

Exploración de germoplasma nativo de maíz en Nuevo León, México*

Exploring native maize germplasm in Nuevo León, Mexico

Efraín Acosta-Díaz^{1§}, Francisco Zavala-García², Juan Valadez-Gutiérrez³, Ismael Hernández-Torres¹, Mario Domingo Amador-Ramírez⁴ y José Saúl Padilla-Ramírez⁵

¹Campo Experimental General Terán-INIFAP. Carretera Montemorelos-China, km 31. General Terán, Nuevo León, México. C. P. 67400. (acosta.efrain@inifap.gob.mx; hernandez.ismael@inifap.gob.mx). ²Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Área de Estudios de Posgrado, carretera Zuazua-Marín km 17.5, Marín Nuevo León, México. (francisco.zavala.garcia@gmail.com). ³Campo Experimental Huastecas-INIFAP. Carretera Tampico-Mante km 55, Estación Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. C. P. 89610. (valadez.juan@inifap.gob.mx). ⁴Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Carretera Zacatecas-Fresnillo, km 24.5. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. C. P. 98500. (castor_aztlan@hotmail.com). ⁵Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas, km. 32.5, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. C. P. 20660. (padilla.saul@inifap.gob.mx). [§]Autor para correspondencia: acostaefrain@yahoo.com.mx.

Resumen

En diversos estados del país, como Nuevo León, aún en la actualidad existe una considerable diversidad de variedades de maíz (*Zea mays* L.) que no han sido exploradas ni estudiadas suficientemente y cuya recolección es necesaria como fuente de germoplasma. El objetivo del presente trabajo fue realizar una recolecta de poblaciones nativas de maíz en las regiones de la Gran Llanura de Norteamérica, Llanura Costera del Golfo Norte y Sierra Madre Oriental, para su conservación *ex situ*, caracterización y futuro aprovechamiento en diferentes programas de mejoramiento genético. En 2008 se recolectaron 135 poblaciones nativas de maíz, de las cuales 49.63% correspondió a razas puras y 50.33% a cruza interracial. Las poblaciones nativas obtenidas provinieron de las regiones de la Sierra Madre Oriental (42%), Llanura Costera del Golfo Norte (30%) y Sierra Madre Oriental (28%). El germoplasma recolectado se conservó en el Banco Central de maíz del INIFAP, en Texcoco, Estado de México. Las recolecciones de germoplasma, como una fuente de diversidad genética deben ser caracterizadas para un manejo eficiente y un aprovechamiento efectivo que permita el mejoramiento y la productividad en el estado. No

Abstract

In many states, like Nuevo León, even today there is considerable diversity of maize varieties (*Zea mays* L.) yet unexplored or partially studied and whose collection is required as a source of germplasm. The aim of this study was to collect native maize populations in the Great Plains of North America, Northern Gulf Coastal Plain and Sierra Madre Oriental regions, for *ex situ* conservation characterization and utilization in different future breeding programs. In 2008, overall 135 native maize populations were collected, of which 49.63% were pure races and 50.33% interracial crosses. Native populations were obtained from the Sierra Madre Oriental (42%), Northern Gulf Coastal Plain (30%) and Sierra Madre Oriental (28%). The collected germplasm was preserved at the INIFAP Maize Central Bank in Texcoco, State of Mexico. Germplasm collections as a source of genetic diversity should be characterized for efficient management and effective utilization, enabling improved productivity in the state. Chances are that some previously reported germplasm may have been lost over the years, therefore the collections of native maize should continue in the physiographic regions of Nuevo León.

* Recibido: febrero de 2014
Aceptado: abril de 2014

se descarta la posibilidad de que se haya perdido a través de los años, germoplasma reportado con anterioridad, por lo que las recolectas de maíces nativos deben de continuar en las regiones fisiográficas de Nuevo León.

Palabras clave: *Zea mays* L., especies nativas, recursos genéticos, muestras de semilla.

Introducción

México es el centro de domesticación y uno de los centros de diversidad del maíz (Matsuoka *et al.* 2002; Doebley 2004), en donde fue domesticado a partir del teosinte hace casi 9 000 años (Doebley, 2004; Kato *et al.*, 2009). Diversos estudios de la variabilidad del maíz, muestran que existe una gran diversidad en las poblaciones mexicanas, además de la existencia de la teocinte, el pariente silvestre del que desciende el maíz cultivado (Sánchez *et al.*, 1998). En la segunda mitad del siglo pasado se realizaron grandes esfuerzos para coleccionar, conservar y utilizar los recursos fitogenéticos; como resultado, la variabilidad genética de las formas cultivadas de maíz está bien representada en los bancos de germoplasma (Wellhausen *et al.*, 1952; Hernández, 1985).

