

Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México*

Exploring native corn germplasm in central and southern Tamaulipas, Mexico

Sergio Castro Nava^{1§}, José Alberto Lopez Santillan¹, José Agapito Pecina Martínez², Ma. del Carmen Mendoza Castillo² y César A. Reyes Méndez³

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas-Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario Adolfo López Mateos. Cd. Victoria, Tamaulipas. 87149. Tel. y Fax. 01 (834) 31-817-21. Ext. 2125. ²Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. C. P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. ³Campo Experimental Río Bravo-INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa, km 61 A. P. 172. C. P. 88900. Río Bravo, Tamaulipas. México. [§]Autor para correspondencia: scastro@uat.edu.mx.

Resumen

México es una nación que no se concibe sin la existencia del maíz. La especie fue domesticada hace 9000 años y presenta una amplia diversidad genética. En diversos estados del país, como Tamaulipas, aún en la actualidad existe una considerable diversidad de variedades de maíz que no han sido exploradas ni estudiadas suficientemente y cuya colección es necesaria como fuente de germoplasma. El objetivo del presente trabajo fue documentar la colecta de poblaciones nativas de maíz en las regiones centro y sur de Tamaulipas, para su conservación, caracterización y futuro aprovechamiento en diferentes programas de mejoramiento genético. Entre 2001 y 2006, se colectaron 215 poblaciones nativas de maíz. Se realizó una intensa exploración en 17 municipios de la zona centro y sur de Tamaulipas. Las poblaciones nativas obtenidas provienen de los municipios de Ocampo (25%), Tula (12%) y San Carlos (10%); en tanto que 53% se obtuvo en otros 14 municipios. El germoplasma colectado se conserva *ex situ* en la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, para su caracterización y evaluación. Las colecciones de germoplasma, como una fuente de diversidad genética deben ser caracterizadas para un manejo eficiente

Abstract

Mexico is a nation that is inconceivable without the existence of corn. The species was domesticated 9000 years ago and has a wide genetic diversity. In several states, such as Tamaulipas, there is, even today, a considerable diversity of corn varieties that have not been explored or studied enough and which must be collected as a source of germplasm. The aim of this study was to document the collection of native corn populations in central and southern Tamaulipas for their conservation, characterization and utilization in various future breeding programs. Between 2001 and 2006, we collected 215 native corn populations. An intense exploration was carried out in 17 municipalities in central and southern Tamaulipas. The native populations obtained come from the municipalities of Ocampo (25%), Tula (12%) and San Carlos (10%), while 53% were obtained in 14 other municipalities. The collected germplasm is conserved *ex situ* at the Autonomous University of Tamaulipas and the Postgraduate College of Agricultural Sciences for characterization and evaluation. Germplasm collections, being a source of genetic diversity, should be characterized for an efficient management and an effective exploitation that allows improving agricultural crops and productivity

* Recibido: agosto de 2012
Aceptado: marzo de 2013

y una explotación efectiva que permita el mejoramiento y la productividad en la agricultura en la región y otras del país. Existen posibilidades de que se haya perdido, a través de los años, germoplasma reportado con anterioridad, por lo que las colectas de maíces nativos deben continuar, se debe explorar en otras zonas e incorporar al banco otras poblaciones nativas que deben ser conservados para su futura utilización.

Palabras clave: *Zea mays* L., conservación y colección de germoplasma, maíces nativos, recursos genéticos, Tamaulipas.

Introducción

En un mundo donde la población creciente, culturas cambiantes, cambios en el clima y la migración de comunidades indígenas, la pérdida de la diversidad genética del maíz en los centros de origen es un tema de preocupación (Rice *et al.*, 2006).

El maíz fue domesticado a partir del teosinte hace casi 9000 años en México (Doebley, 2004; Kato *et al.*, 2009). La domesticación redujo la diversidad de la especie, en relación con el teosinte (Vigouroux *et al.*, 2002). La variación en poblaciones de maíz domesticado ha sido reducida o reestructurada por fenómenos de deriva genética y selección, tanto la natural como la artificial. Como resultado, en la actualidad se encuentra un gran número de poblaciones nativas adaptadas a condiciones ambientales específicas y adecuadas a una amplia diversidad de usos (Warburton *et al.*, 2008).

