

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Estudio de 35 poblaciones de Maíz del Estado de México

Utilizando Análisis Multivariados

Por:

JUAN GERARDO RAMIREZ SANTIZO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estudio de 35 poblaciones de Maíz del Estado de México

Utilizando Análisis Multivariados

Por:

JUAN GERARDO RAMIREZ SANTIZO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada


M.C. Ma. Cristina Vega Sánchez
Asesor Principal


M.C. José Luis Herrera Ayala
Coasesor


Dr. Armandó Muñoz Urbina
Coasesor


Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía
Saltillo, Coahuila, México

Marzo del 2015

DEDICATORIAS

A DIOS.

Por haberme acompañado y nunca dejarme solo a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias, sabiduría y sobre todo felicidad. Gracias DIOS.

A MIS PADRES: MARÍA ANTONIETA SANTIZO GONZÁLEZ Y OVIDIO RAMIREZ SÁNCHEZ

Por darme la vida, por darme la mejor herencia que es el estudio ya que sin sus apoyos nada de esto sería posible, les dedico este trabajo con mucho respeto, cariño y amor. Por apoyarme en los momentos buenos y malos en el transcurso de mí carrera por los valores que me han inculcado, por sus grandes consejos, además por el apoyo tanto moral como económico, porque sabían que nunca los defraudaría y sobre todo por ser unos grandes PADRES y un excelente ejemplo a seguir. ¡LOS AMO Y GRACIAS POR TODO!

A MIS HERMANOS

KARINA MAYRANI RAMIREZ SANTIZO Y RODI DAYNER RAMIREZ SANTIZO, por el amor que me han brindado, por sus consejos y por las grandes experiencias juntos compartidos como alegrías y tristezas. Ustedes son un pilar muy importante en mi vida LOS AMO. Como también a mis sobrinos Alan Johan y Nathaly por el amor que les tengo.

A MIS ABUELOS

RÓMULO SANTIZO ÁNGEL (+)

JUAN RAMIREZ ROBLERO (+)

AMPARO GONZÁLEZ VELÁZQUEZ (+)

MAURA SÁNCHEZ LÓPEZ

Gracias abuelos por ser parte de mi familia, aunque no haya tenido la dicha de poder conocer a algunos de ustedes, los llevo siempre en el corazón. Gracias abuelita Maura por sus consejos tan sabios que me daba y me sigue dando, que dios me los bendiga. LOS AMO.

A MIS TÍOS

Hilda Ramirez Sánchez, Cristobalina Ramirez Sánchez, Sonia Santizo González, Mariano Santizo González, Rosamando Ramirez Sánchez, Edmer Ramirez Sánchez, por sus consejos que me brindaron y los momentos felices que hemos pasado. Y en especial a mi tío **José Ramiro Ramirez Sánchez (+)**, por el cariño y la confianza que tenía en mí y se logró el objetivo tío Texas, gran parte de este esfuerzo se lo dedico a usted porque siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas, día a día lo recuerdo y gracias por todo donde quiera que este, que DIOS me lo bendiga siempre. ¡Lo amo!

A MIS PRIMOS

Roberto Ramirez (Keso), William Ramirez (Chona), Antonio Santizo (Polla) y Elver Santizo (Jolota), Alejandro Ramirez (Morrón), Luis Ramirez (Sancho), Baldemar Morales (Cubeta), Citlali Martínez (flaca), les agradezco por el cariño que me han brindado, por creer en mí, por los momentos felices que hemos pasado y por no dejarme solo en las malas situaciones y sobre todo por ser parte de mi vida.

A MIS AMIGOS

Néstor Armando (Pony), Oscar García (Oscarin), Robert Morales (Pana), Alex Moreno (Monja), Apolonio (Sami), Aniceto (Tizoc), Cupertino Alvarado (Chicken), Ivan Roblero (Chespi) y a mi compa Aldo García (Chepe), por brindarme sus amistad, su apoyo moral y por los momentos felices que hemos pasado. Y también mi amigo **Gerardo González (+) el Gerry,** por los momentos felices que pasamos, que dios te bendiga donde quiera que estés, se te extraña.

A MIS COMPAÑEROS DE LA UNIVERSIDAD

Leticia Ruiz, Mari Jáuregui, Isela, Melisa Castañeda, Dulce Rojas, Verónica robles, Gris Vergara, Sara Jiménez, Enrique Guevara (Kakashi), Oscar Arreortua (flaka), Adolfo (Bofo), Eleuterio (Pacman), Andrés Hernández (Chiquilla), Teodoro Jacobo (Ebriodoro), Alonso (chispita), Luis Padierna (Luigui), Gregorio Ceh (Pollo), Eduardo Alonso (Pancho Pantera), Ismael (Mochis), Luis Castañeda, Antonio Vela, Jesuhar Hernández (Chuster), Elver Santizo (Jolota), Adolfo rodríguez (Baño), Isidro Varela (Chilo), Manuel Bonilla, Eduardo Pineda (Cornelio Reyna), Emir Barrios (Chino), Arturo Ponciano (Ponci), Olivar Neri, Jaime Gutiérrez y Manuel Treviño, les doy las gracias por compartir con ustedes parte de mi formación como estudiante de la UAAAN (Buitres), por compartir momentos inolvidables sobre todo por brindarme su amistad, espero encontrarlos nuevamente. ¡Gracias!

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por estar conmigo en las buenas y malas, por darme fuerza en los momentos más adversos de mi carrera universitaria.

A mi Alma Mater: Por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de realizarme como profesionalista.

Al departamento de Fitomejoramiento, que para mí fue un orgullo pertenecer a este departamento de mucho prestigio, de mucho conocimiento y demasiada sabiduría. Me voy con demasiado conocimiento, como también el convivir con otras personas, como investigadores y trabajadores.

A la M.C. Ma. Cristina Vega Sánchez, por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por brindarme su valiosa asesoría, tiempo, dedicación, por dar respuesta a todas mis preguntas y dudas que se generaron al momento de realizar este trabajo y por compartir sus conocimientos conmigo y por brindarme su amistad.

Al M.C. José Luis Herrera Ayala, por el apoyo que me dio para la realización de este trabajo, por su valiosa asesoría, tiempo, dedicación y por brindarme su amistad.

Al Dr. Armando Muñoz Urbina, por haberme apoyado para realizar este trabajo, gracias a su confianza que deposito en mí, por sus grandes contribuciones, aportaciones, y orientación para realizar este trabajo de gran importancia para mí.

A todos los maestros, que influyeron en mi formación como profesionalista, que me inculcaron el conocimiento adquirido y por brindarme su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Origen del maíz.....	4
Antigüedad.....	4
Domesticación.....	5
Clasificación taxonómica.....	5
Descripción bonica.....	6
Importancia del maíz.....	7
Razas de maíz.....	8
Usos de las razas de maíz.....	10
Existen dos tipos básicos de conservación de germoplasma.....	13
Conservación <i>in situ</i>	13
Conservación <i>ex situ</i>	14
Clasificación de unidades taxonómicas.....	15
Análisis de conglomerados.....	16
Análisis de componentes principales.....	16
Características del área de estudio.....	20
Características de los municipios donde se establecieron parcelas de conservación.....	21
Acambay.....	21

Amanalco.....	22
Otzolotepec.....	22
Polotitlan	23
Temascalcingo.....	23
Temoaya.....	24
Villa Victoria.....	24
Zinacantepec.....	25
MATERIALES Y MÉTODOS	26
Parcelas de conservación <i>in situ</i>	26
Caracterización de mazorca y grano.....	27
Variables cuantitativas analizadas.....	27
Variables cualitativas analizadas.....	27
Análisis de Conglomerados.....	29
Análisis de Componentes Principales.....	29
Distancia de Mahalanobis.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
Caracteres Cualitativos de las Acciones Evaluadas.....	31
Características de la mazorca y del grano.....	34
CONCLUSIONES	50
REFERENCIAS	52
Apéndice de cuadro	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica.....	5
Cuadro 2. Relación de las 35 poblaciones en estudio.....	26
Cuadro 3. Características evaluadas en las 35 poblaciones de maíz del estado de México.....	28
Cuadro 4. Características cualitativas de las 35 poblaciones de maíz.....	33
Cuadro 5.A. Promedios de las 18 características cuantitativas para el análisis de 35 poblaciones.....	36
Cuadro 5.B.... Continuación del cuadro 5.A. Los promedios de las 18 características cuantitativas para el análisis de 35 poblaciones.....	37
Cuadro 6. Valores de distancia euclidiana y pasos de enlace para las 35 poblaciones.....	38
Cuadro 7. Medias de los nueve grupos formados a un nivel de distancia de 5.7077 del análisis de Conglomerados para las 18 características.....	41
Cuadro 8. Valores propios del análisis de Componentes Principales y proporción de la variación explicada y acumulada.....	45
Cuadro 9. Relación de razas y ubicación geográfica de las parcelas de conservación <i>in situ</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dendograma para la clasificación de 35 poblaciones de Maíz del estado de México	41
Figura 2. Diagrama de dispersión de 35 poblaciones para valores atípicos.....	42
Figura 3. Cargas de la distribución de las variables, con su peso sobre los Componentes Principales	43
Figura 4. Distribución de las 34 poblaciones	46
Figura 5. Distribución de las razas de maíz en el estado de México	48
Figura 6. Poblaciones representativas de nueve razas de maíz del estado de México	49