En la actualidad, existen alrededor de 60 razas de maíz en México (Hernández, 2000). La domesticación del maíz redujo la diversidad de la especie, y como consecuencia la variación en poblaciones de maíz domesticado ha sido reducida o reestructurada por fenómenos de deriva genética y selección (Vigouroux *et al.*, 2002). Como resultado de la domesticación, en la actualidad existe un gran número de poblaciones nativas adaptadas a condiciones ambientales específicas y adecuadas a una amplia diversidad de usos (Warburton *et al.*, 2008). Es amplia la cantidad de maíces nativos que utilizan los campesinos indígenas de México, los cuales incluyen una gran diversidad de materiales nativos, llamados regularmente maíces criollos, o razas puras de maíces nativos o en hibridación con variedades mejoradas, asociadas con frijol, calabaza y otros cultivos (Dempsey, 1996; Ribeiro, 2004).

En general, la pérdida de diversidad genética es ocasionada por una creciente integración de los productores al mercado, las importaciones y la migración (Dyer y Qualset 2000; Van Dusen y Taylor 2005), la competencia entre variedades modernas y tradicionales (Perales *et al.*, 2003), el tipo de tenencia de la tierra (Dyer y Qualset, 2000) y el avance de la población humana que ha propiciado el deterioro ambiental (Ortega *et al.*, 1999).

Keywords: *Zea mays* L., native species, genetic resources, seed samples.

Introduction

Mexico is the center of domestication and a center of diversity for maize (Matsuoka *et al.* 2002; Doebley 2004), where it was domesticated from teosinte almost 9 000 years ago (Doebley, 2004; Kato *et al.*, 2009). Studies on maize variability show that there is great diversity in Mexican populations, besides the existence of teosinte, a wild relative from which cultivated maize descends (Sánchez *et al.*, 1998). In the second half of the last century great efforts were made to collect, conserve and use plant genetic resources and as a result, the genetic variability of the cultivated forms of maize is well represented in germplasm banks (Wellhausen *et al.*, 1952; Hernández, 1985).

Currently, there are about 60 races of maize in Mexico (Hernández, 2000). The domestication of maize reduced the diversity of the species, and consequently the variation in domesticated maize populations has been reduced or restructured by genetic drift and selection (Vigouroux *et al.*, 2002). As a result of domestication, there is currently a large number of native populations adapted to specific environmental conditions and suited to a wide variety of uses (Warburton *et al.*, 2008). A wide number of landraces are used by indigenous farmers in Mexico, including a wide variety of native materials, regularly called landraces, or pure races of native maize or in hybridization with improved varieties, related to beans, squash and other crops (Dempsey, 1996; Ribeiro, 2004).

In general, the loss of genetic diversity is caused by an increasing integration of producers into the market, imports and migration (Dyer and Qualset 2000, Van Dusen and Taylor 2005), competition between modern and traditional varieties (Perales *et al.*, 2003), the type of land tenure (Qualset and Dyer, 2000) and the progress of the human population which has led to environmental degradation (Ortega *et al.*, 1999).

The state of Nuevo León is known for its diversity of maize germplasm (Wellhausen *et al.*, 1952), where several accessions of landraces have been collected, such as Tuxpeño, Cónico Norteño, Tabloncillo, Tablilla de Ocho (Cárdenas 1995, cited by Turrent and Serratos, 2004) and

El estado de Nuevo León está reconocido por su diversidad de germoplasma de maíz (Wellhausen *et al.*, 1952), en donde se han recolectado varias accesiones de razas nativas, como Tuxpeño, Cónico Norteño, Tabloncillo, Tablilla de Ocho (Cárdenas 1995, citado por Turrent y Serratos, 2004) y Celaya (Ortega, 2007). Sin embargo, este número de razas es bajo con respecto al reportado para otras regiones de México (Hernández, 2000). En general las variedades nativas de maíz en México han sido amenazadas por múltiples factores, como la introducción de materiales mejorados a los valles de producción intensiva, la incidencia de epifitas, la exposición a factores climáticos, la sustitución por cultivos forrajeros; además de factores demográficos como la emigración de pobladores, lo que deriva en que los conocedores de este recurso fitogenético, sean personas de la tercera edad que en el mediano plazo, no tendrán a quien transferir el germoplasma y el conocimiento de cómo cultivarlo (Ortega, 2007).