Las poblaciones nativas han sido la base para el desarrollo de las variedades modernas de polinización libre y de híbridos en todo el mundo, aunque las poblaciones nativas que no han sido usadas como fuente para mejorar germoplasma de maíz, podrían contener alelos útiles aún sin explotar. Las colecciones de germoplasma juegan un papel importante en el mejoramiento genético; deben ser caracterizadas para su manejo y aprovechamiento eficiente como fuente de diversidad genética, para enfrentar los riesgos debidos a nuevos parásitos, insectos y un estrés ambiental (Reif *et al.*, 2004; Smith, 2007) como temperatura alta o estrés hídrico.

El incremento en la tasa de erosión de las poblaciones nativas hace que la colección del germoplasma en peligro de extinción, sea extremadamente urgente, especialmente

in the Tamaulipas region and in other regions of the country. There is the possibility that previously reported germplasm has been lost through the years, so that collections of native corn should continue, exploring other areas and incorporating to the bank other native populations that should be preserved for future use.

Keywords: *Zea mays* L., Tamaulipas, genetic resources, landraces, preservation and collection of germplasm.

Introduction

In a world with growing population, changing cultures, climate change and migration of indigenous communities, the loss of the genetic diversity of corn in its centers of origin is a matter of concern (Rice *et al.*, 2006).

Corn was domesticated from teosinte almost 9 000 years ago in Mexico (Doebley, 2004; Kato *et al.*, 2009). Domestication reduced the diversity of the species relative to teosinte (Vigouroux *et al.*, 2002). In domesticated corn populations, variation has been reduced or restructured by genetic drift and selection phenomena, both natural and artificial. As a result, today there is a large number of native corn populations adapted to specific environmental conditions and suited to a wide variety of uses (Warburton *et al.*, 2008).

Native corn populations have been the basis for the development of modern open-pollinated varieties and hybrids worldwide, although the native corn populations that have not been used as a source for improving corn germplasm may contain useful alleles as yet untapped. Germplasm collections play an important role in genetic improvement; they should be characterized for an efficient management and exploitation as a source of genetic diversity that allow to face new risks due to pests, insects and environmental stress (Reif *et al.*, 2004; Smith, 2007) such as high temperature or water stress.

The increase in the rate of erosion of native corn populations makes the collection of endangered germplasm an extremely urgent task, especially in the centers of origin and the diversity areas (Damania, 2008). Native genetic resources should be collected for conservation, characterization and utilization in various current and future uses to maintain a broad base of genes for use in breeding and to prevent the permanent loss of the remaining diversity, as well as the extinction of wild relatives.

en los centros de origen y áreas de diversidad (Damania, 2008). Los recursos genéticos nativos deben ser colectados para su conservación, caracterización y aprovechamiento en diversos usos actuales y futuros para mantener una amplia base de genes para utilizarlos en el mejoramiento genético y prevenir pérdidas permanentes de la diversidad restante y la extinción de parientes silvestres.

En Tamaulipas, como en otras regiones de Mesoamérica, existe evidencia de la presencia de segregantes de híbridos maíz-teosinte y otras especies de plantas cultivadas como las encontradas en la Cueva de la Perra, en el Municipio de Ocampo (Mangelsdorf *et al.*, 1956; Mangelsdorf *et al.*, 1967), mostrando la evolución del maíz y la existencia de germoplasma de gran valor en esta área. La reducción de la superficie sembrada de maíz en la zona Centro y Sur de Tamaulipas y en particular en el Municipio de Ocampo, debido al incremento de la superficie sembrada de caña de azúcar (misma situación en otras zonas y otros cultivos) hace urgente la colecta y conservación de germoplasma nativo de maíz (SIAP, SAGARPA, 2011) antes de su desaparición.

El objetivo del presente trabajo fue documentar la colecta de poblaciones nativas de maíz en las regiones centro y sur de Tamaulipas, para su conservación, futura caracterización y aprovechamiento en diferentes programas de mejoramiento genético.

El Noreste de México comprende los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y Zacatecas. La colecta fue realizada en las regiones centro y sur de Tamaulipas, localizada geográficamente en 22° 12' 31" latitud norte y 27° 40' 42" longitud oeste y 97° 08' 38" latitud norte y 100° 08' 52" longitud oeste, respectivamente. El Trópico de Cáncer cruza Tamaulipas en la parte central y presenta una variedad de climas el cual varía de húmedo a seco de acuerdo a la altitud, desde sub-húmedo y húmedo con verano lluvioso en el sur-sureste hasta templado en el altiplano y partes montañosas del estado. El promedio anual de precipitación es de 891 mm, aunque ocurre con mayor frecuencia e intensidad en los meses de Junio a Octubre, aunque por el cambio climático se generan variaciones entre años y en el inicio y establecimiento de las lluvias. En el área de colecta predomina el verano seco cuya intensidad depende de la localización municipal. Las condiciones de lluvia, hacen posible la agricultura en 21% de la superficie del estado, que es de casi ocho millones de hectáreas, con alto riesgo en varias regiones.

