIÓN

El maíz ha sido y seguirá siendo el cultivo más importante de México debido a que ha estado presente prácticamente en toda su historia y desarrollo (Piperno et al., 2009). La presencia y antigüedad de restos arqueobotánicos de maíz descubiertos en Oaxaca, Puebla y otras regiones (Smith, 1997; Smith, 2001; Ranere et al., 2009), la existencia de parientes silvestres como teocintle (Miranda, 1977; Bird, 1978) y *Tripsacum* (Smith, 1997), y la gran diversidad de maíces nativos o criollos representada actualmente por 59 razas (Sánchez et al., 2000) ha permitido que México sea considerado centro de origen, domesticación y diversificación de este cultivo.

A pesar de la diversidad de este recurso fitogenético, un número reducido de razas son utilizadas en los programas de fitomejoramiento establecidos en México. La mayor parte de esta diversidad es utilizada a nivel local, lo cual representa un riesgo de degradación y pérdida, principalmente por el abandono de la actividad agrícola, sustitución del cultivo o germoplasma, fenómenos naturales como sequía, inundaciones, huracanes, entre otros. Lo anterior ha dado lugar a investigaciones destinadas a describir y comprender los factores que influyen en la diversidad de las poblaciones de maíz de los agricultores mexicanos (Aguirre Gómez et al., 2000; Massieu Trigo y Lechuga Montenegro, 2002; Nájera Calvo et al., 2010). Igualmente, ha sido motivo para promover la recolección y estudio de los maíces nativos, con la finalidad de su conservación y eventual aprovechamiento (CONABIO, 2011).

Mejoramiento genético del maíz en Tamaulipas

El mejoramiento genético del maíz es una de las alternativas más viables para el incremento de la producción en México (Ángeles Arrieta, 2000). El mejoramiento genético formal de este cultivo inicia en el año de 1937, y es a partir de 1943 cuando se inicia el apoyo institucional para esta actividad (Aboites Manrique, 2002) en la Estación Experimental Agrícola Central y en la Escuela Nacional de Agricultura y Medicina Veterinaria, ambas instancias dependientes de la Secretaría de Agricultura y Fomento (SAF).

En Tamaulipas, durante la década de los veinte del siglo pasado se hicieron los primeros trabajos de mejoramiento genético en la Hacienda del Carmen de Benítez, ubicada en el municipio de Güémez (Benítez de Noriega, 1989). Tales actividades consistieron en la conducción de procesos de selección de semilla, que dieron origen a una variedad de polinización libre denominada Mesquitaleño, de la cual posteriormente se generaron variedades e híbridos (Garza-Castillo, 2010). Estos trabajos eran coordinados por el Instituto de Investigaciones Agrícolas a través del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO) en Obregón, Sonora. En ese tiempo se inició con la introducción y evaluación de líneas, variedades e híbridos sobresalientes de los programas de mejoramiento genético, de los campos experimentales, Valle de Yaqui (hoy campo experimental Dr. Norman E. Borlaug) en Sonora y Cotaxtla en Veracruz (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2006). De estos trabajos

se generaron los híbridos H-501, H-502 y H-503 en San Rafael, Veracruz y se formó la primera variedad sintética: Barretal Sint. "B" (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2006).

A finales de la década de los treinta y principios de la década de los cuarenta se estableció el campo experimental de Llera, Tamaulipas, en donde —con base en germoplasma nativo— se desarrollaron y distribuyeron materiales genéticos de excelente calidad, adaptación y rendimiento de grano, denominados en ese entonces variedades Llera I, II y III, entre otras, obtenidas por el grupo de trabajo del M. C. Edmundo Taboada y el Ing. Pedro Reyes Castañeda (Aboites Manrique, 2002).

