

Razas actuales de maíz de secano en el estado de Zacatecas, México*

Current rainfed maize raices in the State of Zacatecas, Mexico

Luis Roberto Reveles-Torres¹, Maximino Luna-Flores^{2§}, Alfonso Mejía-Gurrola², José Hernández-Martínez² y Serafín García Hernández²

¹INIFAP-Campo Agrícola Experimental Zacatecas, Carretera Zacatecas-Fresnillo km 24.5, Calera de V. R., Zacatecas. (reveles.roberto@inifap.gob.mx). ²Universidad Autónoma de Zacatecas; Carretera Zacatecas-Guadalajara km 25.5. (josehlmzac@yahoo.com.mx; sgarcía@uaz.edu.mx). [§]Autor para correspondencia: maximinolunaflores@yahoo.com.mx.

Resumen

El conocimiento de la diversidad genética actual de las variedades nativas de maíz de secano es importante para la caracterización fenotípica, conservación y mejoramiento genético. En el año 2008 se hizo una colecta de este tipo de variedades en el estado de Zacatecas, con el objetivo principal de evaluar su diversidad. La colecta se realizó en los 36 municipios (de 58 del estado) con mayor superficie de maíz de secano y abarcó las diferentes regiones ecológicas. Se midieron características de la mazorca y del grano, y se tomaron datos ecológicos de los sitios de colecta. Se obtuvieron 166 muestras; 97 se identificaron con una sola raza y 69 con dos; en total se identificaron ocho razas (tres menos que hace décadas). Al igual que hace varios años, la raza con mayor presencia fue Cónico Norteño con 51.2%; le siguieron las razas Ratón y Celaya con 14.7% y 14%, respectivamente. La raza Cónico Norteño estuvo presente en todas las regiones, pero en mayor abundancia donde llueve poco (260-375 mm durante el ciclo de cultivo), la temporada de lluvias es corta (65 a 77 días) y la altitud varía entre 1 900 y 2 350 msnm. Las razas Celaya y Ratón también mostraron amplia dispersión. En general, las colectas de sitios con mayor precipitación tuvieron mayor número de granos por hilera, diámetro de mazorca y olote, ancho y peso de grano,

Abstract

Knowledge of the current genetic diversity of rainfed native maize varieties is quite important for phenotypic characterization, conservation and breeding. In 2008, a collection of such varieties was made in the State of Zacatecas, with the main objective to evaluate their diversity. The collection was made in 36 municipalities (state 58) with the largest rainfed maize and covered the different ecological regions. Ear cob characteristics and grain were measured, and ecological data collection sites were taken. 166 samples were obtained; 97 were identified with one race and 69 with two; a total of eight races were identified (three less than decades ago). Like several years ago, Cónico Norteño race had the largest presence with 51.2%; followed by Ratón and Celaya breeds with 14.7% and 14%, respectively. The Cónico Norteño race was present in all regions, but specially in low rainfall areas (260-375 mm during the growing season), the rainy season is short (65-77 days) and the elevation varies between 1 900 and 2 350 m. Celaya and Ratón races also showed a wide dispersion. Over all, the collections of higher rainfall sites had higher number of kernels per row, ear diameter and cob, grain width and weight than the collections of sites with lower rainfall. Multivariate analysis applied to the measured variables

* Recibido: marzo de 2014
Aceptado: julio de 2014

que las colectas de sitios con menor precipitación. El análisis multivariado aplicado a las variables medidas generó siete grupos de colectas, observando una alta influencia de las características ecológicas en la separación de los grupos.

Palabras clave: *Zea mays* L., características ecológicas, diversidad genética, Zacatecas.

Introducción

En México, centro de origen del maíz (Miranda, 2000; Benz, 2001; Matsuoka *et al.*, 2002; Tenaillon *et al.*, 2004; Doebley, 2004; Turrent y Serratos, 2004; Buckler y Stevens, 2005; Buckler *et al.*, 2006; Pohl *et al.*, 2007), existe la mayor diversidad genética de esta especie, generada por los muy diversos usos y condiciones ecológicas bajo las que se ha venido cultivando desde hace unos 10 000 años (Miranda, 2000; Muñoz, 2003).

Esa diversidad de maíz se ha ordenado bajo el término conocido como raza desde antes del año 1950, en la primera clasificación que hicieron Wellhausen *et al.* (1951). Este concepto se basó en caracteres morfológicos, pero posteriormente se han usado otras características de tipo citológico, bioquímico, interacción genético ambiental, entre otras, para la clasificación (Sánchez *et al.*, 2000; Benz, 2001; Matsuoka *et al.*, 2002; Buckler *et al.*, 2006).

Las razas de maíz nativo en México cambian continuamente debido a la selección humana y natural (Louette y Smale, 1998; Doble, 2004), fundamentalmente gracias a las comunidades rurales, muchas de ellas indígenas (Ortega *et al.*, 1991). La variabilidad de maíz en México se presenta en las poblaciones nativas cultivadas en los diferentes nichos ecológicos del país (López *et al.*, 1998; Muñoz, 2003); por ello, desde hace unos años se comenzó a estudiar esta diversidad dentro de regiones geográficas, como Oaxaca (López *et al.*, 2005), Michoacán (Mijangos *et al.*, 2007) y Puebla (Hortelano *et al.*, 2008).

En el estado de Zacatecas, ubicado en la región semiárida y árida del centro norte de México, la producción de maíz bajo condiciones de secano tiene gran importancia socioeconómica al destinarse al autoconsumo por la población rural como alimento humano y animal (Luna, 2008). En promedio, durante el último quinquenio se han sembrado en el estado 370 mil hectáreas de maíz bajo condiciones de secano (SIAP, 2012), prácticamente todas con semilla de maíces nativos.

generated seven groups of collections, observing a high influence of ecological characteristics in separating the groups.

Keywords: *Zea mays* L., ecological traits, genetic diversity, Zacatecas.

Introduction

In Mexico, center of origin of maize (Miranda, 2000; Benz, 2001; Matsuoka *et al.*, 2002; Tenaillon *et al.*, 2004; Doebley, 2004; Turrent and Serratos, 2004; Buckler and Stevens, 2005; Buckler *et al.*, 2006; Pohl *et al.*, 2007), has a great genetic diversity of this species, generated by a variety of uses and environmental conditions under which it has been cultivated since about 10 000 years (Miranda, 2000; Muñoz, 2003).

Diversity of maize has been ordered under the term race known as before 1950, in the first classification that made Wellhausen *et al.* (1951). Based on morphological characters, but subsequently were used other features of cytological type, biochemical, genetic environmental interaction, among others, for the classification (Sánchez *et al.*, 2000; Benz, 2001; Matsuoka *et al.*, 2002; Buckler *et al.*, 2006).

Native maize in Mexico is continually changing due to human and natural selection (Louette and Smale, 1998; Doble, 2004), mainly due to rural communities, many of them indigenous (Ortega *et al.*, 1991). The variability of maize in Mexico occurs in native populations grown in different ecological niches within the country (López *et al.*, 1998; Muñoz, 2003); therefore, for some years he began to study this diversity within geographic regions such as Oaxaca (López *et al.*, 2005), Michoacán (Mijangos *et al.*, 2007) and Puebla (Horton *et al.*, 2008).

In the state of Zacatecas, located in the arid and semi-arid north-central region of Mexico, maize production under dryland conditions is of great economic importance to be used for home consumption by rural people as human and animal (Luna, 2008) food. On average over the last five years have been planted in the state 370 thousand hectares of maize under rainfed conditions (SIAP, 2012), virtually all with native maize seed.