In Tamaulipas, as in other regions of Mesoamerica, there is evidence of the presence of segregating corn-teosinte hybrids and other crop species such as those found in Cueva de la Perra in the municipality of Ocampo (Mangelsdorf *et al.*, 1956; Mangelsdorf *et al.*, 1967) which show the evolution of corn germplasm and the existence of germplasm of great value in this area. The reduction in corn acreage in the central and southern regions of Tamaulipas, particularly in the Municipality of Ocampo, due to an increase in sugar cane acreage (the same situation occurs in other areas with other crops) makes the collection and conservation of native corn germplasm an urgent task (SIAP, SAGARPA, 2011) before its disappearance.

The aim of this study was to document the collection of native corn populations in central and southern Tamaulipas for their conservation, characterization and utilization in various future breeding programs.

Northeastern Mexico includes the states of Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua and Zacatecas. The collection was carried out in the central and southern regions of Tamaulipas, located geographically at 22° 12' 31" N and 27° 40' 42" W, and 97° 08' 38" N and 100° 08' 52" W, respectively. The Tropic of Cancer crosses the center of the state of Tamaulipas, which has a variety of climates from wet to dry according to altitude; from sub-humid and humid with rainy summer in the south-southeast to temperate in the highlands and the mountainous parts of the state. The average annual precipitation is 891 mm, although it occurs with greater frequency and intensity in the months of June to October; however, climate change induces variations between years and also in the starting and establishment dates of the rains. Dry summer predominates in the collection area, the intensity of which depends on the location of the municipality. The rain conditions made agriculture possible in 21% of the state's area, which is nearly eight million hectares, with high risk in various regions.

The native corn populations were collected in 17 municipalities, of which some geographical and climatic characteristics are described in Table 1 between the years 2001-2006, with particular regularity in the period 2001-2004. Other samples of native corn germplasm have been sporadically incorporated into the bank after this collection period. The collection sites explored were selected based on their history of corn production and their historical background (Mangelsdorf *et al.*, 1956), as was the case of the municipality of Ocampo, located in the southern region of the state.

Las poblaciones nativas fueron colectadas en 17 municipios, de los que algunas características geográficas y climáticas se describen en el Cuadro 1 entre los años 2001 a 2006, con mayor regularidad en el período de 2001 a 2004. Después de ese período de colecta se han incorporado al banco de germoplasma otras muestras de maíces criollos de manera esporádica hasta la fecha. Los sitios de colecta explorados fueron seleccionados con base en sus antecedentes de producción de maíz y sus antecedentes históricos (Mangelsdorf *et al.*, 1956) en este último caso como el municipio de Ocampo, localizado en el sur del estado.

The collection was carried out during the months of January and February, and June and July of each year, after the harvest in each crop cycle. Corn samples were obtained in each of the 17 municipalities visited directly from the farmer's plot or place of storage. Twenty to thirty ears of corn were collected for each sample, or 1 to 2 kg of seeds. The following information was obtained from the farmers: name of the farmer; common name of corn; location and date of collection; grain color; ear length and cob color. Each sample was assigned an identification key. In the case of the ears collected, the grains were separated from the

Cuadro 1. Características climáticas y geográficas de los 17 municipios de Tamaulipas, México en los que se colectaron poblaciones nativas de maíz.

Table 1. Climatic and geographical characteristics of the 17 municipalities in Tamaulipas, Mexico, in which native corn populations were collected.

Región-Municipio	Latitud-longitud	Altitud (m)	Promedio*		Precipitación (mm)
			Temperatura extrema (°C) Max	Min	
Norte					
Burgos	24°56'54"/98°47'49"	200	43	0	721
Cruillas	24°44'15"/98°32'05"	265	42	-1	801
Centro					
Güemez	23°55'07"/99°00'16"	202	44	0	748
Hidalgo	24°15'09"/99°26'04"	320	41	2	930
Llera	23°15'18"/98°50'00"	210	41	7	675
Padilla	24°03'00"/99°33'00"	153	43	1	697
San Carlos	24°34'52"/98°56'49"	400	45	6	786
San Nicolás	24°41'22"/98°49'47"	615	45	6	712
Victoria	23°43'00"/99°10'00"	350	40	2	883
Villagrán	24°28'14"/99°29'19"	390	41	1	883
Altiplano					
Bustamante	23°26'09"/99°45'15"	1600	36	0	470
Jaumave	23°24'27"/99°22'31"	750	44	2	700
Miquihuana	23°34'26"/99°45'11"	1770	41	4	402
Palmillas	23°18'00"/99°33'00"	1550	42	4	592
Tula	23°00'04"/99°42'45"	1140	43	2	433
Sur					
Gómez Farías	23°01'43"/99°08'45"	380	40	4	1845
Ocampo	22°50'40"/99°19'54"	320	43	0	1379

*Promedio de los últimos 45 años. Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA).