RESÚMEN

En el estado de México durante el ciclo agrícola P-V 2012, en el marco del convenio del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos, con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, se establecieron a través de ocho municipios parcelas de conservación *in situ* en coordinación con los custodios de nueve razas de maíz representadas en 35 poblaciones. A cosecha se seleccionaron 20 mazorcas de cada parcela las que fueron caracterizadas con el objetivo de estudiar la diversidad genética de este germoplasma en el Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México conservado *ex situ* con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y formar grupos en base a características similares por medio de análisis de Conglomerados y Componentes principales. Los resultados mostraron que con el análisis de Conglomerados se formaron nueve grupos; de los cuales el grupo G1 constituido por la raza Palomero Toluqueño y el grupo G2 por la raza Mushito presentaron características de menor longitud de mazorca, de bajo peso y volumen de 100 granos. En el grupo G3, quedó la mayoría de los Cónicos Norteños que destacan en longitud de grano. En el grupo G4 se encuentran los cónicos que tienen mayor longitud de mazorca, y en el grupo G5 se encuentran la mayoría de los Cónicos presentando valores intermedios para las características evaluadas. El grupo G6 fue el más diverso al estar constituido por cuatro razas diferentes. En el grupo G7, se encuentra las poblaciones de Tabloncillo las cuales se caracterizan por un bajo Número de hileras. El grupo G8, quedó constituido por la raza Cacahuacintle que tiene características particulares como alto peso y volumen de 100 granos. El grupo G9 se caracteriza por tener altos promedios para peso de mazorca y grano al 10 por ciento de humedad. Con los dos primeros componentes principales se explicó el 51.30% de la variación total de los datos. Las características peso de grano y

de mazorca al 10 por ciento de humedad y diámetro de mazorca tuvieron mayor peso sobre el primer componente: en el segundo componente sobresalen: grosor de grano, grosor de grano sobre longitud de grano y grosor de grano sobre ancho de grano. Las variables de mayor peso en los dos primeros componentes principales fueron las más importantes en la clasificación de las razas de maíz.

Palabras claves: *Zea mays*; razas de maíz; conservación *in situ*; conservación *ex situ*; caracterización; análisis multivariado.

Correo electrónico; Juan Gerardo Ramírez Santizo, jgera_rs@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta nativa de América, con centro de origen primario en México y en Guatemala. En México, a lo largo de su historia se ha manejado y conservado la especie de forma tal que en estos días se cuenta con una amplia variabilidad genética, reflejada en grupos raciales y variedades criollas, con cualidades y propiedades que son fuentes naturales de alimentos y derivados industrializables, con un sinfín de usos.

Los esfuerzos de los campesinos de las diferentes regiones del país por conservar sus semillas a través de los años, se han traducido en el registro de razas nativas o grupos taxonómicos que hasta ahora conforman la diversidad de maíz más grande que existe en el mundo.

Los agricultores que cultivan el maíz (Custodios de las razas de maíz), contribuyen a la conservación y generación de diversidad genética *in situ*, manteniendo las variedades locales tradicionales al mantenerlas de generación en generación y al seleccionar deliberadamente las semillas más favorables por sus diversas características, a través de las variantes, que se han ido presentando por selección natural, mutación, recombinación y aislamiento llegan a formar nuevos tipos y variedades o razas a través del tiempo (Herrera *et al.*, 2002).

Se estima que entre 15 y 18 millones de personas dependen en el país de la producción de esta planta para ganarse la vida. Su cultivo se extiende a lo largo de todo el territorio nacional, sobre distintos contextos geográficos, ecológicos, técnicos y sociales.

En México en el año del 2013 se produjeron 22.663 millones de toneladas de maíz no especificando el porcentaje de maíz blanco ni amarillo (SIAP, 2013), además no se tiene información de maíces de otros colores ya que no se registran en las estadísticas oficiales. Sin embargo estos maíces son muy importantes ya que constituyen gran parte de la diversidad genética de esta gramínea en México en los cuales se han realizado estudios de las razas de maíz por Wellhausen *et al.* (1951) y se describen en la actualidad 60 razas (Muñetón, 2009), entre las que se encuentran variantes de grano pigmentado con coloraciones que van desde el negro hasta el rosado. Los cuales son importantes por sus características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico en términos de su actividad antioxidante, antimutagénicas y anticancerígenas (Aguilera *et al.*, 2011., Salinas *et al.*, 2012).

Las poblaciones de maíz están sujetas a cambios fenotípicos principalmente por la interacción con el ambiente, el manejo que le da el agricultor y la selección que practica principalmente por el uso que da a su maíz (Sánchez *et al.* 1993).

La caracterización de las poblaciones, el estudio de la distribución y variación que representan, es de suma importancia para conocer su situación actual y los cambios que se han presentado a través del tiempo, por lo que al contar en el Banco de Germoplasma de los productores de maíz de México con sede en la UAAAN, con 35 poblaciones que representan a nueve razas de maíz en conservación *in situ* en parcelas de los propios custodios en el Estado de México, se realizó el presente estudio con los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

- Realizar un análisis de conglomerados y componentes principales para clasificar las poblaciones en base a caracteres de mazorca y grano.
- Conocer la variación entre y dentro de las poblaciones en estudio.

HIPÓTESIS

Las razas de maíz bajo estudio pueden ser clasificadas en base a las características distintivas de las muestras analizadas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen del Maíz

México se considera como el centro de origen y diversidad del maíz, cultivo que ha estado prácticamente en toda su historia y desarrollo (Hellin y Keleman, 2013). Bedoya y Chávez (2010), señalan que en la actualidad la comunidad científica internacional acepta que el *teocintle* anual mexicano es el ancestro del maíz. De los diversos estudios realizados para dilucidar la participación del *teocintle* en el origen del maíz, se ha concluido que la especie de *teocintle* más cercana al maíz actual es el *Zea mays ssp. parviglumis*, que pertenece a la raza Balsas y dentro de esta raza las poblaciones que más han participado en el origen del maíz fueron las ubicadas en los estados de Michoacán, México y Guerrero (Carrera *et al.*, 2012).

El origen del maíz data de 8,700 años antes de nuestra era, en la región de Iguala en el estado de Guerrero, en la localidad de Tlaxmalac (Ranere *et al.*, 2009; CONABIO, 2009).

Antigüedad

La evidencia más antigua de la existencia del maíz, es de 7,000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. Este cereal era un artículo esencial en las civilizaciones maya y azteca, tuvo un importante papel en sus creencias religiosas, festividades y nutrición; ambos pueblos incluso afirmaban que la carne y la sangre estaban formadas por maíz (Garduño, 1998).

La supervivencia del maíz más antiguo y su difusión se debió a los seres humanos, quienes recogieron las semillas para posteriormente plantarlas.

Domesticación

El proceso de domesticación data de 5,000 a 10,000 años A.C. Muy asociada a la invención y desarrollo independiente de la agricultura en Mesoamérica, y continua en el presente con el manejo, cultivo y selección que hacen año con año los agricultores y sus familias, de sus variantes de maíces nativos (o criollos), asimismo con la interacción de este cultivo con sus parientes silvestres, los *teocintle*, en las regiones donde coinciden de manera natural.