De acuerdo con Hoyt (1992), vivimos en un mundo en el cual se pronostica un gran incremento en la población y, además, importantes cambios climáticos pueden perturbar nuestro hábitat y obligarnos a modificar nuestra agricultura. Por lo tanto, es necesario dedicar esfuerzos para conservar y manejar nuestros recursos genéticos y hacerlos disponibles para su aprovechamiento.

Con base en lo anterior, se realizó la presente investigación, con el objetivo de realizar una recolecta de muestras de semilla de germoplasma nativo de maíz en el estado de Nuevo León, para su conservación *ex situ* y futuro aprovechamiento en diferentes programas de investigación.

La recolecta se realizó en el sistema de producción de temporal, en 32 municipios del estado de Nuevo León con antecedentes importantes en diversidad de variedades nativas de maíz, correspondientes a las regiones de la Gran Llanura de Norteamérica, Llanura Costera del Golfo Norte y Sierra Madre Oriental. Nuevo León se localiza geográficamente entre 27° 49' y 23° 11' de latitud norte y 98° 26' y 101° 14' de longitud oeste. Los climas predominantes son seco estepario muy cálido y extremoso Bs (w1) (i') w'', con lluvias escasas todo el año; semicálido extremoso y semiárido Bs (w1) (i') w'', con lluvias escasas todo el año y templado subhúmedo frío Cb (w1) (i') w'', con lluvias en verano (Medina García *et al.*, 1998). Los suelos están constituidos por varias asociaciones de Regosol Calcárico, Feozem Calcárico, Rendzina con Luvisol Crómico y también, suelos de castañozem cálcico en fase lítica (SPP, 1981).

Celaya (Ortega, 2007). However, the number of races is low compared to that reported for other regions of Mexico (Hernández, 2000). In general, the native varieties of maize in Mexico have been threatened by many factors, including the introduction of improved materials into the valleys of intensive production, the incidence of epiphytes, exposure to climatic factors, substitution by forage crops, in addition to demographic factors as migration of people, as a result only elderly people are familiar with this plant genetic resource, who in the medium term will have no one to whom transfer the germplasm and knowledge of how to grow it (Ortega, 2007).

According to Hoyt (1992), world population growth is projected to increase and also important climatic changes may disrupt habitats and modify agriculture. Therefore, efforts are needed to conserve and manage genetic resources and make them available for use. Based on the above, this research was conducted, in order to collect seed samples of native maize germplasm in the state of Nuevo León, for *ex situ* conservation and future use in different research programs.

The collection was carried out in the rainfed production system in 32 municipalities of the state of Nuevo León with significant records in diversity of native maize varieties, corresponding to regions of the Great Plains of North America, Northern Gulf Coastal Plain and Sierra Madre Oriental. Nuevo León is geographically located between 27° 49' and 23° 11' north latitude and 98° 26' and 101° 14' west longitude. The predominant climates are very warm dry steppe and extreme Bs (w1) (i') w'', with little rainfall throughout the year, semi-warm, extreme and semi-arid Bs (w1) (i') w'', with little rainfall throughout the year and cold sub-humid temperate Cb (w1) (i') w'', with summer rains (Medina García *et al.*, 1998). Soils are constituted by several associations of Calcaric Regosol, Calcaric Phaeozem, Rendzina with Chromic Luvisol and also Calcic Kastanozem soils in lytic phase (SPP, 1981).

The collection was conducted during February and March 2008, after crop harvest. In each of the 32 municipalities maize samples were obtained directly from the farmer plot or storage place. From 20 to 50 ears per sample were collected and in some instances less ears were collected due to lack of availability, some collection was performed in grain, especially when the producer had only shelled material.

La recolecta se realizó durante los meses de febrero y marzo de 2008, después de la cosecha del cultivo. En cada uno de los 32 municipios se obtuvieron muestras de maíz directamente de la parcela del productor o del lugar de almacén. Se recolectaron de 20 a 50 mazorcas por muestra y en algunos casos se colectaron menos mazorcas debido a la falta de disponibilidad del productor; en algunos casos la recolecta se realizó en grano, sobre todo cuando el productor sólo contaba con material desgranado.

La identificación racial de los maíces recolectados fue realizada por el Dr. Juan Manuel Hernández Casillas, Líder Nacional de Recursos Genéticos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las muestras fueron almacenadas en frascos de vidrio, cerrados y etiquetados, con una humedad del grano inferior al 15%, y enviadas al Banco Central de Germoplasma del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Valle de México, para su conservación *ex situ*.