La colecta fue realizada durante los meses de enero y febrero así como Junio y Julio de cada año, después de la cosecha en cada ciclo de cultivo. En cada uno de los 17 municipios visitados fueron obtenidas muestras de maíz directamente de la parcela del agricultor o del lugar de almacén. De cada muestra se colectaron de 20 a 30 mazorcas o de 1 a 2 kg de semilla. De los agricultores se obtuvo la información siguiente: nombre del agricultor; nombre común del maíz; localidad y fecha de

cob, and, as with the remaining samples, were stored in glass containers, closed and labeled, with grain moisture below 15%.

In Mexico, there are corn genebanks in which a wide genetic diversity is represented, but some regions of Baja California, Tabasco, northern Chiapas and Tamaulipas have not been sufficiently explored. Furthermore, there is no information

colecta; color del grano; longitud de mazorca y color del olote. A cada muestra se asignó una clave de identificación. En el caso de las mazorcas colectadas, los granos fueron separados del olote y como el resto de las muestras, fueron almacenadas en contenedores de vidrio, cerrados y etiquetados, con una humedad del grano inferior a 15%.

En México existen bancos de germoplasma de maíz en los que se encuentra representada una amplia diversidad genética; sin embargo, algunas regiones de Baja California, Tabasco, Norte de Chiapas y Tamaulipas no han sido suficientemente exploradas. Además no existe información acerca de los riesgos de degradación (Ortega *et al.*, 1991; Pecina-Martínez *et al.*, 2009) o de contaminación por transgénicos (Quist y Chapela, 2001) en las poblaciones nativas en estas regiones.

Debido a la importancia actual y futura de los recursos genéticos de maíz para el país y en particular para Tamaulipas en programas de mejoramiento genético, se colectaron poblaciones nativas de maíz en el centro y sur de Tamaulipas a partir de 2001. La colecta se realizó en 17 municipios (Cuadro 1) con una altura sobre el nivel del mar entre 153 y 1770 m. Sin embargo, por falta de coincidencia de los ciclos de cultivo con las fechas de colecta y a los pocos recursos, económicos y de personal, no fue posible explorar más sitios, por tal razón es muy probable que existan más poblaciones nativas de maíz que aún no están representados en la colección, por lo que es urgente colectarlos.

La región muestreada tiene climas que van desde seco estepario muy cálido y extremoso (Norte); semicálido extremoso y semiárido (Centro); semicálido seco y subhúmedo (Altiplano) a semicálido extremoso (Sur). Se tiene una precipitación promedio de 803 mm (Cuadro 1), pero que difieren en el inicio y establecimiento de las lluvias, dependiendo del año y la región. El verano es seco y variable en intensidad y amplitud, dependiendo del municipio. Las condiciones de precipitación en la región hacen posible la agricultura de secano, pero con un alto riesgo de estrés por agua, altas temperaturas o la combinación de ambos factores. Esto queda de manifiesto en el Altiplano, con un promedio de precipitación de sólo 519 mm, en contraste con los municipios de la zona Sur que presentan un promedio de precipitación superior a 1 600 mm. La temperatura máxima extrema en los últimos 45 años fue superior a 40 °C en todos los municipios, con excepción de Bustamante (36 °C) (Cuadro 1).

about the risks of degradation (Ortega *et al.*, 1991; Pecina-Martínez *et al.*, 2009) or of transgenic contamination (Quist and Chapela, 2001) for the native corn populations of these regions.

Due to the current and future importance of corn genetic resources for the breeding programs carried out in the country and particularly in Tamaulipas, native corn populations were collected in central and southern Tamaulipas since 2001. The collection was carried out in 17 municipalities (Table 1) at between 153 and 1770 masl. However, due to the lack of coincidence between the crop cycles and the collection dates, as well as the scarce resources, both financial and personnel, with which the collection work had to be done, it was not possible to explore more places; therefore, it is very likely that there are more native corn populations that are not yet represented in the collection, making their collection an urgent matter.