Su domesticación, hace miles de años, la convirtió en una planta apta para proporcionar a los grupos humanos cantidades de grano suficientes para alimentarse adecuadamente, a lo que contribuye el descubrimiento, también milenario, de diferentes modos de prepararlo y sacar provecho de sus bondades nutritivas (López *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica

Maíz (<i>Zea mays</i>)	
Reino	<i>Plantae</i>
Sub Reino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Megnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida,</i>
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae,</i>
Sub Familia	<i>Panicoideae</i>
Tribu	<i>Maydeae</i>
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>

Fuente: (Valladares, 2010).

Descripción botánica

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los cuatro metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña.

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula denominada espiga de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen.

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Jhon F., 2008).

Importancia del maíz

El maíz es el cereal de mayor y más amplia distribución a nivel mundial y ocupa el tercer lugar en los estimativos de producción total, después del arroz y el trigo, que se produce en casi 100 millones de hectáreas en 125 países (González *et al.*, 2013). Tiene amplia distribución geográfica desde 0 a 3400 metros sobre el nivel del mar y desde la línea ecuatorial hasta los 50 grados de latitud norte o sur (CONABIO, 2011). Es una de las especies cultivadas más productivas, por tener una alta tasa fotosintética (planta C4). El maíz tiene alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día, fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como se pone en evidencia en la bien documentada historia del maíz híbrido en los Estados Unidos de América y posteriormente en Europa. El éxito de la tecnología basada en la ciencia para el cultivo del maíz ha estimulado una revolución agrícola generalizada en muchas partes del mundo.

En México el cultivo del maíz es de gran importancia por su historia, tradición e impacto social y económico. Este cereal cubre poco más de la mitad de la superficie sembrada con aproximadamente 7.5 millones de hectáreas (SIAP, 2011). Fernández *et al.*, (2013). Señalan que el consumo *per cápita* de maíz en México es aproximadamente 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América. En México en el año del 2010 se registró una producción aproximada de 23 millones de toneladas de maíz. Según la base de datos Nacional del Sistema de Información Agropecuaria (SIAP, 2013), cerca del 99.5 por ciento de esta producción se comercializó en el mercado en forma de maíz de grano blanco o amarillo, y el 0.5 por ciento restantes como maíz para especialidades. No obstante, estos tipos de maíz representan un ingreso importante para los productores de pequeña escala.

Gran parte del estado de México se encuentra entre 2,000 y 2,600 msnm, donde más del 80 por ciento del área sembrada con maíz está cubierta por variedades criollas de este cereal, donde el rendimiento promedio es de 1.6 ton/ha, el 20 por ciento se produjo en parcelas irrigadas con un rendimiento promedio de 3.8 ton/ha (Polanco y Flores, 2008). Los datos de la SIAP (2006) sugieren que el estado de México es el productor más importante a nivel nacional de variedades de maíz para especialidades. En 2006, por ejemplo, la producción de maíz pozolero en la entidad representó 54.5% del total nacional registrado, en tanto que la producción de maíces de colores resultó en 34.4% del total nacional.

Razas de maíz

El concepto y la categoría de raza son de gran utilidad como sistema de referencia rápido para comprender la variación de maíz, para organizar el material en las colecciones de bancos de germoplasma y para su uso en el mejoramiento. Font-Quer (1979) menciona que desde el punto de vista botánico, raza se refiere a la jerarquía taxonómica comprendida entre la subespecie y la variedad. Benson (1962) define raza como una subdivisión natural dentro de una especie la cual se distingue genética, geográfica y ecológicamente. El término raza se ha utilizado para describir a un grupo de individuos emparentados con suficientes características en común, que permiten su reconocimiento como grupo, (Anderson y Cutler, 1942). Esta definición fue la base para la clasificación de las razas de maíz de México (Wellhausen *et al.*, 1951).

Wellhausen *et al.* (1951) propusieron cinco grupos raciales los cuales presentan las siguientes características:

a) Razas indígenas antiguas: Palomero Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Chapalote, Nal-Tel, tienen en común las siguientes características: Endospermo tipo maíz palomero, mazorcas pequeñas y son reventadoras.

b) Razas exóticas precolombinas: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Sub-raza Elotes Occidentales, Olotón, Maíz Dulce. Estas razas fueron introducidas de Centro y Sudamérica en épocas precolombinas, se caracterizan por tener granos largos y harinosos, de color blanco y suave, excepto para algunos genotipos de maíz dulce.

c) Razas mestizas-prehistóricas: Cónico, Elotes Cónicos, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jala, Zaplote Chico, Zapalote Grande, Pepitilla, Olotillo, Sub-raza Dzit-Bacal, Tuxpeño, Vandeño. Se cree que estas razas son producto del cruzamiento de las razas Indígenas Antiguas y las Exóticas Precolombinas con la introgresión de teocintle. Son prehistóricas porque no se tiene evidencia histórica de su origen.

d) Razas modernas incipientes: Chalqueño, Celaya, Cónico Norteño, Bolita. Estas razas se han desarrollado desde la época de la conquista y aún no han alcanzado condiciones de uniformidad racial.

e) Razas no bien definidas: Conejo, Mushito, Complejo Serrano de Jalisco, Zamorano Amarillo, Blando de Sonora, Onaveño, Dulcillo del Noreste, Cristalino de Chihuahua. Son de reciente colecta y no se ha realizado una caracterización adecuada para clasificarlas.

Sánchez *et al.* (2000) estudiaron 59 razas de maíz en México representadas por 209 accesiones y señalan que la conservación *in situ* de las razas locales de maíz requiere de un estudio apropiado de la diversidad intra-racial y una

estrategia de mejoramiento. Muñetón (2009) describe 60 razas de maíz y señala que estos maíces son muy importantes ya que constituyen gran parte de la diversidad genética de esta gramínea en México.

Rocandio *et al.* (2014) mencionan que el grupo genético Complejo Piramidal Mexicano cultivado en los Valles Altos Centrales de México (Palomero Toluqueño, Arrocillo, Cónico, Elotes Cónicos, Cacahuacintle, Chalqueño y Purépecha), forman uno de los grupos genéticos de mayor importancia.

Ruíz *et al.* (2013) indica que para la década de 2051-2060 se espera que en México la temperatura media mayo-octubre se incremente en promedio 1.9, 1.9, 2.0, 1.9 y 1.8⁰C en las zonas maiceras tropicales, subtropicales, transicionales de altura, valles altos y valles muy altos, respectivamente, lo cual incrementará la evapotranspiración potencial (ETP) 5.5, 5.9, 6.1, 6.8 y 7.5%. Paralelamente se espera que la precipitación en estas regiones disminuya en promedio 4.4, 3.8, 4.1, 4.5 y 4.4%. Las razas de maíz poseen una mejor adaptación a ciertas condiciones específicas locales que las variedades mejoradas, por lo que es de esperarse que las razas de maíz aporten diversidad genética relacionada con adaptación a condiciones de estrés ambiental, incluyendo condiciones de sequía. Estos autores estudiaron un grupo razas con relación a su adaptación al déficit hídrico durante el ciclo de temporal identificando las razas Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño, Tablilla de Ocho y Gordo como de mayor adaptación a un temporal más seco, incluso con condiciones de semiaridez.

Usos de las razas de maíz

Entre los usos modernos del maíz destacan harinas industrializadas, aceite, almidón, cereales, industria para botanas y pigmentos. El maíz se puede transformar en productos como almidón, fructosa, dextrosa; en forma de grits para la elaboración de bebidas (cerveza, whisky), etanol (para bebidas o como parte de gasolina para vehículos) y una gran cantidad de productos y

subproductos que posteriormente pueden ser usados por diversas industrias como la alimentaria, farmacéutica, electrónica, textil, minera, etc. En cuanto a su aprovechamiento, todas las partes del maíz son utilizadas: el jugo de su caña verde se usa para preparar bebidas fermentadas, las hojas sirven para envolver tamales, los elotes se comen asados, hervidos, en esquites, sopas y otros guisos (Gutiérrez, 1998).

Hellin y Keleman, (2013) menciona que los maíces para especialidades incluyen los de colores (azul, negro, rojo, morado), el pozolero y el palomero, entre otros. Los consumidores aprecian estos tipos de maíz por sus características culinarias, como el color, la textura, el sabor y porque se usan en la preparación de varios platillos típicos, los maíces nativos, son parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, son el sustento de miles de familias en zonas rurales, por lo que su protección y conservación resulta fundamental.