Se recolectaron 135 poblaciones nativas correspondientes a estatus y ambientes diferentes, en donde se recolectaron muestras de semilla y se identificaron cinco razas y 11 cruza interraciales (Cuadro 1), de las cuales 67 correspondieron a razas puras (49.6%) y 68 a cruza interraciales (50.4%). Las poblaciones obtenidas provinieron de las tres regiones fisiográficas de Nuevo León, Sierra Madre Oriental (42%), Llanura Costera del Golfo Norte (30%) y Gran Llanura de Norteamérica (28%), en donde la mayor cantidad de poblaciones de razas (51%) provinieron de la región de la Sierra Madre Oriental, en tanto que 49% se obtuvo en las regiones de la Gran Llanura de Norteamérica y de la Llanura Costera del Golfo Norte. Por su parte, las poblaciones de cruza interraciales provinieron mayormente de la Llanura Costera del Golfo del Norte (38%) y de la Sierra Madre Oriental (34%), mientras que 28% se obtuvo en la Gran Llanura de Norteamérica.

Entre las razas de mayor presencia, destacaron Ratón (33 recolectas) y Tuxpeño (13 recolectas), con una distribución más o menos uniforme en las tres regiones fisiográficas de Nuevo León y Cónico Norteño (13 recolectas), con una distribución restringida en la región de la Sierra Madre Oriental; por su parte, Olotillo también es una raza importante, con tres recolectas, distribuidas dos en los municipios de Montemorelos y Linares, en la región Llanura Costera del Golfo Norte, y una recolecta en el municipio de Dr. Arroyo, en la región de la Sierra Madre Oriental; en contraste, Tuxpeño Norteño es una raza con una presencia

The racial identification of maize was collected by Dr. Juan Manuel Hernández Casillas, National Leader of Genetic Resources at the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP). The samples were stored in glass jars, sealed and labeled with less than 15% grain moisture, and sent to the INIFAP Central Germplasm Bank located in the Experimental Field Valle de Mexico, for *ex situ* conservation.

Overall 135 native populations were sampled corresponding to different status and environments where seed samples were collected and five races and 11 interracial crosses were identified (Table 1), of which 67 corresponded to pure races (49.6%) and 68 to interracial crosses (50.4%). The populations were obtained from the three physiographic regions of Nuevo León, Sierra Madre Oriental (42%), Northern Gulf Coastal Plain (30%) and Great Plains of North America (28%), where most race populations (51%) came from the Sierra Madre Oriental, while 49% was obtained in the Great Plains of North America and the Northern Gulf Coastal Plain. Meanwhile, populations of interracial crosses came mostly from the Northern Gulf Coastal Plain (38%) and the Sierra Madre Oriental (34%), while 28% was obtained in the Great Plains of North America.

Among most abundant races, Ratón (33 collections) and Tuxpeño (13 collections) stand out, with a more or less uniform distribution in the three physiographic regions of Nuevo León, and Cónico Norteño (13 collections), with a restricted distribution in the Sierra Madre Oriental, while Olotillo is also an important race, with three collections, two of them distributed in the Montemorelos and Linares municipalities, in the Northern Gulf Coastal Plain, and one collected in the Dr. Arroyo municipality, Sierra Madre Oriental, in contrast, the Tuxpeño Norteño race has very limited incidence, since only one collection was obtained in the Linares municipality, in the Northern Gulf Coastal Plain (Table 1).

Race populations obtained in this study partially confirm results from previous studies in Nuevo León. One of the pioneer works by Villalobos (1977), evaluated 96 maize collections obtained in 1975 in the lower parts of Nuevo León, grouped into early, middle and late varieties, corresponding to three racial groups: Tuxpeño, Vandeño and Nal -Tel, and relative influence of the Cónico and Cónico Norteño races. Another study from Ortega (1985), described Ratón and Tuxpeño Norteño as races obtained in Nuevo León.

muy limitada, ya que solamente se realizó una recolecta en el municipio de Linares, en la región de la Llanura Costera del Golfo Norte (Cuadro 1).

Ten years later, reports by Cardenas (1995), cited by Turrent and Serratos (2004) mentioned that the INIFAP germplasm bank stores material from the Tuxpeño,

Cuadro 1. Número de colectas de variedades nativas de maíz en tres regiones fisiográficas del estado de Nuevo León, México.
Table 1. Number of collections of native maize varieties in three physiographic regions of the state of Nuevo León, Mexico.