The sampled region has climates ranging from very warm, extreme dry steppe in the North to extreme semi-arid, semi-warm in the Center, semi-warm dry and sub-humid in the Plateau, and extreme semi-warm in the South. There is an average rainfall of 803 mm (Table 1), but the start and establishment of the rains depend on the year and the region. Summer is dry and variable in intensity and amplitude, depending on the municipality. The precipitation conditions in the region make rainfed agriculture possible, but with a high risk of water stress, high temperatures, or a combination of both. This is evident in the Plateau, with an average rainfall of only 519 mm, in contrast to the municipalities of the south which have a higher than average rainfall of 1600 mm. The extreme maximum temperature in the past 45 years was higher than 40 °C in all municipalities, except Bustamante (36 °C) (Table 1).

The weather conditions strongly impact productivity in each of the municipalities of collection (Table 2), reducing corn acreage (27%), generating low yields and increasing the rainfed area (17%) each year, all this with respect to the collection period 2003-2008 (SIAP, SAGARPA, 2011). According to the data in Tables 1 and 2, in this region temperature is probably the main factor limiting corn production and the availability of water in the soil, as a result of climate change.

The studies by Pecina-Martínez *et al.* (2009) and Pecina *et al.* (2011) in some of the native corn populations collected found that these populations exhibit a wide genetic diversity

Las condiciones climáticas impactan fuertemente la productividad en cada uno de los municipios de colecta (Cuadro 2), reduciendo la superficie sembrada de maíz (27%), produciendo bajos rendimientos e incrementando la superficie de secano (17%) cada año, esto en relación al período de colecta 2003-2008 (SIAP, SAGARPA, 2011). De acuerdo con los datos de los Cuadros 1 y 2, probablemente el principal factor que está limitando la producción de maíz en la región es la temperatura y la disponibilidad de agua en el suelo, como resultado del cambio climático.

regarding their agronomic characteristics and also great yield potential; the same diversity has been noted in native corn populations in Puebla (Horton *et al.*, 2012) and Oaxaca (López-Romero *et al.*, 2005). The diversity of the native corn populations of Tamaulipas could be attributed to the following reasons: 1. The strong natural selection pressure caused by diseases, pests and environmental stress such as drought, high temperature or a combination of both; 2. Geography (altitude and latitude), physiography and ecological conditions. The summary of the phenological

Cuadro 2. Proporción de superficie sembrada total y de secano y rendimiento de maíz en la región centro y sur de Tamaulipas en el periodo 2003-2008.

Table 2. Ratio of total rainfed area sown and corn yield in the central and southern regions of Tamaulipas in 2003-2008.

Aspectos	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Proporción de superficie sembrada (%)	50.8	39.2	29.1	29.2	35.0	37.1
Rendimiento promedio (t ha ⁻¹)	1.4	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5
Proporción de superficie de secano (%)	61.7	51.3	62.9	61.8	70.1	72.3

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Los estudios realizados por Pecina-Martínez *et al.* (2009) y Pecina *et al.* (2011) en algunas de las poblaciones nativas colectadas, se encontró que exhiben una amplia diversidad genética en características agronómicas y gran potencial de rendimiento, la misma diversidad que se ha señalado en poblaciones nativas de Puebla (Hortelano *et al.*, 2012) y Oaxaca (López-Romero *et al.*, 2005). Esta diversidad señalada para las poblaciones nativas de Tamaulipas se podría atribuir a las razones siguientes: 1. A la fuerte presión de selección natural ocasionada por enfermedades, plagas y algún tipo de estrés ambiental como sequía, temperatura alta o la combinación de ambos; 2. A la geografía (altitud y latitud), la fisiografía y las condiciones ecológicas. El resumen de las características fenológicas de las colectas se muestra en el Cuadro 3. En Tamaulipas, los criollos conservados por los agricultores han sido reconocidos por sus características agronómicas; sin embargo, a pesar de los estudios señalados, poco trabajo se ha realizado en investigación y mejoramiento genético de dicho germoplasma en los últimos 20 años, como lo señalan Reyes y Cantú (2006); en este contexto además de los estudios citados arriba es necesario considerar el estudio de Castro-Nava *et al.* (2011) quienes demostraron que existen poblaciones nativas con tolerancia para ambientes con alta temperatura, como los que imperan en el Noreste de México.

characteristics of the collections is shown in Table 3. In Tamaulipas, the native corns conserved by farmers have been recognized for their agronomic characteristics; however, despite the studies referred to above, little work has been done in research and genetic improvement of the corn germplasm in the past 20 years, as indicated by Reyes and Cantú (2006); in this context, it is necessary to consider, in addition to the studies cited above, the study of Castro-Nava *et al.* (2011), who showed that native corn populations are tolerant to high temperature environments such as those prevailing in northeastern Mexico.