Ortega (1985), Ortega *et al.* (2005) y Taba (1995) indicaron la presencia de 11 razas de maíz (Cónico Norteño, Celaya, Bolita, Chalqueño, Elotes Occidentales, Tuxpeño, Pepitilla, Tabloncillo, Maíz Dulce, Bofo y Tablilla) en el estado de Zacatecas, señalando a Cónico Norteño como la más común en la entidad; en bastante menor porcentaje se encontraban Bolita y Celaya.

Las condiciones ecológicas bajo las que se cultiva maíz de secano en el estado de Zacatecas son representativas de la región semiárida y árida del centro norte del país, las cuales son diferentes a otras regiones (Medina *et al.*, 1998). No obstante ello, no se ha vuelto a coleccionar variedades nativas de este cultivo desde hace décadas para conocer la dinámica evolutiva y determinar si hay genotipos nuevos que puedan aportar ventajas en los programas de mejoramiento genético, como lo señalan Hernández y Alanís (1970); por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo coleccionar, conservar y evaluar el grado de diversidad genética actual de variedades de maíz de secano nativas del estado de Zacatecas.

Materiales y métodos

El estado de Zacatecas está ubicado en la parte centro norte de la República Mexicana, entre los 21° 01' 00" y 25° 09' 00" latitud norte y los 100° 48' 00" y 104° 20' 00" longitud oeste. Un 80% del área agrícola, conocida como altiplano, tiene altitudes msnm entre 1 800 y 2 450 metros. El resto, conocida como Cañón de Juchipila y Cañón de Tlaltenango, tiene entre 1150 y 1760 (INEGI, 2012).

El ciclo de cultivo de maíz de secano en el altiplano es de 90 a 110 d, durante el cual se registra una precipitación de 260 a 375 mm y temperaturas medias entre 18.5 °C y 21.5 °C (Medina *et al.*, 1998; Luna *et al.*, 2005). En la región de los cañones, el ciclo de cultivo varía entre 110 y 120 días, con precipitaciones y temperaturas medias entre 500 y más de 600 mm y 21 a 23.5 °C, respectivamente. El comportamiento de la precipitación es irregular; normalmente el 70% ocurre antes de que los cultivos de maíz lleguen a la etapa fenológica de llenado de grano y sólo 30% después de ésta (Luna, 2008); asimismo, algunos años el periodo de lluvias comienza tardíamente (después del 5 de julio), con lo que el ciclo de cultivo se reduce.

Aunado a lo anterior, 52% de los suelos agrícolas del estado de Zacatecas tienen menos de 50 cm de profundidad, 25% tienen entre 50 y 75 cm, con un contenido de materia

Ortega (1985), Ortega *et al.* (2005) and Taba (1995) indicated the presence of 11 races of maize (Cónico Norteño, Celaya, Bolita, Chalqueño, Elotes Occidentales, Tuxpeño, Pepitilla, Tabloncillo, Maíz Dulce, Bofo and Tablilla) in the state of Zacatecas, pointing to Cónico Norteño as the most common in the state; much lesser percentage Bolita and Celaya as well.

The ecological conditions under which rainfed maize is grown in the state of Zacatecas are representative of the arid and semi-arid region of north central China, which are different to other regions (Medina *et al.*, 1998). Nevertheless, new collecting of landraces of this crop have not been done for decades; to understand the evolutionary dynamics and determine if new genotypes that can provide advantages in breeding programs, as indicated by Hernández and Alanís (1970); therefore, the present study aimed to collect, preserve and assess the current level of genetic diversity of native maize varieties dry state of Zacatecas.

Materials and methods

The state of Zacatecas is located in the part center north of the Mexican Republic, between the 21° 01' 00" and 25° 09' 00" north and the 100° 48' 00" and 104° 20' 00" west longitude. A 80% of area agricultural, known how come altiplano, elevations between 1 800 and 2 450 meters. The rest, known as Cañón de Juchipila and Cañón de Tlaltenango, between 1 150 and 1 760 (INEGI, 2012).

The cycle of culture of maize of rainfed in the plateau is of 90 to 110 d, during the which one is records a precipitation of 260 to 375 mm and temperatures tights between 18.5 or C and 21.5 or C (Medina *et al.*, 1998; Luna *et al.*, 2005). In the region of the Cañón, the cycle of culture varies between 110 and 120 days with rainfall and temperatures tights between 500 and more of 600 mm and 21 to 23.5 or C respectively. The behavior of the precipitation this is irregular; normally the 70% occurs before of that the crops of maize arrive to the stage phenological of fill of grain and only 30% after of this (Luna, 2008); also some years of the period are late (after of 05 of July) with so that the cycle of culture is reduced.

Also, 52% of the soils agricultural of state of Zacatecas have less of 50 cm of depth 25% have between 50 and 75 cm, c on a content of matter organic lower to the 1% (Luna, 2008);

orgánica inferior al 1% (Luna, 2008); esto conlleva a una baja capacidad de almacenamiento de agua. Todo esto es causa de que las variedades de maíz de secano nativas del estado de Zacatecas sean diferentes a las de otras regiones del país (Ortega, 1985; Luna *et al.*, 2005).

Se colectaron muestras de variedades de maíz de secano; bajo esta condición se siembra el 88% de maíz en el estado de Zacatecas, casi toda el área con variedades nativas; el área de riego se cubre casi en su totalidad con variedades mejoradas (Luna, 2008). La colecta se hizo en los 36 municipios (de 58 en la entidad) que siembran más maíz de secano (2 500 y más de 30 000 ha) (Figura 1). El número de coletas por municipio fue proporcional a la superficie cultivada; en los de mayor superficie se colectó un número mayor que en los de menor superficie.

En cada sitio se colectó una muestra, o dos cuando el productor contaba con dos tipos de variedad. De cada colecta se obtuvieron 30 mazorcas como lo indica la CONABIO (2011), para representar la diversidad genética. Se recabó información sobre el manejo, usos, localización del sitio, características morfológicas, entre otros aspectos, en la hoja de pasaporte diseñada por la CONABIO (2011). La colecta se realizó en los meses de noviembre y diciembre del año 2008, una vez que había concluido la cosecha.

En 10 mazorcas tomadas al azar de cada colecta se midió la longitud, el diámetro en la parte media, el diámetro del olote, el número de hileras y el número de granos por hilera; además, se anotó la forma de la mazorca (1= cónica, 2= cilíndrica, 3= semicónica) y el color del olote (1= blanco, 2= blanco, rojo, 3= rojo). En 10 granos de la parte media de las 10 mazorcas, se midió la longitud, el grosor y el ancho; también se anotó el color (1= blanco, 2= amarillo, 3= pinto, 4= rojo, 5= negro) y la textura (1= cristalino, 2= opaco, 3= cristalino y opaco), así como el peso y volumen de los 100 granos.

Con base en las características morfológicas, de acuerdo con lo señalado por Wellhausen *et al.* (1951) y Hernández y Alanís (1970), las colectas se agruparon en las razas conocidas (CONABIO, 2011). También se hizo una relación entre las colectas y datos bibliográficos (Medina *et al.*, 1998) de: altitud del sitio de colecta, precipitación registrada durante el ciclo de cultivo, temperatura media y periodo lluvioso en días. Con base en la precipitación registrada durante el ciclo de cultivo (PC) y los días de duración de la temporada de lluvias (DTLL), el estado de Zacatecas se dividió en cinco regiones (Cuadro 1), en las que

this entails to a come down capacity of storage of water. All this this is cause of that the varieties of maize of rainfed native of state of Zacatecas be different to the of other parts of country (Ortega, 1985; Luna *et al.*, 2005).

We collected samples of rainfed maize varieties; under this condition is planted 88% of maize in the state of Zacatecas, most of the area with native varieties; the irrigation area is covered almost entirely with improved varieties (Luna, 2008). The collection was made in the 36 municipalities (58 in the state) to plant more rainfed maize (2 500 and more than 30 000 ha) (Figure 1). The number of queues per municipality was proportional to the cultivated area; in greater surface was collected more than the smaller surface.