Recientemente se han realizado importantes esfuerzos orientados a la definición de los parámetros de calidad, lo que ha requerido de la caracterización físico-química de los granos de diversas razas de maíz, asimismo, se ha generado información científica valiosa que ha permitido identificar usos novedosos, todas estas acciones proporcionan el sustento científico que requiere el impulso estratégico de la siembra de maíces nativos, lo que puede contribuir notablemente a su conservación *in situ* (Fernández *et al.*, 2013)

Dentro de los principales usos de las razas de maíz en el Estado de México, CONABIO (2010) señala que la raza Palomero Toluqueño es adecuada para la elaboración de palomitas, por el carácter cristalino y reventador del grano. En la región de Toluca los grupos indígenas conservan esta raza y lo utilizan en la elaboración de tortillas ya que el grano es de buena calidad.

La raza Arrocillo es el sostén de muchas comunidades náhuatl, las mazorcas de grano blanco lo utilizan para elaboración de tortillas. Las de color oscuro tienen un alto contenido de antocianinas. En algunas variantes de grano predominantemente cristalino y de carácter reventador puede ser adecuado para la producción de palomitas.

La raza de grano harinoso Cacahuacintle se siembra en las partes más altas y temperaturas más bajas de México, se usa para pozole, elote, pinole, atole y harina. El kilogramo de grano tiene un valor superior al del maíz común.

En la raza Cónico, la textura de la planta al secarse es más suave y con mejor palatabilidad que los materiales mejorados por lo que es mejor como pastura para ganado y de grano.

La sub raza Elotes Cónicos presentan aleurona de diferentes colores (azules, rojos y negros), esta tiene usos especiales para elotes y harina, los maíces de color rojo se utilizan para la elaboración de pinole y los maíces azules se utilizan para elaborar tortillas en los restaurantes como signo de calidad o novedad.

Una de las razas de uso comercial de mayor extensión en el Occidente de México, es el Tabloncillo y es usado en elotes, pozoles y tiene un buen rendimiento de tortilla.

El Cónico Norteño fue utilizado para el mejoramiento genético en el pasado para toda la región semiárida; en ocasiones combina bien con materiales de la raza Bolita.

La raza Bolita posee calidad para tortillas de gran tamaño (tlayudas), también se usa para pozole. Formas precoces de la raza Bolita dieron lugar a las variedades VS-201 y CAFIME que se usaron y se siguen usando en algunas

zonas como generaciones avanzadas en áreas templadas y semiáridas de altura.

Para la raza Mushito hay formas dentadas y harinosas de color, planta muy grande, con alta producción de materia seca y deseable para producir forraje.

Existen dos tipos básicos de conservación de germoplasma

Soleri y Smith (1995) indican que por mucho tiempo los recursos genéticos agrícolas (RGA), fueron preservados en bancos de germoplasma (conservación *ex situ*), para uso de los fitomejoradores los cuales buscan la máxima diversidad genética. Sin embargo señalan que es importante que los RGA sean preservados por los mismos agricultores (conservación *in situ*), cultivándolo año con año, lo que permite mayor adaptación local, buen rendimiento y sugieren que las estrategias para la conservación de RGA deben ser reevaluadas conforme a los propósitos específicos de conservación.

St. Clair (2008) menciona que el promedio de la temperatura global podría elevarse de 1.8 a 4.0⁰C durante el Siglo 21 y más del 30% de las especies del mundo estarían en riesgo de extinción, por lo tanto, la conservación de la diversidad genética de los cultivos tanto *in situ* como *ex situ* es necesaria para conservar los recursos genéticos agrícolas. Rice *et al.*, (2006) señalan que estas dos estrategias son usualmente complementarias.

Conservación *in situ*

Los agricultores que cultivan maíz en muchas regiones de México contribuyen a la conservación y generación de la diversidad *in situ*. Así, en la práctica mantienen las variedades locales tradicionales al pasarlas de generación en generación y por otro lado, al seleccionar deliberadamente las semillas más favorables por sus diversas características, a través de las variantes que se han ido presentando por selección natural, mutación, introducción, recombinación y

aislamiento, llegan a formar nuevos tipos, variedades o razas a través del tiempo (Herrera *et al.*, 2002).

De acuerdo a investigaciones actuales se sabe que las razas de maíz poseen una mejor adaptación específica a ciertas condiciones locales que las variedades mejoradas. Estas diferencias se acentúan en ambientes desfavorables, por lo que se espera que las razas de maíz aporten diversidad genética relacionada con la adaptación de estrés ambiental, incluyendo condiciones de sequía. Especialmente en centros de origen y diversidad de los cultivos, como lo es México para el maíz, se cree que las razas conservadas *in situ* son más rústicas, toleraran y se adaptaran al cambio climático (Ruíz *et al.* 2013). En el estado de México el cultivo del maíz pozolero y de colores muestran que hay vínculos establecidos entre los productores y los mercados lo que les genera mayores ingresos y por ello conservan *in situ* sus variedades locales de maíz criollo (Hellin y Keleman, 2013).

Conservación *ex situ*

El objetivo primordial de la conservación *ex situ* es mantener la supervivencia de las especies sobre todo cuando se trata con especies críticamente amenazadas, el almacenamiento de germoplasma en un sitio diferente al del lugar de origen es el método predominante en la agricultura (St. Clair, 2008). Rice *et al.* (2006) señalan que en la conservación *ex situ* se colecta material genético usualmente semilla y se protege en almacenamiento en bancos de germoplasma, estas colectas preservan alelos coadaptados y son muestras representativas de criollos de centros primarios y secundarios los cuales han acumulado mutaciones por milenios.

Banco de Germoplasma es una unidad dinámica donde se concentra por tiempo indefinido la mayor diversidad genética posible, expresada por un alto número de biotipos representativos de la especie y especies afines. La semilla se guarda bajo condiciones controladas para conservar su longevidad, la viabilidad de la semilla depende fundamentalmente de la temperatura y la

humedad, conservando su viabilidad por más tiempo cuando su contenido de humedad es muy bajo (4 a 7%), en una atmósfera seca o al vacío (semillas enlatadas) y a una temperatura baja, variado de 2 a 5°C. Por lo tanto, la semilla se guarda a baja humedad en frascos de vidrio con insecticida en cuartos refrigerados y aire seco. Bajo estas condiciones puede sembrarse la semilla con frecuencia de una vez cada 10 años.

Cuando se requiere conservar la semilla por más años las condiciones se mantienen a -3°C, lo que asegura la viabilidad de la semilla durante 25 a 40 años. Las colecciones base se conservan a -18°C, con lo que se mantiene la germinación por más de 50 años. La capacidad de germinación se vigila cuidadosamente y, en caso necesario, se planta la semilla siguiendo métodos aceptados internacionalmente para generar muestras frescas que contengan la diversidad genética del original (CIMMYT, 2015). El Banco de Germoplasma del CIMMYT tiene una capacidad de almacenaje de 450,000 muestras de semilla, además de instalaciones especiales donde se trata y empaqueta la semilla.

Clasificación de unidades taxonómicas

La clasificación de organismos generalmente implica el análisis conjunto de un gran número de caracteres con base a técnicas estadísticas multivariadas. Taxonomía Numérica es el agrupamiento por medio de métodos numéricos de unidades taxonómicas (taxa) con base en el estudio de sus caracteres (Sánchez, 1995). El uso de métodos numéricos en taxonomía ha sido ampliamente usado para clasificar maíz (Sánchez *et al.*, 2000), la clasificación por medio de taxonomía numérica involucra dos pasos: el análisis de similitud (o disimilitud) entre unidades taxonómicas y posteriormente el análisis de conglomerados. Otro método multivariado para clasificar material genético es utilizar un análisis de componentes principales.

Análisis de Conglomerados

El análisis de conglomerados (AC), es un método multivariado comúnmente usado para estudiar la diversidad genética de colectas en los bancos de germoplasma y para formar subgrupos base, agrupando las colectas con base en características similares en categorías homogéneas (Taba *et al.*, 1994). El procedimiento estándar para identificar y clasificar numéricamente unidades taxonómicas en taxas con base a n observaciones multivariadas se lleva a cabo mediante los métodos de agrupamiento jerárquicos, los métodos jerárquicos son los más usados en análisis de diversidad genética en plantas, en estos métodos el agrupamiento empieza con un primer grupo, por lo que existirán tantos grupos como individuos se estén clasificando. Los individuos más similares son agrupados primero y estos grupos iniciales son unidos acorde a sus similitudes, la caracterización morfológica es el primer paso en la descripción del germoplasma (Crossa *et al.*, 1995).