Cuadro 3. Principales características de grano y mazorca de los criollos de maíz colectados en la región centro y sur de Tamaulipas.

Table 3. Main characteristics of grains and ears of native corns collected in the central and southern regions of Tamaulipas.

Carácter	Fenotipo
Color del grano	Blanco, crema, amarillo, rojo, morado
Número de hileras	14-20
Color del olote	Blanco, rojo, morado, crema

Durante el periodo de colecta de 2001 a 2006, se obtuvieron 215 poblaciones nativas (Cuadro 4) provenientes de ambientes diversos en los que muestran adaptación. Las poblaciones obtenidas provienen de los municipios de Ocampo (25%), Tula (12%) y San Carlos (10%), en tanto que en otros 14 municipios se obtuvo 53%. Las poblaciones de Ocampo, fueron colectados en sitios cercanos a las Cuevas del Cañón del Infiernillo y la Cueva de la Perra, y de acuerdo con Mangelsdorf *et al.* (1967) representan poblaciones pertenecientes a las razas Chapalote y Nal-Tel, descritas por Wellhausen *et al.* (1952), aunque, de acuerdo con Mangelsdorf *et al.* (1967), los restos encontrados demostraron la presencia de razas como Tuxpeño, Vandeeño, Cónico, Harinoso y Olotillo.

During the collection period 2001-2006, 215 native corn populations were obtained (Table 4) from diverse environments to which they show adaptation. The populations obtained come from the municipalities of Ocampo (25%), Tula (12%) and San Carlos (10%), while 53% was obtained in 14 other municipalities. The Ocampo populations were collected in sites near the caves of Cañón del Infiernillo and in the Cueva de la Perra; according to Mangelsdorf *et al.* (1967), they represent populations belonging to the races Chapalote and Nal-Tel, described by Wellhausen *et al.* (1952), although, according to Mangelsdorf *et al.* (1967), the remains found showed the presence of races such as Tuxpeño, Vandeeño, Cónico, Harinoso and Olotillo.

Cuadro 4. Colectas de poblaciones nativas obtenidas por municipio en la región centro y sur de Tamaulipas en el periodo 2001-2006.

Table 4. Collections of native populations obtained by municipality in central and southern Tamaulipas in the period 2001-2006.

Municipio	2001	2003	2004	2005	2006	Total
Burgos		6				6
Bustamante			14			14
Cruillas		1				1
Gómez Farías		9				9
Güemez	2	1	1			4
Hidalgo	3	9				12
Jaumave	1		15			16
Llera		15				15
Miquihuana			15			15
Ocampo	45		5	2	1	53
Padilla	2	9				11
Palmillas		1				1
San Carlos	19	3				22
San Nicolás		1				1
Tula	8	16	1			25
Victoria	5	1				6
Villagrán		4				4
Total	116	76	51	2	1	215

Además de las colectas realizadas en Tamaulipas, existen 31 colectas del banco de germoplasma de la Universidad Autónoma de Nuevo León, realizadas en 2001, lo cual en total suman 246 accesiones.

Esto no se confirma plenamente con las características de mazorca de las muestras obtenidas de las poblaciones colectadas, ya que en base a dichas características, las principales razas presentes son Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Ratón; además de que en algunas muestras sólo se obtuvo grano. Esto significa que probablemente la colecta de poblaciones nativas en el centro y sur de Tamaulipas no haya sido suficiente para tener una muestra representativa del germoplasma existente, o por otro lado que gran parte del recurso genético reportado por Mangelsdorf *et al.* (1967), ya se haya perdido. Una buena razón para pensar esto es la

In addition to the collections made in Tamaulipas, there are 31 collections in the genebank of the Autonomous University of Nuevo León, made in 2001, summing a total of 246 accessions.

This is not fully confirmed by the characteristics of the ear of the samples obtained from the collected populations because, based on these characteristics, the main races present are Tuxpeño, Tuxpeño Norteño and Ratón; in addition to that, only grain was obtained in some samples. This probably means that the collection of native populations in central

introducción de variedades e híbridos mejorados en algunas zonas o definitivamente que el cultivo del maíz haya sido desplazado por otros cultivos.