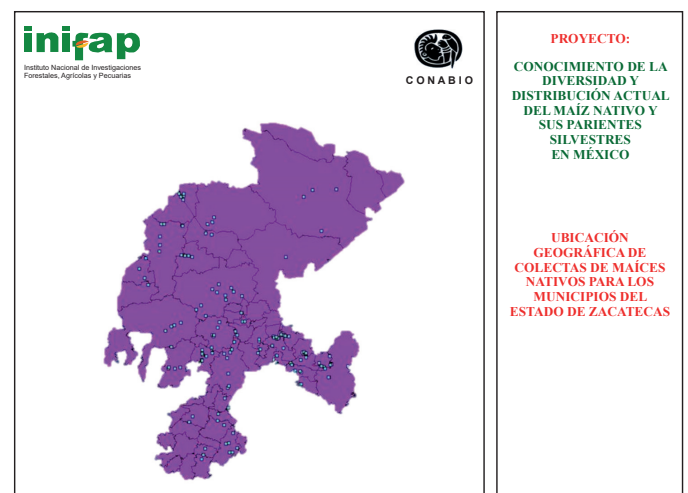


Figura 1. Sitios de colecta de las muestras de maíz de secano en el estado de Zacatecas.

Figure 1. Collecting sites for samples of rainfed maize in the state of Zacatecas.

In each site was collected a sample, or two when the producer had with two type of variety. Of each collection is obtained 30 cobs as indicated by the CONABIO (2011), for represent the diversity genetics. Information about the management uses location of site features, morphological traits among other aspects, as requested by the sheet-passport designed by the CONABIO (2011). The collection is performed in the months of November and December of year 2008, a time that had concluded the harvest.

In 10 cobs taken to the random of each collection is measured the length, the diameter in the part average, the diameter of cob, the number of rows and the number of grain by row; also is recorded the form of the cob (1= cónico, cylindrical 2=, 3= semi-cónico) and the color of cob (1= white 2= white

se ubicaron las colectas una vez identificadas en razas. La región Noreste (220-250 mm de PC y 65 DTLL) comprende los municipios: Melchor Ocampo, Mazapil, Concepción del Oro, El Salvador, Nieves, y parte de los municipios de Río Grande, Cañitas de Felipe Pescador y Villa de Cos.

La región Sureste (260-315 mm de PC y 71 DTLL) los municipios: Loreto, Pánfilo Natera, Pinos, Ojocaliente, San Pedro Piedra Gorda, Luis Moya, Villa González Ortega, Noria de Ángeles, Villa Hidalgo y Villa García. La región Centro (300-360 mm de PC y 74 DTLL): Calera, Enrique Estrada, Fresnillo, Genaro Codina, Guadalupe, Jerez, Morelos, Pánuco, Susticacán, Veta Grande, Villanueva, Zacatecas, y parte de los municipios de Juan Aldama, Río Grande, San Alto y Villa de Cos. La región Noroeste (330-335 mm de PC y 77 DTLL): Chalchihuites, Jiménez de Teul, Miguel Auza, Sombrerete, Valparaíso, y parte del municipio de Juan Aldama. La región Sur comprende las áreas conocidas como: Cañón de Juchipila y Cañón de Tlaltenango; en el primero la PC varía entre 500 y 540 mm y el promedio de los DTLL es de 82; comprende los municipios: Apozol, Apulco, Jalpa, Juchipila, Huanusco, Mezquital del Oro, Moyahua, Tabasco y parte de Villanueva.

En el Cañón de Tlaltenango la PC varía entre 600 y 710 mm, con 82 DTLL; comprende los municipios: Atolinga, Benito Juárez, Momax, Santa María de la Paz, Tepechitlán, Teul de González Ortega, Tlaltenango y García de la Cadena. En ninguna de la regiones anteriores se consideraron los municipios de Tepetongo, Monte Escobedo y Nochistlán, porque difieren entre ellos y de las regiones al menos en un parámetro ecológico (Cuadro 1); Tepetongo (1 891 a 1 960 msnm) difiere en volumen de precipitación (415 mm) y temperatura media (20 °C); Monte Escobedo (2 000 a 2 200 msnm) en altitud y en volumen de precipitación (566 mm) y Nochistlán (1 820 a 2 370 msnm) en volumen de precipitación (550 a 600 mm) y temperatura (20.2 °C).

Las 15 variables morfológicas y cuatro ecológicas se analizaron mediante técnicas multivariadas, para generar factores que dieran lugar a componentes principales que en conjunto explicaran un alto porcentaje de la varianza total. Con esos factores se realizó una prueba estadística de rotación ortogonal con el método varimax utilizando el programa estadístico Statistica versión 5.5; esta prueba determina un rango extremo de valores desde -1 hasta 1 y trata de que los factores tengan pocas saturaciones altas y muchas casi nulas en las variables. Esto hace que haya factores con correlaciones altas con un número pequeño de variables y correlaciones

red, 3= red). In 10 grain of the part average of the 10 cobs, is measured the length, the thickness and the wide; also the color (1= white 2= yellow, 3= pinto, 4= red, 5= black) and the texture (1= crystalline, 2= opaque, 3= crystalline and opaque) the weight and volume of the 100 grains.

Based on the morphological traits, according to that the indicated by Wellhausen *et al.* (1951) and Hernández and Alanis (1970), the collections is pooled in the races known (CONABIO, 2011). We also made a relationship between the collections and bibliographic data (Medina *et al.*, 1998) of: site collection elevations, precipitation recorded during the cycle of crop temperature average and period rainy in days. Base in the precipitation recorded during the cycle of culture (PC) and the days of duration of the season of showers (DTLL) the state of Zacatecas is divided in five parts (Table 1), in the that is are placed the collections a time identified in races. The region Northeast (220-250 mm of PC and 65 DTLL) comprising the municipalities: Melchor Ocampo, Mazapil, Concepción del oro, El Salvador, Nieves, and part of the Municipalities of Río Grande, Cañitas de Felipe Pescador and Villa de Cos.

The Southeast region (260-315 mm of PC and 71 DTLL) the municipalities: Loreto, Panfilo Natera, Pinos, Ojocaliente, San Pedro Piedra Gorda, Luis Moya, Villa González Ortega, Noria de Ángeles, Villa Hidalgo and Villa García. The Central region (300-360 mm of PC and 74 DTLL): Calera, Enrique Estrada, Fresnillo, Genaro Codina, Guadalupe, Jerez, Morelos, Pánuco, Susticacán, Veta Grande, Villanueva, Zacatecas, and part of the Municipalities of Juan Aldama, Río Grande, San Alto and Villa de Cos. The Northwest region (330-335 mm of PC and 77 DTLL): Chalchihuites, Jiménez de Teul, Miguel Auza, Sombrerete, Valparaíso and part of municipio of Juan Aldama. The region South comprising the areas known how come: Cañón de Juchipila and Cañón of Tlaltenango; in the first the PC varies between 500 and 540 mm and the average of the DTLL this is of 82; comprising the municipalities: Apozol, Paulco Jalpa, Juchipila, Huanusco, Mezquital del oro, Moyahua, Tabasco and part of Villanueva.

In the Cañón de Tlaltenango the PC varies between 600 and 710 mm, with 82 DTLL; comprising the municipalities: Atolinga, Benito Juárez, Momax, Santa María de la Paz Tepechitlán, Teul de González Ortega, Tlaltenango and García de la Cadena. In no of the previous parts were considered the communes of Tepetongo, Monte Escobedo

nulas en el resto, quedando así redistribuida la varianza de los factores (Kaiser, 1958; Johnson y Wichen, 2007). Finalmente se hizo un análisis de conglomerados para determinar grupos de colectas bajo el criterio de encadenamiento completo al considerar un índice de 200.