Análisis de Componentes Principales

La técnica de análisis de componentes principales (ACP), simplifica el número de variables en donde un parámetro como rendimiento o calidad pueden estar determinado por un gran número de variables y ninguna de ellas por si sola expresa adecuadamente en forma global estos parámetros, el ACP comprende un procedimiento matemático, que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas, llamadas componentes principales (Wiley, 1981). El primer paso es calcular los valores propios, los cuales definen la cantidad total de variación, que está desplegada sobre los ejes del componente principal. El primer componente explica la mayoría de la variabilidad presente en los datos originales relativos a todos los componentes remanentes, y el segundo componente explica otra parte del complemento del total de la variabilidad, no considerada por el primer componente principal (CP); en ambos casos, dichos componentes no están correlacionados y así en adelante. El ACP puede ser mejorado por dos tipos de matrices de datos: una matriz de varianza-

covarianza, y otra por la matriz de correlaciones. Con caracteres de diferentes escalas es preferida la matriz de correlación estandarizada de los datos originales, si los caracteres son de la misma escala, puede usarse la matriz de varianza-covarianza (Johnson, 2000).

Existe una serie de trabajos en que se han encontrado útiles estas técnicas en clasificación de las razas de maíz.

Revilla y Tracy (1995) clasificaron cultivares de maíz dulce basados en su morfología, al estudiar las relaciones entre las variables morfológicas en el grupo de cultivares determinaron que el primer Componente Principal (CP), explicó el 37% y el segundo componente el 13%, acumulando en los dos primeros componentes el 50% de la varianza explicada. El principal grupo de cultivares se distribuyó linealmente a lo largo del primer CP desde los tipos de menor altura y madurez precoz a los tipos altos y tardíos. El segundo CP incluyó características de tamaño de grano y mazorca. En el análisis de Conglomerados cinco grupos y seis cultivares independientes fueron descritos. La longitud de mazorca se asoció con peso de grano y número de granos por hilera.

En el verano del 2002, Espinoza (2007) evaluó 28 colectas de maíz, en el Campo Experimental de la Universidad (UAAAN), en un diseño de bloques al azar y dos repeticiones, se tomaron datos de 14 variables: rendimiento de grano, nueve relacionadas con la mazorca y cuatro agromorfológicas. Las variables se sometieron a un análisis de Componentes Principales para determinar las características con mayor valor descriptivo. Los dos primeros Componentes Principales explicaron el 76.45% de la variación presente. Las variables: peso de mazorca, rendimiento de grano, diámetro de mazorca, diámetro de olote y peso de olote en el componente 1, y floración femenina, altura de planta y altura de mazorca en el componente 2, fueron las de mayor importancia para describir el comportamiento de las colectas. Ambos grupos de variables mostraron independencia.

Sobresalieron las colectas de Durango, Coahuila y Oaxaca, donde la colecta 16 (Durango), mostró el mayor peso de mazorca.

Rincón *et al.* (2010) señalan que los caracteres de la mazorca de maíz han sido de gran utilidad en la descripción y clasificación racial del maíz encontrando que las relaciones de poblaciones con base a los caracteres de la mazorca, son congruentes con las clasificaciones realizadas. En el análisis de Componentes Principales (ACP), efectuado con maíces nativos de Coahuila, con los primeros dos componentes se explicó el 57.01% de la variación acumulada en los 15 caracteres, la variación en el primer componente fue determinada por la longitud y diámetro de mazorca, longitud y peso seco de grano; el segundo componente por el ancho de grano y las relaciones diámetro de olote/mazorca y ancho/largo de grano. Para el análisis de Conglomerados a una distancia de 1.25 se formaron dos grandes grupos, identificados como el complejo mazorca cónica y el otro del tipo de mazorca cilíndrica. También a una distancia de 0.7 se identificaron siete grupos importantes: los primeros dos dentro del complejo cónico (Cónico Norteño, Elotes Cónicos) y el resto dentro del complejo mazorca cilíndrica (Celaya, Olotillo, Ratón, Tuxpeño Norteño y Tuxpeño).

En un análisis de Conglomerados Padrón *et al.* (2010) clasificaron siete poblaciones de maíz, utilizando características de mazorca y grano, el análisis mostró la formación de tres grupos principales. Dentro de las siete poblaciones de maíz la 3 (Criollo rojo de San Mateo) y 5 (Criollo rosado pinto violento) se registró el menor coeficiente de disimilitud, seguido de las poblaciones 2 (Ixtlahuaca) y 7 (Amarillo Criollo de Ixtlahuaca). La población 4 (Cacahuacintle) mostró el mayor grado de divergencia con respecto al resto de las poblaciones de maíz.

Ruíz *et al.* (2013) en maíz caracterizaron el efecto de la precipitación e índice de humedad sobre los grupos raciales. A partir de esta caracterización se tipificaron los grupos raciales por condiciones de humedad disponible para el

maíz. En el análisis de agrupamiento trabajaron con 54 razas de maíz y 10 variables agroclimáticas. A una distancia euclidiana de 0.234 se formaron cinco grupos de razas de maíz. Los resultados muestran que hay un grupo integrado por las razas Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Tuxpeño Norteño, Cónico Norteño, Tablilla de Ocho y Gordo. Este grupo se identificó como el de mayor adaptación a un temporal más seco, incluso con condiciones de semiaridez. Lo que indica que nuestro país existen recursos genéticos de maíz adaptadas a condiciones de sequía que pueden contribuir a la generación de variedades adaptables a condiciones hídricas menos favorables por la presencia del cambio climático.

Durante el ciclo agrícola primavera-verano del 2010, Rocandio *et al.* (2014) establecieron un experimento con 119 accesiones representativas de siete razas de maíz (Arrocillo amarillo, Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos, Cacahuacintle, Palomero Toluqueño y Purépecha), trabajando con las variables: Floración femenina, Hojas arriba de la mazorca y 11 variables tomadas de mazorca y grano. Las variables fueron sometidas a un análisis de componentes principales (ACP). Los dos Primeros Componentes explicaron 68.2% de la variación total, en el CP1 la longitud de la rama central de la espiga, longitud de la mazorca, anchura de grano, espesor de grano, peso de 100 granos y la relación anchura/longitud de grano contribuyeron mayormente a la variación explicada por este componente, en tanto que el CP2 las características de mayor importancia fueron días a floración femenina, hojas arriba de la mazorca y longitud de grano. En el análisis de Conglomerados el dendograma permitió distinguir tres grupos a una distancia euclidiana de 0.59. Se observó continuidad en los agrupamientos de acuerdo con las medidas de similitud, debido principalmente a la diversidad en la duración del ciclo biológico y tamaño de la mazorca, en la parte superior del dendograma se ubicaron las accesiones del ciclo tardío (grupo1) y mazorca grande y en la parte inferior estuvieron los genotipos con mazorcas pequeñas y más precoces (grupo 3).

Características del área de estudio

El estado de México se localiza en la zona central de la República Mexicana en la parte Oriental de la mesa de Anáhuac, se ubica geográficamente entre los 18°21' y 20°17' de latitud Norte y los 98°36' y 100°36' de longitud Oeste a una altura de 2,683 msnm en su planicie más alta que es el Valle de Toluca. La extensión territorial del estado es de 21,355 km². Está dividido en 125 municipios que integran 16 regiones económicas, considerando su participación en agricultura, industria y servicios (Enciclopedia de los municipios, 1999).

En el estado se han identificados los siguientes climas:

Templado, que ocupa la mayor parte de la superficie del estado en las partes Centro y Este de la entidad con una temperatura media anual de 15°C y una precipitación mayor de 700 mm, ocupando el 68% de la superficie.

Semifrío, distribuido en las serranías del Centro y Este con una temperatura media anual menor a 16°C y una precipitación media anual de 800 mm, el área ocupa el 13% de la superficie estatal.

Semicálido, se localiza en el Suroeste de la entidad, con una temperatura media anual de 20°C y una precipitación media anual superior a 800 mm ocupando el ocho por ciento del territorio.

Cálido, se localiza en la parte sur del estado con una temperatura media anual mayor a 22°C y una precipitación superior a los 1,000 mm, ocupa el cinco por ciento de la superficie estatal.