Las áreas exploradas en el período 2001-2006 no cubren la totalidad del territorio que se cultiva con maíz debido a la falta de coincidencia de los ciclos de siembra con los de colecta, pero principalmente por el personal disponible para realizarlo, por tanto es necesario continuar recorriendo y colectando éstas y otras zonas, debido a que se tiene conocimiento de la existencia de más poblaciones nativas de maíz. Por otra parte, muchas poblaciones nativas han crecido en diferentes condiciones ecológicas (Cuadro 1) y por lo tanto morfológica y fisiológicamente poseen diferentes características (Pecina-Martínez *et al.*, 2009; Pecina *et al.*, 2011; Castro-Nava *et al.*, 2011).

Al respecto, Pecina-Martínez *et al.* (2009) estudiaron 29 criollos de esta colección, además de otros grupos de genotipos de los Valles Altos de México, encontraron que los criollos de Tamaulipas exhibieron una alta variabilidad e interacción favorable con el ambiente con respecto a las variables número de granos, producción y compatibilidad con el germoplasma de Valles Altos para alto rendimiento, además de que algunas de estas poblaciones fueron prolíficas; es decir, las evidencias fenológicas de las poblaciones nativas y los resultados de las investigaciones señaladas indican la existencia de variación genética, con alto potencial de aprovechamiento en diferentes aspectos.

Las colectas de germoplasma, como una fuente de diversidad genética, deben ser caracterizadas suficientemente para un aprovechamiento eficiente y efectivo que permita mejorar la productividad agrícola actual, de ésta y otras regiones como lo mostraron Castro-Nava *et al.* (2011) en 28 genotipos de la colección de Tamaulipas, en las que encontraron que algunas de las poblaciones presentaron resistencia a temperaturas por arriba de 40 °C.

Conclusiones

Se colectaron 215 poblaciones nativas de maíz en 17 municipios del centro y sur de Tamaulipas. Se observó una amplia variabilidad fenotípica en características de mazorca y grano entre las poblaciones nativas bajo estudio, aunque lo más importante en el futuro inmediato es que deben ser

and southern Tamaulipas has not been enough to have a representative sample of the existing germplasm, or that much of the genetic resources reported by Mangelsdorf *et al.* (1967) have already been lost. A good reason to think so is the introduction of improved varieties and hybrids and that corn cultivation has been replaced by other crops in some areas.

The areas explored in the period 2001-2006 do not cover all of the territory that is cultivated with corn due to the lack of coincidence between planting cycles and collection, but mainly because the lack of staff; therefore, it is necessary to continue exploring and collecting in these and other areas, as it is known that there are more populations of native corn. Moreover, many native corn populations have grown in different ecological conditions (Table 1) and have therefore different morphological and physiological characteristics (Pecina-Martínez *et al.*, 2009; Pecina *et al.*, 2011; Castro-Nava *et al.* 2011).

In this regard, Pecina-Martínez *et al.* (2009) studied 29 native corns of this collection, as well as other groups of genotypes from the high valleys of Mexico; they found that the native corns from Tamaulipas exhibited high variability and a favorable interaction with the environment with respect to the following variables: number of grains, production and compatibility in terms of yield with the germplasm of the high valleys. They also found that some of these populations were prolific, i.e. the phenological evidence from the native corn populations and the results of the research indicate the existence of genetic variation, with high potential for use in different manners.

Germplasm collections, being a source of genetic diversity, must be characterized sufficiently for an efficient and effective use that helps improve the current agricultural productivity of this and other regions, as demonstrated by Castro-Nava *et al.* (2011) in 28 genotypes of the collection of Tamaulipas, in which they found that some of the populations were resistant at temperatures above 40 °C.

Conclusions

Two hundred and fifteen native corn populations were collected in 17 municipalities in central and southern Tamaulipas. A wide phenotypic variability of the characteristics of ears and grains was observed between

conservados para su utilización científica posterior. Es probable que se haya perdido germoplasma de alto valor, por lo que necesario continuar explorando y colectando nuevas poblaciones nativas en las regiones centro y sur de Tamaulipas.

Agradecimientos

El estudio fue financiado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de los proyectos J41116-Z, 135634-B y 52366 y por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) a través del Cuerpo Académico UATAM-CA-23.