Resultados y discusión

Razas identificadas

Se colectaron 166 poblaciones de maíces nativos que se conservan en el banco de germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Noventa y siete colectas (58.4%) se identificaron con una de las razas: Cónico Norteño, Celaya, Ratón Elotes Occidentales, Bolita, Tuxpeño; las otras 69 (41.6%) tuvieron influencia de dos razas (las seis anteriores, más Pepitilla y Tabloncillo). Hace décadas, Wellhausen *et al.* (1951), Ortega (1985) y Sánchez *et al.* (2000) detectaron la presencia de once razas; esta reducción se puede deber a la adecuación de las variedades a las condiciones ecológicas específicas bajo las que se cultiva el maíz de secano en la entidad, como resultado de la selección continua que hacen los productores (Hernández y Alanís, 1970; Louette y Smale, 1998; Muñoz, 2003; Doebley, 2004). Wellhausen *et al.* (1951), Ortega (1985) y Sánchez *et al.* (2000) señalan a Cónico Norteño y Bolita como las de mayor frecuencia en la entidad; Cónico Norteño sigue siendo la raza más común en el estado; 60.8% de las 97 colectas identificadas con una sola raza corresponden a ella y participa como raza primaria en 73.5% de las 69 colectas con influencia de dos razas y 13.9% con influencia secundaria. Bastante más abajo están las razas Celaya y Ratón con 13% y 12% con influencia única, respectivamente, 16.2% y 2.9% con influencia primaria y 23.6% y 37.5% con influencia secundaria.

La raza Bolita, señalada por Wellhausen *et al.* (1951) y Ortega *et al.* (1991) como una de las dos más frecuentes en el estado de Zacatecas, ahora sólo aparece como raza única en dos colectas (2.1%), como raza primaria en cuatro (5.5%) y secundaria en seis (12.7%); tal vez esa reducción en la frecuencia se debe a que la altitud y la precipitación durante el ciclo de cultivo en Zacatecas (en general 1 800 y 2 250 msnm y 260 a 375 mm, respectivamente (Luna *et al.*, 2005) son diferentes que en la región donde se originó esa raza (Valles Centrales de Oaxaca,

and Nochistlán, because differ between they and of the parts to the less in a parameter ecological (Table 1); Tepetongo (1 891 to 1 960 m) differs in volume of precipitation (415 mm) and temperature average (20 °C); Monte Escobedo (2 000 to 2 200 m) in elevation and in volume of precipitation (566 mm) and Nochistlán (1 820 to 2 370 m) in volume of precipitation (550 to 600 mm) and temperature (20.2 or °C).

The 15 morphological variables and four other were analyzed using multivariate techniques to generate factors that resulted in major components which together explain a high percentage of the total variance. With these factors, a statistical test was performed with orthogonal rotation the varimax method using the statistical software Statistica version 5.5; this test determines an extreme range of values from -1 to 1 and about the factors that have limited high saturations and many almost nils in the variables. This means that there are factors with high correlations with a small number of variables and null correlations in the other, thus being redistributed variance factors (Kaiser, 1958; Johnson y Wichen, 2007). Finally, a cluster analysis was done to determine groups of collections under complete linkage criterion when considering a 200 index.

Results and discussion

Identified breeds

166 populations of landraces preserved in the genebank of the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) were collected.

Ninety-seven collections (58.4%) were identified with one of the races: Cónico Norteño, Celaya, Ratón, Elotes Occidentales, Bolita, Tuxpeño, the other 69 (41.6%) had influence of two races (the previous six, Pepitilla and Tabloncillo). Decades ago, Wellhausen *et al.* (1951), Ortega (1985) and Sánchez *et al.* (2000) detected eleven races; this reduction may be due to the adaptation of varieties to specific ecological conditions under rainfed maize grown in the state, as a result of continuous selection producers (Hernández and Alanis, 1970; Louette and Smale, 1998; Muñoz, 2003; Doebley, 2004). Wellhausen *et al.* (1951), Ortega (1985) and Sánchez *et al.* (2000) points to Cónico norteño and Bolita as higher frequency in the entity; Cónico Norteño remains the most common breed

1 600 msnm y 650 mm), entre otras causas. Las otras cuatro razas detectadas se identificaron en muy pocas colectas, salvo Elotes Occidentales que se encontró en 9.3% con influencia única y 4.2% con influencia secundaria.

Distribución de las razas por región

Al agrupar las colectas por región, con base en el gradiente de menor a mayor precipitación que existe en el estado de Zacatecas, así como en el número de días con lluvia durante el ciclo de cultivo (Cuadro 1), se encontró que la raza Cónico Norteño está presente en todas las regiones, aunque la mayor presencia la tuvo en el sureste, centro y noroeste (82%), donde la precipitación durante el ciclo de cultivo es de 260 a 375 mm, con 71 a 76 días con lluvia, altitud de 2 000 a 2 350 msnm y temperaturas medias entre 18.6 y 19.7 °C; esto quiere decir que está más adaptada a condiciones de relativamente baja precipitación y corto ciclo de cultivo. Según Wellhausen *et al.* (1951), Ortega *et al.* (1991) y Taba (1995), Cónico Norteño se originó de la raza Cónico del Valle de México, donde la precipitación es superior a 500 mm durante un ciclo de cultivo de más de 120 días, pero los productores de Zacatecas la fueron adaptando a la limitada precipitación y corto ciclo de cultivo de la entidad.

Las razas Celaya y Ratón ocuparon la segunda posición por su presencia en el estado de Zacatecas, localizándose con mayor frecuencia en las mismas regiones que la raza Cónico Norteño (Cuadro 1). La raza Celaya también estuvo presente en la región noreste (municipio de Mazapil), donde se registra una precipitación muy baja (220-250 mm) y también en lugares con precipitaciones más altas (Tepetongo, 515 mm y Tepechitlán, 770 mm); estas últimas, con características semejantes a las de su lugar de origen (El Bajío). La presencia de la raza Celaya en Mazapil, posiblemente se debe a que los campesinos la fueron adaptando al sistema de cultivo de “maíz de húmedo” (Luna, 2008), a partir de híbridos tardíos como H-309, H-352 y H-353 que se cultivaron bajo condiciones de riego en la entidad hace unos 50 años, ya que el sistema de cultivo de maíz de húmedo requiere de variedades de ciclo largo que se sembraban en el mes de marzo y llegaban a madurez fisiológica en el mes de octubre.

La raza Ratón se encontró en cuatro localidades con precipitaciones entre 350 y 425 mm y en ocho donde llueve de 460 a 710 mm (Cuadro 1), indicando con ello que está más adaptada a condiciones de humedad mayores a las de la raza Cónico Norteño. Las razas Elotes Occidentales, Bolita, Tuxpeño y Tabloncillo también se colectaron en mayor

in the state; 60.8% of the 97 collections identified with one race correspond to it and participate as primary race in 73.5% of the 69 collections with influences of two races and 13.9% with secondary influence. Far below are the Celaya and Ratón races with 13% and 12% with only influence, respectively, 16.2% and 2.9% with 23.6% primary and influence, and 37.5% with secondary influence.

The Bolita race, marked by Wellhausen *et al.* (1951) and Ortega *et al.* (1991) as one of the most common in the state of Zacatecas two now only appears as a single race into two collections (2.1%), as a race primary in four (5.5%) and secondary in six (12.7%); maybe that reduction in frequency is due to the elevation and rainfall during the growing season in Zacatecas (usually one 800 and 2 250 m and 260-375 mm, respectively (Luna *et al.*, 2005) are different than in the region where the breed (Central Valleys of Oaxaca, one originated 600 m and 650 mm), among other causes. The other four races detected were identified in very few collections, except Elotes Occidentales was found in only 9.3% to 4.2% with influence and secondary influence.