Seco, se localiza en los límites con los estados de Tlaxcala e Hidalgo, registra una temperatura inferior a los 18°C y una precipitación anual entre 500 y 700 mm, ocupando el cinco por ciento de la superficie estatal.

Frío, se localiza en las cumbres altas de Nevado de Toluca, Popocatepetl e Iztaccihuatl, principalmente, con un régimen térmico medio que oscila entre los 6.5°C y por debajo de los 0°C, la precipitación pluvial media anual fluctúa entre los 1,000 y 1,400 mm, ocupa el uno por ciento de la superficie del estado.

Más de la mitad de la superficie del estado se dedica a la agricultura de temporal y riego dominando los cultivos de maíz, cebada, avena y papa; con un 13% se ubican a los pastizales y alrededor del 27% lo ocupan los bosques del tipo templado.

Características de los municipios donde se establecieron parcelas de conservación.

Acambay

El origen de su nombre tienen diferentes versiones: proviene del tarasco acamba “maguey” y una terminación añadida por los otomíes “ay” y podría significar “lugar de magueyes”. También se señala que puede derivar del náhuatl acatl “caña” y calli “casa” que significa “casas junto a las cañas” o “cañaveral” haciendo alusión a que el valle de Acambay fue un tiempo laguna, también se cree que proviene de las raíces otomíes, oka “dios” y mabaye, “peña” y significa “peñasco de Dios”.

En el municipio habitan pequeñas agrupaciones de otomíes y náhuatls. Se ubica en la porción noroccidental del estado al norte de Toluca. Pertenece a la región socioeconómica Atlacomulco. La cabecera municipal, se ubica entre los 19°57'18" de latitud Norte y 99°50'47" de longitud Oeste.

Se registra una temperatura media anual de 14.2°C y una precipitación pluvial anual de 950 mm. El uso agrícola corresponde al 41.46%, forestal 27.51%, pecuario el 15.85%, urbano con el 1.05% y otros usos con el 14.13%.

Amanalco

Amanalco es una palabra de origen náhuatl que se compone de atl, agua, manalli, estar tendido y co, en, y significa “En el estanque” o “lugar cerca del lago”.

En el lugar habitan algunos grupos otomíes. Amanalco se sitúa en la parte central de la porción occidental del estado, al oeste de la ciudad de Toluca. Pertenece a la región socioeconómica Valle de Bravo.

La cabecera municipal se ubica a los 19°15'12.36" latitud Norte y 100°01'13.55" de longitud Oeste a una altitud de 2,336 msnm. Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 13.4°C con una máxima de 29.7°C y una mínima de 0.5°C. La temporada de heladas se registra de noviembre a abril. La precipitación media anual es de 1,155.9 mm.

La superficie total es de 21,949.31 hectáreas, distribuidas para uso agrícola de temporal en 7,750.71 hectáreas y de riego 1,181, actividad pecuaria 1,357.2, uso forestal 11,123.17 y la zona urbana de 91.70 hectáreas.

Otzolotepec

La palabra Otzolotepec es corrupción de la palabra náhuatl ocelotepec que se compone de ocelotl, tigre; tepetl, cerro y c, en, lo que significa “En el cerro del tigre” o “En agua del tigre”. El municipio se caracteriza por ser una región en que la mayor parte de sus pobladores son otomíes. Otzolotepec se encuentra a 28 km de la ciudad de Toluca, pertenece a la región socioeconómica Lerma.

Su cabecera municipal, Villa Cuauhtémoc se ubica a los 19°25'00" latitud Norte y 99°33'38" longitud Oeste; con una altitud de 2,675 msnm.

El clima predominante es templado, subhúmedo, con lluvias en verano. La temperatura promedio es de 12.8°C, con una máxima de 29.1°C y una mínima de 8.2°C. Registra una precipitación pluvial promedio anual de 650 mm.

El mayor porcentaje de uso del suelo es de aprovechamiento agrícola, de 12,784.89 hectáreas, 3,521.5 se destinan al cultivo de temporal y 2,680 al de riego, 983.18 son de uso forestal y 725.04 a la zona urbana.

Polotitlan

El municipio de Polotitlan en 1878 recibe el calificativo de “de la ilustración” debido a sus condiciones de moralidad, cultura y amor al trabajo. Los mexicanos a su paso hacia Tenochtitlan permanecen por corto tiempo en el lugar que ocupa el municipio. Se localiza a los 20°15'20" de latitud Norte y 99°41'40" de longitud Oeste; la altitud de la cabecera es de 2,300 msnm. Registra una temperatura promedio de 15°C y una precipitación pluvial de 700 mm.

Temascalcingo

Su nombre es de origen náhuatl y se compone de temascalle, temascal, baño de vapor y tzinco diminutivo, significa “En el pequeño temascal”. En el municipio existen algunas agrupaciones indígenas, integradas por mazahuas, mayas, otomíes y zapotecas.

Su cabecera está situada en 19°54'53.18" latitud Norte y 100°00'12.7" longitud Oeste. Su clima es templado semiseco con lluvias en verano, presenta una temperatura promedio de 15.4°C y una precipitación pluvial de 874.6 mm anuales.

El suelo es propicio para la agricultura del total, se destinan al cultivo de temporal 13,492.72 hectáreas, 4,500.18 a riego, 3,069.72 a la actividad pecuaria, 10,920.15 a la zona forestal y 1,260 a la zona urbana.

Temoaya

Su nombre proviene del náhuatl y se compone de temoa, todos bajan; voz impersonal del verbo temo, bajar y yan, lugar, que significa; “donde todos bajan” o “cuesta abajo”.

La cabecera municipal se localiza en los 19°23'50" latitud Norte y 99°37'12" de longitud Oeste, el municipio tiene una altitud promedio de 2,800 msnm y una máxima de 3720 metros. Se localiza en la región socioeconómica Lerma.

El suelo potencial agrícola ocupa una superficie de 19,662.78 hectáreas, de las cuales 8,381.52 son de cultivo de temporal, 4,393.32 de riego, a la actividad pecuaria se destinan 1,654.57; al uso forestal 3,342.78 la zona urbana 767.20; la acumulación de cuerpos de agua ocupan alrededor de 1,154.53 hectáreas.

Villa Victoria

En la época prehispánica llevó el nombre de niñil, palabra mazahua que significa “pueblo nuevo”. En 1824 año en que se erigió el Estado de México, el pueblo tenía el nombre de merced de las llaves, en 1882 el pueblo fue elevado al rango de Villa Victoria.

El municipio se ubica a los 19°27'22" latitud Norte y 99°58'57" longitud Oeste a una altitud de 2700 msnm.

La temperatura media es de 12.5°C. La precipitación pluvial es de 800 mm, se registran heladas de octubre a abril.

Su suelo es propicio para la agricultura de temporal, cuenta con una superficie total de 42,402.93 hectáreas, de las cuales se destinan 21,443.66 al cultivo de temporal y 1,658.75 a riego. La actividad pecuaria se desarrolla en 6,103.4 y la forestal cubre 7,883.26 hectáreas.

Zinacantepec

Zinacantepec fue fundado por matlazincas y otomíes. Su nombre se deriva de tzinacantepec que significa tzinacan, murciélago, teptl, cerro; y c, en, es decir “En el cerro de los murciélagos”.

El municipio tiene una extensión de 309.18 km², se ubica en la parte occidental del Valle de Toluca, pertenece a la región socioeconómica Toluca.

La temperatura media anual es de 12°C con una máxima de 21°C y una mínima de 9°C. La precipitación pluvial es de 1,225.6 mm. Se registran heladas durante todo el año.

El suelo es propicio para la agricultura y cuenta con grandes extensiones boscosas. De la superficie total es de 30,918.09 hectáreas, 12,001.23 se dedican a cultivos de temporal, 2,031.19 a cultivos de riego, 675.47 a la actividad pecuaria, la explotación forestal ocupa 14,493.31, para el área urbana e industrial se destinan 909.41 y 96.28 hectáreas respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parcelas de conservación *in situ*

Los materiales utilizados en el presente trabajo corresponden a 35 poblaciones con las que se establecieron parcelas de conservación *in situ* con cada uno de los custodios de las razas de maíz a través de ocho municipios del Estado de México en el ciclo agrícola P-V 2012, bajo el convenio de SINAREFI con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En el Cuadro 2. Se enlistan las claves, las razas primaria y secundaria (en su caso), de las poblaciones bajo estudio.

Cuadro 2. Relación de las 35 poblaciones en estudio.