Raza-Cruza Interracial	Gran Llanura de Norteamérica	Llanura Costera del Golfo Norte	Sierra Madre Oriental	Total
		Raza		
Ratón	11	10	12	33
Tuxpeño	7	4	6	17
Cónico Norteño			13	13
Olotillo		2	1	3
Tuxpeño Norteño		1		1
Total	18	15	34	67
		Cruza interracial		
Ratón x Tuxpeño	6	7	6	19
Tuxpeño x Ratón	9	5	3	17
Ratón x Olotillo	2	6	1	9
Cónico Norteño x Tuxpeño			5	5
Tuxpeño Norteño x Ratón		2	3	5
Cónico Norteño x Ratón			4	4
Olotillo x Tuxpeño		4		4
Ratón x Cónico Norteño		1	1	2
Olotillo x Ratón	1			1
Ratón x Tuxpeño Norteño	1			1
Tuxpeño x Tuxpeño Norteño		1		1
Total	19	26	23	68

Las poblaciones de razas obtenidas en el presente trabajo confirman parcialmente los resultados que se han obtenidos en otras investigaciones realizadas previamente en Nuevo León. Uno de los trabajos iniciales es el realizado por Villalobos (1977), quien evaluó 96 recolecciones de maíz obtenidas en 1975 en las partes bajas de Nuevo León, agrupadas en variedades precoces, intermedias y tardías, correspondientes a tres grupos raciales: Tuxpeño, Vandeano y Nal-Tel, así como una influencia relativa de las razas del tipo cónico y cónico norteño. Otro estudio es el reportado por Ortega (1985), quien describió a Ratón y Tuxpeño Norteño como razas que se han obtenido en Nuevo León.

Diez años después, están los reportes realizados por Cárdenas (1995), citado por Turrent y Serratos (2004), quien mencionó que en el banco de germoplasma del INIFAP se encuentra material correspondiente a las razas Tuxpeño, Cónico Norteño, Tabloncillo y Tablilla de Ocho. Por su parte, Ortega (2007) señaló que además de estas razas reportadas en dicho banco de germoplasma, se encuentra la raza Celaya.

Cónico Norteño, Tabloncillo and Tablilla de Ocho races. Ortega (2007) reported that the Celaya race is also present in the germplasm bank. Finally Valadez and García (2008) and Zavala (2010) summarized that the gene pool of native maize in the state of Nuevo León is composed of five races (Ratón, Tuxpeño, Cónico Norteño, Olotillo and Tuxpeño Norteño) and eight interracial crosses (Tuxpeño x Ratón, Ratón x Tuxpeño, Cónico Norteño x Tuxpeño, Cónico Norteño x Ratón, Olotillo x Tuxpeño, Ratón x Cónico Norteño, Ratón x Olotillo and Olotillo x Ratón).

The results obtained in this study confirm that there are features of genetic erosion in native maize varieties from Nuevo León. This situation is due, among other factors, the lack of permanence of farmers in the field, as in the work by Valadez and García (2008) and Zavala (2010) who found that in the rainfed maize production system, there are many abandoned plots; recurrent droughts occur during the crop cycle, because most of the area is operated under rainfed conditions (SIAP, SAGARPA, 2011), where

Por último, están los trabajos conducidos por Valadez y García (2008) y Zavala (2010), quienes reportaron que el acervo genético de maíz nativo en el estado de Nuevo León está constituido por cinco razas (Ratón, Tuxpeño, Cónico Norteño, Olotillo y Tuxpeño Norteño) y ocho cruces interraciales (Tuxpeño x Ratón, Ratón x Tuxpeño, Cónico Norteño x Tuxpeño, Cónico Norteño x Ratón, Olotillo x Tuxpeño, Ratón x Cónico Norteño, Ratón x Olotillo y Olotillo x Ratón).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, confirman que existen rasgos de erosión genética en los maíces nativos de Nuevo León. Ésta situación se debe entre otros factores, a la falta de permanencia de los agricultores en el campo, ya que en los trabajos realizados por Valadez y García (2008) y Zavala (2010) se pudo constatar que en el sistema de producción de maíz de temporal, existen muchas parcelas de cultivo abandonadas; sequías recurrentes que se presentan durante el ciclo del cultivo, debido a que la mayor superficie se realiza bajo condiciones de secano (SIAP, SAGARPA, 2011), en donde los factores que están limitando la producción de maíz es la temperatura y la disponibilidad de agua en el suelo, como resultado del cambio climático, como sucede en el estado vecino de Tamaulipas (Castro Nava *et al.*, 2011; Castro Nava *et al.*, 2013). Adicionalmente, es poco el trabajo que se ha realizado en investigación y mejoramiento genético en maíz criollo en los últimos 20 años (Reyes y Cantú, 2006). Otras circunstancias adversas, son las de tipo social, tales como la edad avanzada de los agricultores y la migración de la población joven a las grandes ciudades del estado de Nuevo León y a los Estados Unidos de América.