Distribution of breeds by region

By grouping the collections by region, and based on the gradient of low to high rainfall that exists in the state of Zacatecas, as well as the number of days with rain during the growing season (Table 1), it was found that the Cónico norteño race is present in all of them, although its presence was larger in the southeast, central and west (82%), where precipitation during the growing season is 260 to 375 mm, with 71 to 76 days with rainfall, elevation 2 000-2 350 m and average temperatures between 18.6 and 19.7 °C, this means that is more adapted to conditions of low rainfall and relatively short growing cycle. According to Wellhausen *et al.* (1951), Ortega *et al.* (1991) and Taba (1995), Cónico Norteño originated the breed Valley of Mexico, where rainfall exceeds 500 mm during one growing season of over 120 days, but the producers were adapting to Zacatecas limited rainfall and short growing cycle of the entity.

The Celaya and Ratón races took second place for his presence in the state of Zacatecas, most often being located in the same regions as the Cónico Norteño race (Table 1). The race Celaya was also present in the northeastern region (municipality Mazapil), where very low precipitation (220-250 mm) is recorded and also in places with higher

cantidad en lugares con alta precipitación y mayor ciclo de cultivo, donde hay influencia de los maíces del estado de Jalisco (Ortega *et al.*, 1991). La raza Pepitilla solamente se detectó con influencia secundaria en cuatro de las 166 colectas (Cuadro 1), aunque Ortega *et al.* (1991) y Taba (1995) la señalan con mayor presencia en años anteriores que la actualidad.

precipitation (Tepetongo, Tepechitlán 515 mm and 770 mm); the latter, with similar to those of their place of origin (Bajío). The presence of Celaya Mazapil race, is possibly due to farmers were adapting to the culture system "wet maize" (Luna, 2008), from late hybrids like H-309, H-352 and H -353 which were grown under irrigation in

Cuadro 1. Participación de las razas en las colectas realizadas por región ecológica.
Table 1. Participation of the races in the collections performed by ecological region.

Región	Altitud (m)	PC (mm)	DTLL (días)	TG (°C)	Influencia única	Influencia primaria	Influencia secundaria
Noreste	1900-2000	220-250	65	21.5	CN (2), Celaya (2)	CN (2), Celaya (1)	CN (1), Celaya (1), Ratón (1)
Sureste	2000-2350	260-315	71	18.6	CN (24), Celaya (4), Ratón (4), Bolita (1), EO (1)	CN (11), Celaya (2), Ratón (1)	CN (3), Celaya (3), Ratón (3)
Centro	2000-2340	300-360	74	18.6	CN (11), Celaya (4), Ratón (3), EO (1), Tuxpeño (2)	CN (12), Celaya (1), Bolita (1)	CN (2), Celaya (3), Ratón (8), Pepitilla (1)
Noroeste	2000-2340	330-375	77	19.7	CN (20), Celaya (3), Bolita (1), EO (2)	CN (16), Celaya (1), Bolita (2)	CN (2), Celaya (6), Ratón (5), Bolita (2), EO (2), Pepitilla (2), Bolita (1)
Sur (Cañón Tlaltenango)	1720-1760	600-710	82	21.0	EO (1)	Celaya (1), Tabloncillo (1)	
Sur (Cañón Juchipila)	1200-2550	500-540	82	22.2	CN (2), Ratón (2)	CN (1), Ratón (1), Bolita (1)	CN (1), Celaya (1), Bolita (1), Pepitilla (1)
Tepetongo*	1891-1960	410-450	80	20.0	Ratón (2), EO (2)	CN (1), Celaya (2), Tuxpeño (1)	CN (1), Celaya (1), Ratón 4(1)
Monte Escobedo*	2000-2200	500-566	79	18.3		CN (4), Celaya (3)	CN (1), Ratón (5), EO (1)
Nochistlán*	1820-2370	550-600	81	20.2	Ratón (1), EO (3)	CN (3)	Celaya (1), Pepitilla (2)

*Municipios con características diferentes a las de las regiones; PC= precipitación durante la temporada de lluvias; DTLL= días de la temporada de lluvias; TC= temperatura media durante la temporada de lluvias; CN= raza Cónico Norteño; EO= raza Elotes Occidentales. El número entre paréntesis después del nombre de la raza es la frecuencia de esa raza.

En el Cuadro 1 se separaron de las regiones los municipios de Tepetongo, Monte Escobedo y Nochistlán, porque difieren entre ellos y de las regiones al menos en un parámetro ecológico. Tepetongo (1 891 a 1 960 msnm) difiere en volumen de precipitación (415 mm) y temperatura media (20 °C); Monte Escobedo (2 000 a 2 200 msnm) en altitud y en volumen de precipitación (566 mm) y Nochistlán (1 820 a 2 370 msnm) en volumen de precipitación (550 a 600 mm) y temperatura (20 °C). Aun cuando en cada uno de estos municipios se hicieron sólo siete colectas, se detectó la influencia de cinco de las ocho razas encontradas en la entidad en Tepetongo y cuatro en Monte Escobedo y Nochistlán; un porcentaje relativamente alto con respecto al total de razas identificadas en el estado.

the state about 50 years ago, as the system of wet maize crop requires long cycle varieties that were planted in March and reached physiological maturity in the month of October.

Ratón was found in four locations with rainfall between 350 and 425 mm and eight where it rains 460 to 710 mm (Table 1), thereby indicating that it is better adapted to conditions greater than those of the Northern race to moisture. Elotes Occidentales races, Bolita, Tuxpeño and Tabloncillo also collected in greater numbers in places with high rainfall and increased cultivation cycle, where the influence of the state of Jalisco maize (Ortega *et al.*, 1991). Pepitilla race only detected with secondary

Agrupamiento de las colectas por el análisis de conglomerados

Al analizar las variables mediante técnicas multivariadas, se generaron combinaciones lineales que dieron lugar a seis componentes principales que en conjunto explican 74.9% de la varianza total. La rotación ortogonal mediante el método varimax de estos factores y las variables dio lugar a 12 variables, temperatura media durante el ciclo de cultivo, número de ramas de la espiga y de granos por mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca y del olote, color del olote, y del grano: la textura, ancho, volumen y peso) en seis factores que tuvieron valores mayores a 0.7 (entre ellas estuvieron el volumen y peso de grano; pero, como hubo una correlación de 0.98 entre estas características, en adelante sólo se toma en cuenta el peso del grano). Al hacer análisis conglomerado se identificaron siete grupos de colectas al considerar un índice de 200 (Figura 2).

influence on four of the 166 collections (Table 1), although Ortega *et al.* (1991) and Taba (1995) point to the greater presence than in previous years now.

In the Table 1 the regions were separated by municipalities Tepetongo, Monte Escobedo and Nochistlán because they differ between regions and at least one ecological parameter. Tepetongo (1 891-1 960 m) differs in volume of precipitation (415 mm) and mean temperature (20 °C); Monte Escobedo (2 000-2 200 m) in height and volume of precipitation (566 mm) and Nochistlán (1 820-2 370 m) in volume of precipitation (550-600 mm) and temperature (20 °C). Even when each of these municipalities only seven collections were made, the influence of five of the eight races found in the state was detected in Tepetongo and four in Monte Escobedo and Nochistlán; a relatively high with respect to the total in the state identified races percentage.