Literatura citada

- Castro-Nava, S.; Ramos-Ortíz, V. H.; Reyes-Méndez, C. A.; Briones-Encinia, F. and López-Santillán, J. A. 2011. Preliminary field screening of maize landrace germplasm from northeastern México under high temperatures. *Maydica*. 56:77-82.
- Damania, A. B. 2008. History, achievements, and current status of genetic resources conservation. *Agron. J.* 100:9-21.
- Doebley, J. 2004. The genetics of maize evolution. *Ann. Rev. Gen.* 38:37-59.
- Hortelano, S. R.; Gil, A. M.; Santacruz, V. A.; López, S. H.; López P. A. y Miranda, C. S. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(2):97-109.
- Kato, T. A.; Mapes, C.; Mera, L. M.; Serratos, J. A. y Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- López-Romero, G.; Santacruz-Varela, A.; Muñoz-Orozco, A.; Castillo-González, F.; Córdoba-Téllez, L. y Vaquera-Huerta, H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30(5):284-290.
- Mangelsdorf, P. C.; MacNeish, R. S. and Galinat, W. C. 1956. Archaeological evidence on the diffusion and evolution of maize in northeastern Mexico. *Botanical Museum Leaflets Harvard University* 17:125-150.
- Mangelsdorf, P. C.; MacNeish, R. S. and Galinat, W. C. 1967. Prehistoric maize, teosinte, and tripsacum from Tamaulipas, Mexico. *Botanical Museum Leaflets Harvard University* 22:33-62.
- Ortega, P. R.; Sánchez, G. J. J.; Castillo, G. F. y Hernández, C. J. M. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos en México. *In: Ortega, P. R.; Palomino, H. G.; Castillo, G. F.; González, H. V. A. y Livera, M. M. (eds.). Avances en el estudio de los Recursos Fitogenéticos de México.* SOMEFI. Chapingo, México. 161-185 pp.

the native corn populations under study. It is very important that these populations be preserved for later scientific use. It is likely that high value germplasm has been lost, so it is necessary to continue exploring and collecting new native corn populations in the central and southern regions of Tamaulipas.

End of the English version



- Pecina-Martínez, J. A.; Mendoza-Castillo, M. C.; López-Santillán, J. A.; Castillo-González, F. y Mendoza-Rodríguez, M. 2009. Phenological and morphological response of Tamaulipas maize to contrasting environments in México. *Agrociencia* 43:681-694.
- Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C.; López, S. J. A.; Castillo, G. F.; Mendoza, R. M. and Ortíz, C. J. 2011. Grain yield and yield components of native maize populations from Tamaulipas state evaluated under contrasting environments. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(2):85-92.
- Quist, D. and Chapela, I. H. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, México. *Nature* 414:541-543.
- Reyes, M. C. A. y Cantú, A. M. A. 2006. Maíz. *In: Rodríguez, B. L. A. (ed.) Campo Experimental Río Bravo: 50 años de investigación agropecuaria en el norte de Tamaulipas. Historia, logros y retos.* Libro técnico Núm. 1 INIFAP. México. 55-74 p.
- Reif, J. C.; Xia, X. C.; Melchinger, A. E.; Warburton, M. L.; Hoisington, D. A.; Beck, D.; Bohn, M. and Frisch, M. 2004. Genetic diversity determined within and among CIMMYT maize populations of tropical, subtropical, and temperate germplasm by SSR markers. *Crop Sci.* 44:326-334.
- Rice, E. B.; Smith, M. E.; Mitchell, S. E. and Kresovich, S. 2006. Conservation and change: a comparison of *In Situ* and *Ex Situ* conservation of Jala maize germplasm. *Crop Sci.* 46:428-436.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGARPA. 2011. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (consultado noviembre, 2011).
- Smith, S. 2007. Pedigree pedigree background changes in U.S. hybrid maize between 1980 and 2004. *Crop Sci.* 47:1914-1926.
- Vigouroux, Y.; McMullen, M.; Hittinger, C. T.; Houchis, K.; Shulz, L.; Kresovich, S.; Matsuoka, Y. and Doebley, J. 2002. Identifying genes of agronomic importance in maize by screening microsatellites for evidence of selection during domestication. *Proceedings of National Academy of Science USA* 99:9650-9655.
- Warburton, M. L.; Reif, J. C.; Frisch, M.; Bohn, M.; Bedoya, C.; Xia, X. C.; Crossa, J.; Franco, J.; Hoisington, D.; Pixley, K.; Taba, S. and Melchinger, A. E. 2008. Genetic diversity in CIMMYT nontemperate maize germplasm: landraces, open pollinated varieties, and inbred lines. *Crop Sci.* 48:617-624.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. and Hernández, X. E. in collaboration with Mangelsdorf, P. C. 1952. Races of maize in Mexico. *Bussey Institution, Harvard University.*