El campo experimental Río Bravo, dependiente del INIFAP, se fundó en 1956 con la misión de dar solución a la problemática agropecuaria del norte de Tamaulipas. En 1961 éste inició una etapa nueva del mejoramiento genético del maíz en el estado, con el objetivo principal de formar híbridos de maíz precoces con alto rendimiento de grano, uniformes y de porte bajo. Los trabajos de mejoramiento incluyeron observación y ensayos de rendimiento de híbridos y variedades mejoradas de maíces introducidos de Estados Unidos y otros centros de investigación del país, estudios sobre fechas de siembra y evaluación de materiales resistentes a la sequía. Durante ésta época se liberaron las variedades de polinización libre Llera, San Juan (V-401) y Breve de Padilla (V-402), originadas de germoplasma nativo del centro y sur de Tamaulipas; y se identificaron como sobresalientes los híbridos H-412 y Texas 17 W. Posteriormente, de 1966 a 1973, se continuó con la formación de híbridos precoces y selección masal en las variedades Santa Engracia, Breve de Padilla, San Juan y Lagunero. Por otra parte, se derivan líneas autofecundadas de diferentes variedades y colecciones nacionales e internacionales y se forman cruces simples, dobles y mestizos. Durante este periodo, el trabajo de investigación sobre mejoramiento genético estuvo a cargo de Javier Medina Aguirre, Joaquín Ortiz Cereceres, Martín Borjas Casanova, Efraín Lara Cervantes y Roberto Valdivia Bernal (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2006). A partir de 1974, el mejoramiento genético del maíz desarrollado por el INIFAP en Tamaulipas contó con mayores recursos económicos y humanos, lo que contribuyó a la liberación de los híbridos dobles H-417 y H-418 en 1976. En 1982 se liberaron los híbridos H-421 y H-422; en 1984 y en 1992 las variedades sintéticas

VS-409 y VS-440, respectivamente; estas últimas con características apropiadas para condiciones de temporal y ciclo primavera-verano (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2006).

La VS-409 fue formada a partir de maíces nativos sobresalientes de Tamaulipas, Nuevo León y líneas mejoradas. Después de este trabajo no se hicieron evaluaciones y mucho menos trabajo de mejoramiento genético de maíces nativos, hasta el año 2000 (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2006). En 1988 se liberó el híbrido trilineal H-433 y para responder a la escasez de agua para riego, en 2003 se liberaron los híbridos trilineales H-437 y H-439 (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2004; Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2005) y el H-440 (Reyes Méndez et al., 2007); en 2008 el híbrido H-443A, como respuesta a la demanda de semilla de maíz amarillo (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2009).

El maíz en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

En 1969, dentro de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), se fundó la Facultad de Agronomía, que actualmente es la Facultad de Ingeniería y Ciencias. Desde sus inicios se han hecho múltiples trabajos de investigación en maíz; tesis de licenciatura y posgrado y trabajos de investigación desarrollados por los profesores-investigadores. En ello se han utilizado materiales genéticos diversos: nativos, variedades de polinización libre, cruces experimentales e híbridos. Las primeras tesis fueron desarrolladas en 1972 por los alumnos de la primera generación de la carrera de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. A partir de 1973 el personal académico y los alumnos tesistas iniciaron trabajos basados en cultivares nativos: desde comparaciones agronómicas basadas en rendimiento de grano, evaluación del efecto de diferentes niveles de fertilización, aplicación de agroquímicos hasta trabajos de fitomejoramiento—como formación de cruces, avance genético de programas de selección y análisis genéticos—, sin dar énfasis a la conservación de germoplasma nativo de maíz.

En 1977, el Ingeniero y M. C. Eleno Muñoz Mares implementó el primer programa de mejoramiento genético de maíz en la entonces Facultad de Agronomía mediante el proyecto "Variedades precoces de maíz". Éste comenzó con la colecta de germoplasma nativo en los estados de Oaxaca, Nayarit, Sinaloa, Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas; prosiguió con la comparación de las colectas con



Figura 1. Centro de Gestión del Conocimiento de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria, Tamaulipas. Fotografía propiedad de José Alberto López Santillán.

base en rendimiento de grano y, finalmente, la derivación de líneas endogámicas entre 1978 y 1980, con las cuales se formaron los materiales experimentales Agrovic, y los híbridos LDX02 y UAT 9245 (Reyes, 1985).

En la década de los ochenta se hizo poco o nulo trabajo de caracterización y fitomejoramiento de maíz nativo, a inicios de la década de los noventa se reinició el mejoramiento genético encaminado a incrementar la resistencia y tolerancia al daño por gusano cogollero y algunas enfermedades, así como algunas investigaciones relacionadas con la interacción con factores climatológicos (Tabla 1).