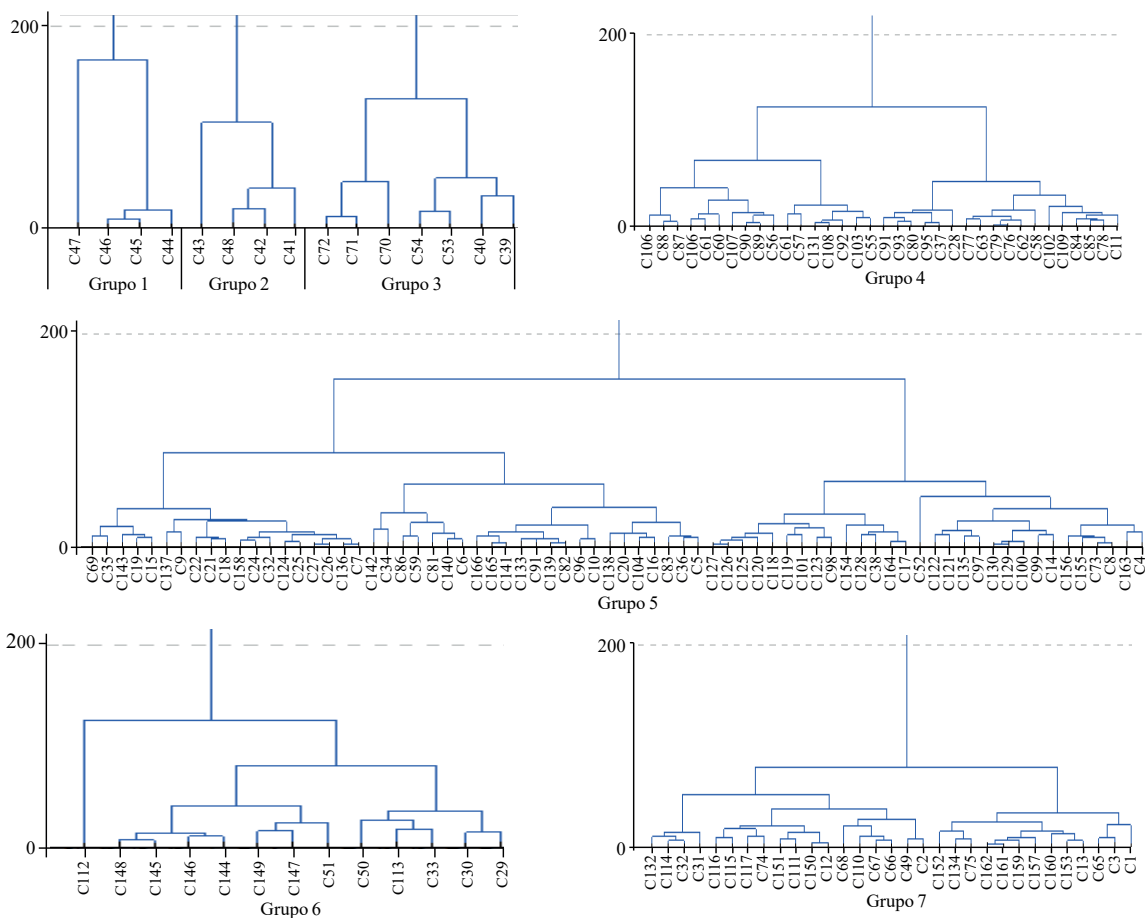


Figura 2. Dendrograma fraccionado de las 166 muestras de maíz de secano colectada en el estado de Zacatecas; se obtuvieron siete grupos con base a un índice inferior a 200 unidades.

Figure 2. Dendrogram of the 166 storey split samples of rainfed maize collected in the state of Zacatecas; based seven groups were obtained at less than 200 index units.

En una descripción general de los grupos (Cuadro 2), se observa que la altitud media de las localidades de colecta aumenta conforme se avanza del grupo 1 a 7, la precipitación y la temperatura media registradas durante el ciclo de cultivo disminuyen del grupo 1 a 3 y son casi iguales en los grupos 4 a 7; asimismo, el número de ramas de la espiga (RE) es relativamente bajo en el grupo 1 (alta precipitación) y alto en el grupo 4 (baja precipitación), el número de granos por mazorca (NGM) disminuye sistemáticamente del grupo 1 a 7, el diámetro de la mazorca (DM) es relativamente alto en los grupos 1 y 3 (alta precipitación), el diámetro del olote (DO) es alto en los grupos 1 y 2 (alta precipitación) y bajo en el grupo 7 (baja precipitación), en el grupo 6 (baja precipitación) sólo hubo un color de olote (CO) (rojo) y en los otros seis hay al menos los colores blanco y rojo; en los grupos 1, 2 y 6 sólo hubo granos de textura (TG) cristalina y en los otros también hubo dentada o semidentada, el ancho del grano (AG) y el peso del grano (PG) fueron bajos en los grupos 5 y 6 (de baja precipitación) y altos en el grupo 3 (de alta precipitación).

Cuadro 2. Promedio a nivel de grupo de las variables con mayor asociación (coeficientes del vector propio > 0.3) a los seis primeros componentes principales.

Table 2. Average group-level variables with larger association (eigenvector coefficients > 0.3) for the first six principal components.

Grupo	Altitud (m)	PC (mm)	TC (°C)	RE	NGH	DM (cm)	DO (cm)	CO	TG	AG (mm)	PG (g)
1	1300	560-610	23.5	7	36	4.6	2.6	b, r	c	10	29
2	1540	500-560	23	10	37	4.0	2.4	r, b	c	9.4	25
3	1780	510-595	22	12	35	4.4	2.2	r, a	c, d	10.6	40
4	1995	220-365	20	18	30	4.2	2.1	b, r, n	c, sd	9.5	25
5	2110	260-395	20	14	27	4.2	2.2	b, r	c, d	8.5	23
6	2340	253-365	19	12	26	4	2	r	c	8.4	23
7	2240	250-365	20	12	25	4.2	1.8	r, b	c, d	9.9	26

PC= precipitación media registrada durante el ciclo de cultivo; TC= temperatura media registrada durante el ciclo de cultivo; RE= número de ramas de la espiga; NGH= número de granos por hilera, DM= diámetro de la mazorca; DO= diámetro del olote; CO= color del olote (b= blanco, r= rojo, n= negro); TG= textura del grano (c= cristalino, d= dentado, sd= semidentado); AG= ancho del grano; PG= peso de 100 granos.

Algunas diferencias que distinguen a los grupos

Grupos 1 y 2. Estos dos grupos comprenden muestras colectadas en El Cañón de Juchipila, en los municipios: Jalpa, Juchipila, Huanusco, Mayahua y Villanueva. En cada grupo hay cuatro colectas (Figura 2) con influencia de las razas: Cónico Norteño (CN), Celaya (C), Ratón (R) y Bolita (B); en el grupo 2 también hay influencia, aunque baja, de la raza Pepitilla. En estos grupos se registró la menor altitud y altas precipitaciones (500 a 610 mm) y temperaturas medias (23.0 a 23.5 °C) durante el ciclo de cultivo (Cuadro 2). El grupo 1 tuvo menos RE que el grupo 2 y mayores valores de DM, DO, AG y PG; en general, éstas características diferencian a estos grupos de los otros.

Grouping collections by conglomerates | Animal |

The following variables by multivariate techniques, linear combinations that resulted in six main components, which together explain 74.9% of the total variance were generated. The orthogonal rotation using the varimax method of these factors and variables place 12 variables, average temperature during the growing season, number of branches of the spike and grains per ear, ear length, diameter cob and cob, colored cob, and grain: texture, width, volume and weight) in six factors that had values greater than 0.7 (among them were the size and weight of grain, but as there was a correlation 0.98 between these features, also considering the weight of the grain).

When used the cluster analysis of seven groups collections were identified by considering an index of 200 (Figure 2).