Población	Clave	Raza 1	Raza 2
1	UAAAN-IsMéx-031	Palomero Toluqueño	
2	UAAAN-IsMéx-022	Arrocillo	Chalqueño
3	UAAAN-IsMéx-027	Cacahuacintle	
4	UAAAN-IsMéx-016	Cónico	Chalqueño
5	UAAAN-IsMéx-017	Cónico	Celaya
6	UAAAN-IsMéx-018	Cónico	Chalqueño
7	UAAAN-IsMéx-020	Cónico	
8	UAAAN-IsMéx-030	Cónico	Chalqueño
9	UAAAN-IsMéx-037	Cónico	Pepitilla
10	UAAAN-IsMéx-040	Cónico	Vandeano
11	UAAAN-IsMéx-045	Cónico	Pepitilla
12	UAAAN-IsMéx-047	Cónico	Chalqueño
13	UAAAN-IsMéx-049	Cónico	
14	UAAAN-IsMéx-050	Cónico	
15	UAAAN-IsMéx-019	Cónico	
16	UAAAN-IsMéx-026	Cónico	Chalqueño
17	UAAAN-IsMéx-046	Cónico	
18	UAAAN-IsMéx-051	Cónico	
19	UAAAN-IsMéx-052	Cónico	
20	UAAAN-IsMéx-039	Elotes Cónicos	
21	UAAAN-IsMéx-043	Elotes Cónicos	
22	UAAAN-IsMéx-048	Elotes Cónicos	
23	UAAAN-IsMéx-034	Tabloncillo	
24	UAAAN-IsMéx-041	Tabloncillo	
25	UAAAN-IsMéx-042	Tabloncillo	
26	UAAAN-IsMéx-024	Cónico Norteño	
27	UAAAN-IsMéx-033	Cónico Norteño	
28	UAAAN-IsMéx-044	Cónico Norteño	
29	UAAAN-IsMéx-036	Cónico Norteño	
30	UAAAN-IsMéx-032	Bolita	
31	UAAAN-IsMéx-038	Bolita	
32	UAAAN-IsMéx-021	Mushito	
33	UAAAN-IsMéx-023	Mushito	Elotes Cónicos
34	UAAAN-IsMéx-025	Mushito	Elotes Cónicos
35	UAAAN-IsMéx-035	Mushito	Elotes Cónicos

Caracterización de mazorca y grano

En cosecha se separaron 20 mazorcas de plantas con competencia completa y con características propias de la raza en conservación. Se colocaron en arpillas debidamente etiquetadas y protegiéndolas de plagas hasta lograr en el asoleadero la humedad conveniente para su manejo. El trabajo se realizó en el laboratorio del Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México (BNGPMM), con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Variables cuantitativas analizadas

Se determinó la longitud de mazorca (cm); diámetro de la parte central de la mazorca (cm); diámetro de olote (cm); número de hileras; número de granos por hilera; peso de mazorca y grano (g) determinando la humedad de la muestra uniformizando el peso seco y posteriormente transformado al 10% de humedad y porcentaje de desgrane. El peso de 100 granos (g) y su volumen (cc) y la relación peso/volumen (g/cc). Las dimensiones de longitud, ancho, y grosor del grano se determinaron en 10 granos de cada una de las 20 mazorcas, expresando el promedio en milímetros. Para la caracterización de mazorca y grano se utilizaron los descriptores para maíz (IBPGR, 1991); La Guía Técnica para la Descripción Varietal (SNICS-SAGARPA, 2009) y El Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (SNICS-CP, 2009). En el Cuadro 3. Se presentan las características consideradas para el análisis. Caracteres los cuales pueden ser usados como criterio de reconocimiento, descripción y clasificación de razas de maíz (Sánchez *et al.*, 1993).

Variables cualitativas analizadas

En una muestra de 20 mazorcas de cada una de las 35 poblaciones: se consideró el tipo de grano: harinoso, semiharinoso, dentado, semidentado, cristalino, semicristalino, dulce, reventador, opaco-2, ceroso; forma de la superficie del grano de acuerdo a la clasificación: contraída, dentado, plano, redondo, puntiagudo, muy puntiagudo; color de grano: blanco, amarillo,

anaranjado, rosado, morado, azul, rojo, moteado, capa blanca, negro; Se tomó la forma de la mazorca de acuerdo a la clasificación: cónica, cónica- cilíndrica, cilíndrica, esférica; disposición de hileras como regular, irregular, densa, en espiral; y el color de olote que se clasificó como: blanco, rojo, guinda, morado, café, jaspeado.

Cuadro 3. Características cuantitativas evaluadas en las 35 poblaciones de maíz del Estado de México.

Número	Característica	Clave	Unidades
1	Longitud de la mazorca	LM	cm
2	Diámetro del centro de la mazorca	DM	cm
3	Diámetro del olote	DO	cm
4	Relación DM/LM	DM/LM	
5	Número de hileras	NH	
6	Número de granos por hilera	NGPH	
7	Peso de mazorca al 10% de humedad	PM10%H	g
8	Peso de grano al 10% de humedad	PG10%H	g
9	Desgrane	Desg.	%
10	Longitud de grano	LG	mm
11	Ancho de grano	AG	mm
12	Grosor de grano	GG	mm
13	Relación AG/LG	AG/LG	
14	Relación GG/LG	GG/LG	
15	Relación GG/AG	GG/AG	
16	Peso de 100 granos	P100G	g
17	Volumen de 100 granos	V100G	cc
18	Relación peso/volumen	RPV	g/cc

Análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados se realizó con el paquete computacional Minitab16 (2009), básicamente lo que el programa hace es una implementación del siguiente algoritmo (Padrón *et al.*, 2010).

1. Examina la matriz de entrada para el par de objetos (i, j) que son más similares (o menos disimilares).
2. Une estos objetos en un nuevo grupo.
3. Usa la matriz para reflejar la supresión del par de objetos, i y j , que fueron unidos y la adición del nuevo objeto correspondiente al nuevo grupo.
4. Regresa al paso 1, si el tamaño de la nueva matriz es mayor 2×2 de otro modo se detiene. Note que dos objetos son suprimidos y uno más es añadido en cada paso, así el algoritmo debe concluir.

Los coeficientes de similitud fueron obtenidos utilizando la ecuación de distancia euclidiana:

$$E_{ij} = \{\sum_k (X_{ki} - X_{kj})^2\}^{1/2}$$

Análisis de componentes principales

Sánchez (1995) indica que el Análisis de Componentes Principales (ACP), consiste en transformar la serie de variables originales en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas llamadas componentes principales. Esas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y se derivan en orden decreciente de importancia (varianza), de tal manera que el primer componente principal es responsable de la mayor proporción posible de la variación con respecto a los datos originales.

Sea X una matriz de orden $n \times p$, de np observaciones correspondientes a los valores de p variables de cada una de n unidades de estudio. El ACP consiste en

transformar un conjunto de variables x_1, x_2, \dots, x_p a un nuevo conjunto y_1, y_2, \dots, y_p . Estas nuevas variables deben tener las propiedades siguientes.

1. Es una combinación lineal de las x 's. Por ejemplo, para el primer componente. $Y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p = a_1'x$. Donde $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_p]$ es el vector de valores muestrales de las variables originales, y a_{ij} es el valor del j -ésimo elemento del vector característico a_1 asociado al valor característico más grande λ_1 . En forma matricial para todos los componentes, $Y = XA$, en donde Y es la matriz de orden $n \times p$ de componentes principales; A es una matriz de orden $p \times p$ de vectores característicos y X es la matriz de orden $n \times p$ de observaciones.
2. La suma de cuadrados de los coeficientes a_{ij} para cada i ($j=1, 2, \dots, p$) es la unidad.
3. De todas las posibles combinaciones, Y_1 tiene la máxima varianza: $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p)$.
4. Las Y no están correlacionadas.