Tabla 1. Tesis de nivel posgrado relacionadas con el maíz en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la UAT. Periodo 1990-2000

Título	Año
Análisis de la interacción de genotipos élite de maíz (<i>Zea mays</i> L.) con <i>Aspergillus flavus</i> Link.	1995
Diferenciación de líneas de maíz resistentes y susceptibles a lepidópteros por análisis genético molecular	1999
Pronóstico del riesgo agrometeorológico para el norte de Tamaulipas	1999
Comparación de dos criterios en la formación de poblaciones base para seleccionar resistencia a gusano cogollero y rendimiento de grano de maíz	2000

Conservación *ex situ* y manejo de germoplasma de maíz nativo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la UAT

A pesar de que se ha demostrado el potencial que tienen las poblaciones nativas de Tamaulipas como le menciona Pecina et al. (2011) y Castro Nava et al. (2013), en las dos últimas décadas del siglo pasado se dejó de aprovechar este tipo de germoplasma. En consecuencia, hubo falta de continuidad en el escaso trabajo de investigación y mejoramiento genético (Reyes Méndez y Cantú Almaguer, 2006). Por ello, es importante establecer estrategias viables tendientes a retomar el estudio de maíces nativos, en las vertientes de conservación y aprovechamiento y continuar la exploración y colecta de la variabilidad genética existente en el estado, para una mejor comprensión y proyección de esta riqueza.

Tomando en cuenta que Tamaulipas se ubica dentro de la región de origen, domesticación y diversificación del maíz (Smith, 1997), que existe germoplasma de gran valor para uso en programas de fitomejoramiento (Pecina et al., 2011), que en los últimos decenios se ha registrado una importante erosión de esta diversidad genética, y la no existencia de información sobre los riesgos de degradación y pérdida (Garza-Castillo, 2010), propició

que a partir de 2001 investigadores de la entonces Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias, hoy Facultad de Ingeniería y Ciencias de la UAT, iniciaran un programa denominado "Manejo, conservación y mejoramiento de germoplasma de maíz nativo de Tamaulipas". Éste se formalizó en 2004 a través de la integración del Cuerpo Académico PROMEP UATAM-CA-23 y tuvo como primer objetivo coleccionar, evaluar, conservar y utilizar en programas de fitomejoramiento poblaciones nativas que poseen los campesinos del estado; en especial de la región centro-sur, ya que en ella se encuentra la mayor diversidad de este recurso (Castro et al., 2013). Así, entre los años 2001 y 2006 se coleccionaron aproximadamente 215 poblaciones nativas en 17 municipios (Tabla 2).

De modo posterior al período de colecta, de manera esporádica, se han incorporado otras muestras a la colección; ésta se resguarda en un espacio de 18 m³ con temperatura controlada dentro de un rango de temperatura de 18 °C a 20 °C; lo cual obliga a la renovación de muestras en períodos de 3 a 5 años y no permite el resguardo de una cantidad grande de germoplasma. Colectas con adaptación a Valles Altos se han integrado al programa de mejoramiento genético de maíz del grupo de Fisiotecnia Vegetal del Colegio de

Tabla 2. Características climáticas y geográficas de los 17 municipios de Tamaulipas, México en los que se coleccionaron poblaciones nativas de maíz

Municipio	Latitud Norte/Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura Media anual		Número de colectas
				Máx.	Mín.	
Burgos	24° 56' 54"/98° 47' 49"	200	721	43	0	6
Cruillas	24° 44' 15"/98° 32' 05"	265	801	42	-1	14
Güémez	23° 55' 07"/99° 00' 16"	202	748	44	0	1
Hidalgo	24° 15' 09"/99° 26' 04"	320	930	41	2	9
Llera	23° 15' 18"/98° 50' 00"	210	675	41	7	4
Padilla	24° 03' 00"/99° 33' 00"	153	697	43	1	12
San Carlos	24° 34' 52"/98° 56' 49"	400	786	45	6	16
San Nicolás	24° 41' 22"/98° 49' 47"	615	712	45	6	15
Victoria	23° 43' 00"/99° 10' 00"	350	883	40	2	15
Villagrán	24° 28' 14"/99° 29' 19"	390	883	41	1	53
Bustamante	23° 26' 09"/99° 45' 15"	1600	470	36	0	11
Jaumave	23° 24' 27"/99° 22' 31"	750	700	44	2	1
Miquihuna	23° 34' 26"/99° 45' 11"	1770	402	41	4	22
Palmillas	23° 18' 00"/99° 33' 00"	1550	592	42	4	1
Tula	23° 00' 04"/99° 42' 45"	1140	433	43	2	25
Gómez Farías	23° 01' 43"/99° 08' 45"	380	1845	40	4	6
Ocampo	22° 50' 40"/99° 19' 54"	320	1379	43	0	4