In an overview of the groups (Table 2) it's shown that the average elevation of the localities of the collection increases as one moves from group 1-7; the precipitation and average temperature recorded during the crop cycle decrease of group 1-3 and are nearly equal in groups 4-7. Also, the number of branches of the pin (RE) is relatively low in the group 1 (high rainfall) and high in the group 4 (low rainfall), the number of grains per ear (NGM) systematically decreases the group 1-7, the diameter of the ear (DM) is relatively high in groups 1 and 3 (high rainfall), cob diameter (OD) is high in groups 1 and 2 (the ta precipitation) and low group in 7 (low rainfall) in the group 6 (low rainfall) was only one color cob (CO) (red) and in the other there are at least six white and red; in groups 1, 2 and 6 were only grain texture (TG) crystalline

Grupo 3. Comprende cuatro colectas del Cañón de Juchipila (municipios: Nochistlán y Villanueva) y tres del Cañón de Tlaltenango (municipios: Tepechitlán y Tlaltenango) con influencia de las razas: Elotes Occidentales (EO) (33.3%), CN y B (22.2%), C y Tabloncillo (Ta) (11.1%). La altitud, precipitación y temperatura medias durante el ciclo de cultivo son, respectivamente: 1 780 msnm, 510 a 595 mm y 22 °C (Cuadro 2). El DM (4.4 cm), AG (10.6 mm) y PG (40 g/100 granos) son relativamente grandes.

Grupo 4. En éste grupo hay colectas principalmente de las regiones Noroeste (municipios: Valparaíso, Río Grande, Juan Aldama y Miguel Auza) y Noreste (municipio: Mazapil), así como del municipio de Tepetongo. Comprende 35 colectas con influencia de 40.4% de la raza CN, 26.9% de C, 19.2% de R, 5.8% de EO y B y 1.9% de T. La altitud, precipitación y temperatura medias durante el ciclo de cultivo son, respectivamente: 1 995 msnm, 220 a 395 mm y 20 °C. Éste grupo tuvo el más alto número de RE (18), mayor NGH que los grupos 5, 6 y 7, que al igual que el grupo 4, registran una baja precipitación; los valores de AG y PG son algo mayores de los grupos 5 y 6 también de baja precipitación.

Grupo 5. Aquí hay colectas de diversas regiones del estado; principalmente del Centro (municipios: Fresnillo, Calera, Morelos, Jerez y Zacatecas), Sur este (municipios: Pánfilo Natera, Ojocaliente, Loreto, Villa Hidalgo y Villa González Ortega) y Noroeste (municipios: Valparaíso, Río Grande y Sombrerete). Es el grupo con mayor número de colectas (73), con una alta influencia de la raza CN (55.8%), 22.1% de la raza R, 11.6% de C, 4.2% de EO, 3.2% de B, 2.1% de T y 1.1% de P. La altitud media es de 2 110 msnm, la precipitación y temperatura medias durante el ciclo de cultivo son, respectivamente: 260 a 365 mm y 20 °C. Los valores promedio de las características de mazorca y grano son parecidos a los de los grupos 6 y 7, pero difieren en algo de ellos, en el número de: RE, NGH y DO, con valores ligeramente mayores; además, tiene olotes de colores blanco, rojo y negro.

Grupo 6. Comprende 12 colectas de los municipios: Pinos, Genaro Codina, Nochistlán, Guadalupe y Sombrerete, con influencia de las razas CN (61.1%), P (22.2%), R (11.1%) y C (5.5%). Las altitudes, precipitación y temperatura durante el ciclo de cultivo son, respectivamente: 2 340 msnm, 230 a 355 mm y 19 °C (esta temperatura es diferente a los otros grupos). Tiene bajos valores de DM, DO, AG y PG, y es el único grupo con sólo color rojo de olote.

and the others were also serrated or semi-dented, the width of the grain (AG) and the grain weight (PG) were low in the groups 5 and 6 (low rainfall) and high in the group 3 (of high precipitation).

Some differences that distinguish the groups

Groups 1 and 2. These groups comprise samples collected in the Cañón de Juchipila in the municipalities: Jalpa, Juchipila, Huanusco, Mayahua and Villanueva. In each group there are four collections (Figure 2) influence of breeds: Cónico Norteño (CN), Celaya (C), Ratón (R) and Bolita (B); group 2, there are also influences, though low, the Pepitilla race. In these groups the lower elevation and high rainfall (500-610 mm) and mean temperature (23.0 to 23.5 °C) during the planting cycle (Table 2) was recorded. The group 1 had less RE than 2 group with higher values DM, DO, AG and PG; generally these features distinguish these groups from others.

Group 3. comprises four collections Cañón de Juchipila (municipalities: Nochistlán and Villanueva) three from Cañón de Tlaltenango (municipalities: Tepechitlán and Tlaltenango) influenced breeds: Elotes Occidentales (EO) (33.3%), CN and B (22.2%), C and Tabloncillo (Ta) (11.1%). The elevation, rainfall and average temperature during the growing season are respectively: 1 780 m, 510-595 mm and 22 °C (Table 2). The DM (4.4 cm), AG (10.6 mm) and PG (40 g/100 seeds) are relatively large.

Group 4. In this group, there are collections mainly from the Northwest regions (municipalities: Valparaíso, Río Grande, Juan Aldama and Miguel Auza) and Northeast (municipality: Mazapil) and Tepetongo. Comprises 35 collections influenced 40.4% of CN, 26.9% C, 19.2% R, 5.8% of EO and 1.9% of B and T. The race elevation, rainfall and average temperature during the growing season are respectively 1 995 m, 220-395 mm and 20 °C. This group had the highest number of RE (18), higher than NGH groups 5, 6 and 7, which like the group 4 record low rainfall; the values of AG and PG are somewhat older than the groups 5 and 6 also low rainfall.

Group 5. Here are collections of various regions of the state; mainly centers (municipalities: Fresnillo, Calera, Morelos, Zacatecas and Jerez), south east (municipalities: Panfilo Natera, Ojocaliente, Loreto, Villa Hidalgo and Villa González Ortega) and Northwest (municipalities:

Grupo 7. Aquí hay colectas de diversas regiones del estado; principalmente del centro (municipios: Fresnillo, Genaro Codina y Zacatecas), Noroeste (municipios: Sombrerete y Valparaíso), Sureste (municipio: Pinos); así como de municipios de otras regiones (Monte Escobedo, Chalchiutes, entre otros). Comprende 31 colectas con influencia de las razas CN (58.7%), C (23.9%), R (10.9%), EO (4.3%) y B (2.2%). La altitud, precipitación y temperatura medias durante el ciclo de cultivo son, respectivamente: 2240 msnm, 250 a 365 mm y 20 °C. Tiene el menor NGH y DO, elotes casi solamente de color rojo y supera a los grupos 5 y 6 (también de localidades de baja precipitación) en DM, AG y PG. Los grupos 5, 6 y 7 son los de menores valores de estas y otras características.

Conclusiones

Las 166 muestras de variedades nativas de maíz de secano colectadas en el estado de Zacatecas se identificaron en ocho razas, tres menos que hace décadas.

La mayoría de las colectas (97) se identificaron con una sola raza; en 69 se observó la influencia de dos razas.

Al igual que hace varios años, en la actualidad la raza Cónico Norteño fue la de mayor presencia (en 60.8% de las 97 colectas identificadas con una sola raza, en 73.5% con influencia primaria y en 13.9% con influencia secundaria en las 69 colectas con influencia de dos razas.

A la raza Cónico Norteño le siguieron en presencia en el estado de Zacatecas las razas Celaya y Ratón, aunque con mucho menor porcentaje; las otras razas detectadas fueron: Bolita, Elotes Occidentales, Tuxpeño, Pepitilla y Tabloncillo.