En la actualidad, la distribución de maíces nativos en el estado de Nuevo León prácticamente está restringida a las zonas de temporal en las tres regiones fisiográficas, en zonas marginadas en donde los sistemas de producción son poco tecnificados, impidiendo que el cultivo de maíces nativos sea desplazado por variedades mejoradas o híbridos de mayor rentabilidad. De acuerdo con Hernández (2000), las características agroecológicas de México, principalmente las topográficas y fisiográficas crearon condiciones específicas que fueron propicias para una amplia diferenciación y adaptación del maíz a los diferentes nichos ecológicos que se originaron.

La presencia de grandes cadenas montañosas, desiertos y otro tipo de barreras geográficas crearon las condiciones para la diferenciación adaptativa de las poblaciones heterogéneas. Éste fenómeno se presenta en Nuevo León, en donde la Sierra Madre Oriental alberga la mayor riqueza y abundancia de germoplasma, al mismo tiempo funciona como barrera de

the factors limiting maize production are temperature and water availability in the soil as a result of climate change, as in the neighboring state of Tamaulipas (Castro Nava *et al.*, 2011; Castro Nava *et al.*, 2013). In addition, little research and breeding has been carried out in native maize over the last 20 years (Reyes and Cantú, 2006). Other adverse circumstances are social, such as the advanced age of farmers and the migration of young people to the big cities in the state of Nuevo León and United States of America.

Today, the distribution of native maize in the state of Nuevo León is virtually restricted to rainfed areas in the three physiographic regions in marginalized areas where production systems are low-technified, preventing native maize from being displaced by improved varieties or hybrids of greater profitability. According to Hernández (2000), the agroecological characteristics of Mexico mainly topographic and physiographic created specific conditions promoting wide maize differentiation and adaptation to the different ecological niches that were originated.

The presence of large mountain ranges, deserts and other geographic barriers created the conditions for adaptive differentiation of heterogeneous populations. This phenomenon occurs in Nuevo León, where the Sierra Madre Oriental hosts the greatest wealth and abundance of germplasm, while functioning as a protective barrier against genetic erosion; the municipalities where most samples were collected include Galeana, Aramberri and Dr. Arroyo.

In contrast, a different phenomenon occurs in the Great Plains of North America and Northern Gulf Coastal Plain, where the cultivation of native maize has been displaced by pastures for animal feed (Valadez and García, 2008). In these regions, the Olotillo and Tuxpeño Norteño races are materials that tend to disappear from the territory of Nuevo León: the first race has been cultivated for 40 years in elevations between 245 and 303 masl, from where it has been moved to the upper parts of the Sierra Madre Oriental, since one sample was collected in the Dr. Arroyo municipality, at 1 697 masl. The Olotillo race has been reported only in Nayarit (Cárdenas 1995, cited by Turrent and Serratos (2004); mainly distributed in the state of Chiapas, where Reif *et al.* (2006) have collected it between 300 and 700 masl. Meanwhile, only one sample of the Tuxpeño Norteño race was collected in the Linares municipality at 334 masl. This race has not been previously reported in Nuevo León (Cárdenas 1995, cited by Turrent and Serratos, 2004; Ortega, 2007).

protección contra la erosión genética; entre los municipios en donde se colectó la mayor cantidad de muestras, están Galeana, Aramberri y Dr. Arroyo.

En contraste, un fenómeno diferente ocurre en las regiones de la Gran Llanura de Norteamérica y Llanura Costera del Golfo Norte, en donde el cultivo de maíz nativo ha sido desplazado por los pastos destinados a la alimentación animal (Valadez y García, 2008). En estas regiones, las razas Olotillo y Tuxpeño Norteño son materiales que tienden a desaparecer del territorio de Nuevo León: la primera raza ha sido cultivada desde hace 40 en altitudes que varían entre 245 y 303 msnm, de donde ha sido desplazada a las partes altas de la región de la Sierra Madre Oriental, ya que una de las muestras se recolectó en el municipio de Dr. Arroyo, a una altitud de 1 697 msnm. La raza Olotillo ha sido reportada solamente en Nayarit (Cárdenas 1995, citado por Turrent y Serratos (2004); su distribución principal está en el estado de Chiapas, en donde Reif *et al.* (2006), la han recolectado entre 300 y 700 msnm. Por su parte, la raza Tuxpeño Norteño sólo se recolectó una muestra en el municipio de Linares, a 334 msnm. Esta raza no ha sido reportada anteriormente en Nuevo León (Cárdenas 1995, citado por Turrent y Serratos, 2004; Ortega, 2007).