Fuente: Castro et al. (2013).

Postgraduados, con la finalidad de favorecer el uso y conservación de este germoplasma. Los sitios de colecta fueron seleccionados con base en sus antecedentes históricos y de producción de maíz (Castro et al., 2013).

Después de la colecta se desarrolló una caracterización y evaluación del germoplasma en diversos ambientes y localidades. En estos estudios resaltó una amplia variabilidad fenológica en las colectas evaluadas dentro de un rango desde 50 hasta 90 días a floración, desde 100 hasta 150 días a madurez fisiológica, igualmente se identificó alta adaptación a condiciones de restricción de humedad y temperatura alta en germoplasma originario principalmente del suroeste y centroeste del estado (Pecina et al., 2011). También germoplasma de grano pigmentado, alto potencial de rendimiento y forraje en el altiplano tamaulipeco, pero muy susceptible a condiciones de temperatura alta. Con el germoplasma colectado y a través de siete proyectos de investigación (Tabla 3) se han desarrollado tesis a nivel licenciatura y posgrado (Tabla 4), y se han publicado diversos artículos científicos en revistas nacionales e internacionales (Tabla 5). Para ello se ha trabajado en colaboración con instituciones como el Colegio de Postgraduados (a través del Programa de Genética) y el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP (por medio del Programa de Maíz).

En la actualidad, dentro del programa mencionado se están desarrollando trabajos



Figura 2. Maíz nativo del centro y sur de Tamaulipas. Fotografía propiedad de José Alberto López Santillán.

enfocados a la identificación de patrones heteróticos de poblaciones nativas sobresalientes; además de continuar con trabajos de caracterización y selección de germoplasma precoz, de mayor potencial de rendimiento, tolerante al acame, enfermedades, temperaturas altas y restricción de humedad. Igualmente, se pretende iniciar trabajos relacionados con el manejo de plagas, usos especiales, cualidades nutraceuticas de los maíces pigmentados, todo ello con la finalidad de contribuir a su conservación y uso adecuado.

Tabla 3. Proyectos de investigación elaborados dentro del programa "Manejo, conservación y mejoramiento de germoplasma de maíz de Tamaulipas"

Proyecto	Vigencia
Componentes del crecimiento de grano y etapas del desarrollo del maíz en cultivares nativos y exóticos en el noreste de México (CONACyT I35634-B)	octubre 2000-mayo 2002
Interacción de altas temperaturas y estrés hídrico sobre aspectos agronómicos y fisiológicos en germoplasma de maíz en el NE de México (CONACYT SEP-2003-CO2-44713)	junio 2003 – mayo 2006
Conservación y mejoramiento de germoplasma criollo de maíz <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> en el noreste de México (CONACyT J41116-Z)	abril 2003 - abril 2006
Colección y conservación de los recursos fitogenéticos en el noreste de México (PROMEP)	2005 - 2007
Fortalecimiento de las actividades sustantivas del Cuerpo Académico y contribución al conocimiento de los recursos fitogenéticos (PROMEP)	enero 2007- diciembre 2008
Usos y mejoramiento participativo de germoplasma de maíz criollo de Tamaulipas (CONACyT 52366)	abril 2007-abril 2008
Heterosis y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz de diferentes regiones ecológicas de Tamaulipas (UAT10-AGRO-0729)	2011-2012

Un reto de este programa será el establecimiento de estrategias que permitan poner a disposición para agricultores tamaulipecos el germoplasma

generado, además de establecer convenios con bancos de germoplasma a nivel nacional para el resguardo del germoplasma colectado.