El agrupamiento de las colectas mediante el análisis multivariado no separó razas; en la separación de grupos hubo una alta influencia de la altitud y precipitación.

Literatura citada

Benz, B. F. 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98(4):2104-2106.

Valparaíso, Rio Grande and Bonnet). It is the group with the highest number of collections (73), with a high influence of the CN (55.8%) race, 22.1% of race R, 11.6% C, 4.2% of EO, 3.2% B, 2.1% of T and 1.1% P. The average elevation is 2 110 m, the average temperature and precipitation during the growing season are respectively: 260-365 mm and 20 °C. The average values of the characteristics of cobs and grain are similar to those of 6 and 7 groups, but differ in some of them, the number of: RE, NGH and DO, with slightly higher values; also has cobs of white, red and black colors.

Group 6. Comprises 12 municipalities collections. Pinos, Genaro Codina, Nochistlán, Guadalupe and Sombrerete, influenced by the CN (61.1%), P (22.2%), R (11.1%) and C (5.5%) races. The elevations, precipitation and temperature during the growing season are respectively 2 340 m, 230-355 mm and 19 °C (this temperature is different from the other groups). Have low values of DM, DO, AG and PG, and is the only group with only red cobs.

Group 7. Here are collections from various regions of the state; mainly from the central area (municipalities: Fresnillo, Zacatecas and Genaro Codina), Northwestern (municipalities: Sombrerete and Valparaíso), Southeast (municipality: Pinos); municipalities as well as other regions (Monte Escobedo, Chalchiutes, among others). Comprises 31 collections influenced by the CN (58.7%), C (23.9%), R (10.9%), EO (4.3%) and B (2.2%) races. The elevation, rainfall and average temperature during the growing season are respectively: 2 240 m, 250-365 mm and 20 °C. It has the lowest NGH and DO, cob almost only red and outperforms groups 5 and 6 (also from areas of low precipitation) in DM, AG and PG. The groups 5, 6 and 7 are the lowest values of these and other features.

Conclusions

The 166 samples of rainfed native varieties of maize collected in the state of Zacatecas were identified in eight races, three less than decades ago.

Most of the collections (97) were identified with one race; in 69 the influence of two races is observed.

- Buckler, E. S. and Stevens, N. M. 2005. Maize origins, domestication, and selection. *In: Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution and conservation of crops.* Motley, T. J. Zerega, H. and Cross, N. (Eds.). Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution and conservation of crops. Columbia University Press. New York. 67-90 pp.
- Buckler E. S.; Goodman; M. M.; Holtsford; T. P.; Doebley, J. F. and Sánchez, G. J. 2006. Phylogeography of the wild subspecies of *Zea mays*. *Maydica* 51: 123-134.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. Base de datos del proyecto global: "Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la biodiversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México". México, D. F. <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.htm>.
- Doebley, J. 2004. The Genetics of maize evolution. *Ann. Rev. Genetics.* 38:37-59.
- Hernández, X. E. y Alanís, F. G. 1970. Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia.* 5:3-30.
- Hortelano, S. R.; Gil, M.A.; Santacruz, V.A.; Miranda, C. S. y Córdova, T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34:189-200
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2012. Anuario estadístico del estado de Zacatecas. Aguascalientes. 450 p.
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. 2007. Applied multivariate statistical analysis. Prentice Hall, New York. 566 p.
- Kaiser, H. F. 1958. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* 23:187-200.
- López, P. A.; López S. H. y Muñoz O. A. 1998. Selección de maíces criollos en nichos ecológicos del estado de Puebla. *In: Ramírez, V. B.; Zavala, G. P.; Gómez, M. O.; Rincón, S. F. y Mejía, C. A. (Eds.). Memorias del XVII Congreso de Fitogenética.* 236 p.
- López, R. G.; Santacruz, V. A.; Muñoz, O. A.; Castillo, G. F.; Córdova, T. L. y Vaquera, H. H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interiencia* 30:284-290.
- Louette, D. and Smale, M. 1998. Farmer's seed selection practices and maize variety characteristics in a traditionally-based Mexican community. *Economics Working Papers No 98-04.* CIMMYT. Mexico, D. F. 28 p.
- Luna, F. M.; Gutiérrez, S. J. R.; Peña, R. A.; Echavarría, Ch. F. y Martínez, G. J. 2005. Comportamiento de variedades precoces e maíz en la región semiárida y árida del centro-norte de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25:39-45.
- Luna, F. M. 2008. El cultivo de maíz en Zacatecas. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zacatecas. 129 p.
- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, J. M. M.; Sánchez, G.; Buckler, E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America* 99(9):6080-6084.
- Medina, G.; Ruiz, C. y Martínez, P. R. 1998. Los climas de México. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-SARH. México, D. F. 104 p.
- Just like several years ago, currently the race Cónico Norteño had the highest presence; 60.8% of the 97 collections identified with one race, in 73.5% with influence primary and in 13.9% with influence secondary in the 69 collections with influence of two races.
- Following Cónico Northern, regarding the presence in the state of Zacatecas the were the races Celaya and Ratón even if with a lot of less percentage; the other Races detected were: Bolita, Elotes Occidentales, Tuxpeño, Pepitilla and Tabloncillo.
- The grouping of the collections through the analysis multivariate do not separated races; in the separation of groups were a high influence of the elevation and precipitation.

End of the English version



- Mijangos, C.; Corona, T.; Espinosa, V. D.; Muñoz, O. A.; Romero, P. J. y Santacruz, V. A. 2007. Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Michoacan, Mexico and the Chalqueño complex. *Genetic Res. Crop Ev.* 54:309-325.
- Miranda, C. S. 2000. Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica. *Agric. Téc. Méx.* 26(1):3-15.
- Muñoz, O. A. 2003. Centli maíz. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 211 pp.
- Ortega, P. R. 1985. Recursos genéticos para el mejoramiento de maíz en México. Primera parte. *Revista Germen.* 3:19-33.
- Ortega, P. R.; Sánchez, G. J. J.; Castillo, G. F. y Hernández, C. J. M. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. *In: avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México.* Ortega, P. R.; Palomino, H. G.; Castillo, M. F.; González, H. V. y Livera, M. M. (Eds.). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México. 161-185 p.
- Ortega, C. A.; Guerrero, H. M. J.; Cota, A. O. y Palacios, V. O. 2005. Informe de actividades 2003 del Proyecto 108: conservación, estudio y utilización de la diversidad genética de los maíces nativos del noroeste de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI). Red de maíz. 19 p.
- Pohl, M. E. D.; Piperno, D. R.; Pope K. O. and Jones, J. G. 2007. Microfossil evidence for pre-Columbian maize dispersals in the neotropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 104(16):6870-6875.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola, estado de Zacatecas. México, D. F. http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/icultivo/index.jsp.

- Sanchez, G. J. J.; Goodman, M. M. and Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54:43-59.
- Taba, S. 1995. Maize genetic resources. Maiz program special report. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México, D. F.
- Tenaillon, M. I.; U'ren, O. J.; Tenaillon, J. and Gaut, B. S. 2004. Selection versus demography: a multilocus investigation of the domestication process in maize. *Mol. Biol. Evol.* 21(7):1214-1225.
- Turrent, A. and Serratos, J. A. 2004. Context and background on maize and its wild relatives in Mexico. *In: maize and biodiversity: the effects of transgenic maize in Mexico. Key findings and recommendations.* commission for environmental cooperation. Secretarial Report. Getineauu, Quebec, Canada. 1-55 pp.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, X. E. and Mangesdorf, P. C. 1951. Razas de maíz en México: su origen, características y distribución. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Folleto Técnico Núm. 5. México. 237 p.