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, poco más de 50% de las recolectas realizadas en el presente trabajo correspondieron a cruza interracial, lo que indica la importancia que representa este componente genético en Nuevo León, y cuya presencia no ha sido reportado en estudios previos, y que de alguna forma implica la generación de germoplasma nuevo. De acuerdo con Dempsey (1996), en los cultivos de polinización abierta como el maíz, las variedades locales pueden cruzarse fácilmente con variedades introducidas, con lo cual pueden perder algunas características benéficas o en algunos casos, mejoran su capacidad de adaptación para convertirse en variedades locales. Este proceso es conocido como acriollización. Entre las cruza interracial de mayor presencia en Nuevo León, se encuentran Ratón x Tuxpeño (19 recolectas), Tuxpeño x Ratón (17 recolectas) y Ratón x Olotillo (nueve recolectas); mientras que los materiales con una presencia intermedia, fueron Cónico Norteño x Tuxpeño (cinco recolectas), Tuxpeño Norteño x Ratón (cinco recolectas), Cónico Norteño x Ratón (cuatro recolectas) y Olotillo x Tuxpeño (cuatro recolectas).

Por último, Ratón x Cónico Norteño (dos recolectas) y Olotillo x Ratón, Ratón x Tuxpeño Norteño y Tuxpeño x Tuxpeño Norteño, con una recolecta respectivamente, son cruza con una presencia limitada en las tres regiones fisiográficas

Moreover, as mentioned above, just over 50% of the collections made in this work corresponded to interracial crosses, indicating the importance of this genetic resource in Nuevo León, whose presence has not been reported in previous studies, and that somehow involves the generation of new germplasm. According to Dempsey (1996), in open-pollinated crops such as maize, landraces can easily interbreed with introduced varieties, and thus may lose some beneficial traits or in some cases, improve their adaptation ability to become local varieties. This process is known as creolization. Interracial crosses of greater incidence in Nuevo León include Ratón x Tuxpeño (19 collections), Tuxpeño x Ratón (17 collections) and Ratón x Olotillo (nine collections); while materials with an intermediate presence were Cónico Norteño x Tuxpeño (five collections) Tuxpeño Norteño x Ratón (five collections), Cónico Norteño x Ratón (four collections) and Olotillo x Tuxpeño (four collections).

Finally Ratón x Cónico Norteño (two collections) and Olotillo x Ratón, Ratón x Tuxpeño Norteño and Tuxpeño x Tuxpeño Norteño, with one collection respectively, are crosses with a limited presence in the three physiographic regions of Nuevo León (Table 1). This trend shows that the germplasm involved in the crosses, has a direct relationship with the most common races in the state, and were distributed near the locations where the races involved in the respective crosses were planted.

Conclusions

Overall 135 seed samples of native maize populations were collected in the rainfed production system in 32 municipalities in the three physiographic regions of the state of Nuevo León (Great Plains of North America, Northern Gulf Coastal Plain and Sierra Madre Oriental). The genetic diversity observed was represented by five pure races (Ratón, Tuxpeño, Cónico Norteño, Olotillo and Tuxpeño Norteño) and eight interracial crosses (Tuxpeño x Ratón, Ratón x Tuxpeño, Cónico Norteño x Tuxpeño, Cónico Norteño x Ratón, Olotillo x Tuxpeño, Ratón x Cónico Norteño, Ratón x Olotillo and Olotillo x Ratón). As some germplasm may be missing further exploration and collection of native maize populations is required in Nuevo León.

End of the English version



de Nuevo León (Cuadro 1). Ésta tendencia muestra que el germoplasma participante en los cruzamientos, presenta una relación directamente proporcional con las razas más frecuentes en el estado, cuya distribución se localizó en las proximidades donde se siembran las razas que participaron en las cruza respectivas.

Conclusiones

Se recolectaron 135 muestras de semilla de poblaciones nativas de maíz en el sistema de producción de temporal, en 32 municipios, en las tres regiones fisiográficas del estado de Nuevo León (Gran Llanura de Norteamérica, Llanura Costera del Golfo Norte y Sierra Madre Oriental). La diversidad genética observada estuvo representada por cinco razas puras (Ratón, Tuxpeño, Cónico Norteño, Olotillo y Tuxpeño Norteño) y ocho cruza interracial (Tuxpeño x Ratón, Ratón x Tuxpeño, Cónico Norteño x Tuxpeño, Cónico Norteño x Ratón, Olotillo x Tuxpeño, Ratón x Cónico Norteño, Ratón x Olotillo y Olotillo x Ratón). Es posible que se haya perdido germoplasma, por lo que es necesario continuar explorando y recolectando otras poblaciones nativas en Nuevo León.