Tabla 4. Tesis desarrolladas en los 12 años de funcionamiento del programa "Manejo, conservación y mejoramiento de germoplasma de maíz nativo de Tamaulipas"

Año	Título	Alumno	Grado	Inst.
2004	Componentes del rendimiento y del crecimiento de grano en cruza experimentales de maíz bajo temporal	J. Maldonado D.	Licenciatura	UAT
2004	Producción de grano y componentes del rendimiento de genotipos de maíz para condiciones restrictivas de humedad	H. E. Herrera S.	Licenciatura	UAT
2005	Dinámica de crecimiento y pérdida de humedad del grano de maíz en germoplasma criollo de mazorca grande	J. A. Pecina M.	Licenciatura	UAT
2007	Respuesta de genotipos experimentales de maíz a condiciones de temporal	F. Sagástegui V.	Licenciatura	UAT
2007	Crecimiento y contenido de humedad en el grano de cultivares criollos de maíz de Tamaulipas	J. O. Robles V.	Licenciatura	UAT
2007	Producción y constitución nutricional de grano y forraje en germoplasma criollo de maíz	G. González A.	Licenciatura	UAT
2008	Producción de forraje de maíz de grano blanco y amarillo en el norte de Tamaulipas	J. M. Otero T.	Licenciatura	UAT
2009	Potencial de rendimiento de grano de germoplasma de maíz originario de Tamaulipas bajo temporal	D. López L.	Licenciatura	UAT
2010	Fecha de siembra de maíz para el ciclo otoño-invierno en el norte de Tamaulipas	G. Medina H.	Licenciatura	UAT
2011	Modificaciones agronómicas en poblaciones de maíz criollo por efecto de diferentes criterios de selección	D. A. Rocha V.	Licenciatura	UAT
2011	Evaluación de híbridos experimentales de maíz derivados de germoplasma criollo tropical del centro y sur de Tamaulipas	J. González M.	Licenciatura	UAT
2012	Rendimiento de grano y sus componentes de cruza experimentales de maíz en diferentes densidades de población	G. A. Guajardo G.	Licenciatura	UAT
2007	Tolerancia de germoplasma criollo de maíz de Tamaulipas al estrés hídrico y temperatura alta	V. H. Ramos O.	Maestría	UAT
2008	Diversidad genética y potencial de poblaciones criollas de maíz del centro y sur de Tamaulipas, México	J. A. Pecina M.	Maestría	CP
2005	Cambios de caracteres de la planta como respuesta a la selección para tolerancia a sequía en poblaciones de maíz	J. A. Rincón T.	Doctorado	UAT
2012	Potencial del germoplasma derivado de maíces nativos de Tamaulipas en los valles altos, transición y subtrópico	J. A. Pecina M.	Doctorado	CP

Tabla 5. Artículos publicados en revistas indizadas en los 12 años de funcionamiento del programa "Manejo, conservación y mejoramiento de germoplasma de maíz nativo de Tamaulipas"

Título	Revista	Año
Biomasa acumulada e intercambio gaseoso en maíz proveniente de semilla de diferente tamaño bajo humedad favorable y restringida	<i>Revista Internacional de Botánica Experimental</i>	2004
Componentes del crecimiento de grano de cultivares prolíficos de maíz	<i>Revista Fitotecnia Mexicana</i>	2004
Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical	<i>Revista Internacional de Botánica Experimental</i>	2006
Modificación de características agronómicas en maíz tropical por efecto de selección bajo estrés hídrico	<i>Revista Fitotecnia Mexicana</i>	2008
Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México	<i>Agrociencia</i>	2009
Preliminary field screening of maize landrace germplasm from northeastern Mexico under high temperatures	<i>Maydica</i>	2011
Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes	<i>Revista Fitotecnia Mexicana</i>	2011
Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México	<i>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas</i>	2013
Genetic potential of S1 lines derived from native maize populations of Tamaulipas, Mexico	<i>Maydica</i>	2013

LITERATURA CITADA

- ABOITES MANRIQUE, G. *Una mirada diferente de la revolución verde. Ciencia, nación y compromiso social.* México: Plaza y Valdés S.A. y C.V. 322 pp., 2002.
- AGUIRRE GÓMEZ, J. A. et al. Regional Analysis of Maize Biological Diversity in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Botany*, 54(1): 60-72, 2000.
- ÁNGELES ARRIETA, H. H. Mejoramiento genético del maíz en México: el INIA, sus antecesores y un vistazo a sus sucesor, el INIFAP. *Agricultura Técnica en México*, 26(1): 31-48, 2000.
- BENÍTEZ DE NORIEGA, A. *Historia de la Hacienda del Carmen de Benítez, México.* México: Miguel Ángel Porrúa, 77 pp., 1989.
- BIRD, R. M. A name change for central american teosinte. *Taxon*, 27(4): 361-363, 1978.
- CASTRO NAVA, S. et al. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4 (4):645-653, 2013.
- GARZA-CASTILLO, M. R. La conservación de recursos genéticos del maíz nativo en Tamaulipas. *Revista Ciencia UAT*, 16 (2):22-27, 2010.
- HERNÁNDEZ CASILLAS, J. M. y ESQUIVEL ESQUIVEL, G. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27 (1):27-31, 2004.
- LÓPEZ LOZANO, M. El cultivo de maíz en México y la contribución del fitomejorador para favorecer la autosuficiencia. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 7 (12):596-605, 2003.
- MASSIEU TRIGO, Y. y LECHUGA MONTENEGRO, J. El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*, XVII (36):281-303, 2002.
- MIRANDA COLIN, S. Evolución de cuatro caracteres del maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*, 28:73-88, 1977.
- NÁJERA CALVO, L. A. et al. Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(número especial 4): 31-36, 2010.
- PECINA MARTÍNEZ, J. A. et al. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2):85-92, 2011.
- PIPERNO, D. R. et al. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(13): 5019-5024, 2009.

- POLANCO JAIME, A. y FLORES MÉNDEZ, T. *Bases para una política de i&d e innovación de la cadena de valor del maíz*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A. C., 246 pp., 2008.
- RANERE, A. J. et al. The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(13): 5014-5018, 2009.
- REYES CASTAÑEDA, P. Cincuenta años de investigación agrícola de maíz para tierra caliente en México. *Agricultura Técnica en México*, 26(1): 49-62, 2000.
- REYES, J. R. *Formación y comparación de rendimiento de 135 cruza dobles en tres poblaciones de maíz (Zea mays L.)*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Tamaulipas. México. 80 pp., 1985.
- REYES MÉNDEZ, C. A. y CANTÚ ALMAGUER, M. A. H-437, Híbrido de maíz para el noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(3): 289-290, 2004.
- REYES MÉNDEZ, C. A. y CANTÚ ALMAGUER, M. A. H-439, Nuevo híbrido trilineal de maíz para áreas de riego en el subtrópico de México. *Agricultura Técnica en México*, 31(1): 97-100, 2005.
- REYES MÉNDEZ, C. A. y CANTÚ ALMAGUER, M. A. H-443-A, Híbrido de maíz de grano amarillo para el noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4): 331-333, 2009.
- REYES MÉNDEZ, C. A. y CANTÚ ALMAGUER, M. A. Maíz. En: RODRÍGUEZ DEL BOSQUE, L. A. (Coord.), *Campo experimental Río Bravo: 50 años de investigación agropecuaria en el norte de Tamaulipas, historia, logros y retos*, pp. 55-74, INIFAP, 325 pp., 2006.
- REYES MÉNDEZ, C. A. et al. H-440, Nuevo híbrido de maíz tolerante a sequía para el noreste de México. *Agricultura Técnica en México*, 33(2): 201-204, 2007.
- SÁNCHEZ, J. J. et al. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany*, 54(1): 43-59, 2000.
- SMITH, B. D. Documenting plant domestication: The consilience of biological and archaeological approaches. *Proceeding of National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(4): 1324-1326, 2001.
- SMITH, B. D. Reconsidering the Ocampo caves and the era of incipient cultivation in Mesoamerica. *Latin American Antiquity*, 8(4): 342-383, 1997.

De páginas electrónicas

- CONABIO. 2011. Base de datos del proyecto global "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". Octubre de 2010. CONABIO. México, D. F. <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>.