Agradecimientos

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por el financiamiento del proyecto de investigación FZ002: "Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo en Nuevo León".

Literatura citada

- Castro-Nava, S.; López-Santillán, J. A.; Pecina-Martínez, J. A.; Mendoza-Castillo, M. C. y Reyes-Méndez, C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 4:645-653.
- 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.
- Dempsey, G. J. 1996. In situ conservation of crops and their relatives: a review of current status and prospects for wheat and maize. NRG paper 96-08. CIMMYT. México. 33 p.
- Doebley, J. 2004. The genetics of maize evolution. *Ann. Rev. Gen.* 38:37-59.
- Dyer, G. A. and Qualset, C. O. 2000. Land distribution and crop allocation at the village level: Breeding, conservation, and welfare, en GRCP. (Coord.). Scientific basis of participatory plant breeding and conservation of genetic resources. Abstracts Report No. 25. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Genetic Resources Conservation Program, Davis, CA. 8 p.
- Hernández Casillas, J. M. 2000. México: Directorio de colecciones de germoplasma en América Latina y el Caribe. *In*: Knudsen, H. (Ed.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma. 243-255 pp.
- Hernández, X. E. 1985. Maize and man in the greater southwest. *Economic Botany* 39:416-430.
- Hoyt, E. 1992. Conservando los parientes silvestres de las plantas cultivadas. Addison-Wesley Iberoamericana. USA. 52 p.
- 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.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, E. J. and Buckler, L. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 99:6080-6084.
- Medina García, G.; Ruiz, C. J. A. y Martínez, P. R. A. 1998. Los Climas de México: una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC. Ed. Conexión Gráfica. Guadalajara, Jalisco. México. 103 p.
- Ortega, C. A. 2007. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Documento del proyecto presentado ante la CONABIO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México. 82 p.
- Ortega, P. R. 1985. Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Traducción del capítulo "Algunas razas poco estudiadas". Tesis de Ph. D. Instituto Vavilov. URSS. 22 p.
- Ortega-Packza, R.; Serwinski, J. and Faberová, I. 1999. Genetic erosion in Mexico, proceedings of the technical meeting on the methodology of the FAO world information and early warning system on plant genetic resources. Research Institute of Crop Production. *In*: J. Serwinski e Faberová, I. (Eds.). Praga, FAO, Roma. 69-75 pp.
- Perales, H. R.; Benz, B. F. and Brush, S. B. 2005. Maize diversity and ethno-linguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 102:949-954.
- 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.
- Reyes Méndez, C. A. y Cantú Almaguer, M. A. 2006. Maíz. En: 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.
- Ribeiro, S. 2004. The day the sun dies, contamination and resistance in Mexico. Seedling, July 2004.

- Sánchez, G. J. J.; Kato, Y. T. A.; Aguilar, S. M.; Hernández, C. J. M. y López, R. A. 1998. Distribución y caracterización del teocintle. Libro Técnico Núm. 2, CIPAC-INIFAP, Guadalajara. 150 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)-SAGARPA. 2011. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>. (consultado agosto, 2013).
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1981. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. México D. F. 170 p. + 13 mapas.
- Turrent, F. A. and Serratos, J. A. 2004. Context and background on wild and cultivated maize in Mexico. *In: maize and biodiversity: the effects of transgenic maize in Mexico*. Sarukhán, J. and P. Raven (Reviewers). Secretariat of the Commission for Environmental Cooperation of North America. 1-55 p.
- Valadez Gutiérrez, J. y García Rodríguez, J. C. 2008. Informe final de actividades 2007-2008 preparado para la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) y para el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 72 p.
- Van Dusen, M. E. and Taylor, J. E. 2005. Missing markets and crop diversity: evidence from Mexico. *Environment and Development Economics* 10:513-531.
- 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.
- Villalobos, G. N. 1977. Clasificación racial de los maíces de las zonas bajas del estado de Nuevo León, en Marín, Nuevo León. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Nuevo León. 136 p.
- 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. 1952. Races of maize in Mexico. The Bussey Inst. Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 223 p.
- Zavala García, F. 2010. Informe final. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo en Nuevo León. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. 150 p.