Distancia de Mahalanobis

La distancia de Mahalanobis, calcula la distancia entre dos puntos en el espacio de longitud de onda y se representa por d^2 . Para calcular la distancia al centro de la población (el punto donde todos los componentes principales confluyen). Para encontrar la distancia de vecindad respecto a cada una de las muestras. Se aplica un umbral de corte, que hace que para cada componente principal la distancia sea en función de su varianza explicada, por lo que muestras que por la distancia euclidiana podía ser dadas como "no anómalas", en la distancia de Mahalanobis podían serlo y viceversa. La distancia de Mahalanobis es una herramienta frecuentemente usada en la detección de anómalos, o para análisis discriminantes indicándonos la probabilidad de una determinada muestra, de pertenecer a un determinado colectivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres Cualitativos de las Accesiones Evaluadas

En el Cuadro 4. Se observan características relacionadas con la forma de grano, color de olote, tipo de grano, forma de la superficie de grano, color de grano, color del endospermo y disposición de hileras que permiten identificar las diferentes poblaciones evaluadas. Con respecto a las poblaciones evaluadas todas las poblaciones presentaron una disposición de hileras regular, presentaron color de olote blanco excepto la población 2 (Arrocillo x Chalqueño). Dentro de las poblaciones que presentaron forma Cónica se incluye las razas Arrocillo, Palomero-Toluqueño, Cacahuacintle, Cónico, Cónico-Norteño, Elotes Cónicos, Bolita y Mushito. Y las poblaciones de la raza Tabloncillo fueron de tipo cilíndrico. Con respecto al tipo de grano la población uno (Palomero Toluqueño) es cristalino, la población dos (Arrocillo x Chalqueño) es semidentada, la población tres (Cachuacintle) es harinosa, de la población cuatro a la 19 de la raza Cónico presentan tipo de grano dentado, semidentado y cristalino. De la población 20 a la 22 (Elotes Cónicos) presentan tipo de grano semidentado o semiharinoso. De la población 23 a la 25 (Tabloncillo) presentan tipo de grano semidentado. De la población 26 a la 29 (Cónico Norteño) presentan tipo de grano semicristalino, semidentado y dentado. Las poblaciones 30 y 31 (Bolita) presentan tipo de grano semiharinoso o semicristalino. De la 32 a la 35 (Mushito) presentan tipo de grano dentado, semidentado y semiharinoso. Para la forma de superficie del grano la mayoría presenta superficie dentada excepto las poblaciones 1 y 3 que presentan superficie redonda, las poblaciones 26 y 27 poseen superficie contraída.

Las poblaciones 20,21 y 22 presentaron color de grano negro, morado y negro respectivamente y corresponden a la sub raza de Elotes Cónicos.

Las poblaciones 30 y 31 de la raza Bolita presentaron color de grano morado. En la raza Mushito dos poblaciones la 32 y 33 presentaron color de grano morado y las poblaciones 34 y 35 tuvieron color de grano negro.

En cuanto al color, el maíz pigmentado es usado para la elaboración de tortillas que en los últimos años, es considerado un maíz de especialidad, han adquirido un valor agregado por contener cantidades relativamente altas en antocianinas (Aguilera *et al.*, 2011).

Las poblaciones de las razas Cacahuacintle y Palomero Toluqueño que se consideran Maíces de especialidad por ser utilizados principalmente para la elaboración de pozole y palomitas respectivamente, son de gran interés sin embargo requieren de un programa de mejoramiento para lograr las características de calidad que las agroprocesadoras requieren y con ello beneficiar al custodio en la venta del producto con un valor agregado.

Hellin y Keleman, (2013) señalan que en México se producen año con año en promedio 50, 000 toneladas de grano de variedades especiales, en comparación con las casi 1, 800, 000 toneladas de maíz blanco, lo que se debe a la falta de programas que apoyen y orienten a los productores.

Cuadro 4. Características cualitativas de las 35 poblaciones bajo estudio.

Población	Forma	Color de Olote	Tipo de Grano	Forma de superficie	Color de grano	Color del endospermo	Disposición de hileras
1	Cónica	Blanco	Cristalino	Redonda	Blanco-c ²	Blanco	Regular
2	Cónica	Rojo	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
3	Cónica	Blanco	Harinoso	Redonda	Pinto	Blanco	Regular
4	Cónica	Blanco	Semicristalino	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
5	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
6	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
7	Cónica	Blanco	Semicristalino	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
8	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
9	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco-c ²	Blanco	Regular
10	Cónica	Blanco	Semicristalino	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
11	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
12	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
13	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
14	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
15	Cónica	Blanco	Dentado	Dentada	Amarillo	Blanco	Regular
16	Cónica	Blanco	Semicristalino	Dentada	Amarillo-n ³	Blanco	Regular
17	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Amarillo	Blanco	Regular
18	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Amarillo	Blanco	Regular
19	Cónica	Blanco	Dentado	Dentada	Amarillo	Blanco	Regular
20	Cónica	Blanco	Semiharinoso	Dentada	Negro	Blanco	Regular
21	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Morado	Blanco	Regular
22	Cónica	Blanco	Semiharinoso	Dentada	Negro	Blanco	Regular
23	Cilíndrica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco-c ²	Blanco	Regular
24	Cilíndrica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
25	Cilíndrica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
26	Cónica	Blanco	Semidentado	Contraída	Blanco	Blanco	Regular
27	Cónica	Blanco	Dentado	Contraída	Blanco	Blanco	Regular
28	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Blanco	Blanco	Regular
29	Cónica	Blanco	Semicristalin	Dentada	Amarillo	Blanco	Regular
30	Cilíndrica-c ¹	Blanco	Semiharinoso	Dentada	Morado	Blanco	Regular
31	Cónica	Blanco	Semicristalino	Dentada	Morado	Blanco	Regular
32	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Morado	Blanco	Regular
33	Cónica	Blanco	Semiharinoso	Dentada	Morado	Blanco	Regular
34	Cónica	Blanco	Semidentado	Dentada	Negro	Blanco	Regular
35	Cónica	Blanco	Dentado	Dentada	Negro	Blanco	Regular

¹Cilíndrica-cónica; ²Blanco-cremoso; ³Amarillo-naranja.

Características de la mazorca y del grano

En el Cuadro 5 se presentan los promedios de cada una de las 18 características cuantitativas evaluadas en las 35 poblaciones de maíz. En cuanto de las variables de la mazorca de las tres primeras poblaciones, la población 1 (Palomero Toluqueño) sobresale en NH (17), NGPH (30.05). La población 2 (Arrocillo x Chalqueño) presenta valores intermedios. La población 3 (Cacahuacintle) presenta altos valores para PM10%H (205.11g) y PG10%H (179.47 g). Con respecto a las variables del grano la Palomero Toluqueño se caracteriza por tener el más bajo promedio para P100G (20.7 g) y V100G (28.95 cc).

La Arrocillo x Chalqueño presenta un alto valor para LG (16.9 mm). El Cacahuacintle es el más alto en cuanto a P100G (69.25 g) y V100G (123.5 cc), (Población 3).

La raza Cónico comprende las poblaciones de la 4 a la 19, algunas poseen mezclas con las razas Chalqueño, Celaya, Pepitilla y Vandebño. Con respecto a la LM se encuentra un rango que va desde 13.94 cm para la población 8 (Cónico x Chalqueño), a 24.55 cm para la población 9 (Cónico x Pepitilla). Para el NH la población 6 (Cónico x Chalqueño), fue la que mejor resaltó con un valor de 16.5 hileras por mazorca, la población 10 (Cónico x Vandebño), sobresalió en NGPH (36), PM10%H (246.15 g) y PG10%H (220.79 g) y la población 11 (Cónico x Pepitilla) que presentó el más alto NGPH (42), también presentó un alto PM10%H (225.72 g) y PG10%H (206.6 g), siendo estas dos poblaciones las más altas en estas dos variables. Para características del grano sigue sobresaliendo la población 10 (Cónico x Vandebño), en las variables LG (15.21 mm), AG (8.42 mm), GG (7.31 mm). Estas características del grano contribuyeron a que presentara un alto valor en P100G (45.24 g) y V100G (63.47 cc).

La raza de los cónicos se desarrolla en las áreas y condiciones semejantes donde se distribuye Chalqueño (CONABIO, 2010). Por lo consiguiente en el presente trabajo se detectó que cinco accesiones de la raza cónica muestran mezcla con Chalqueño.

En la sub raza Elotes Cónicos (poblaciones 20, 21 y 22) sobresale la población 20 en NGPH (33.5), PM10%H (177.15 g) y PG10%H (161.63 g) y para grano sobresale en P100G (37.6 G) y V100G (58.4 cc).

En la raza Tabloncillo se evalúan tres poblaciones (23, 24 y 25), la población 23 presentó alto promedio para PM10%H (159.99 g) y PG10%H (147.9 g); presentando además el mayor AG (10.04 mm) y alto promedio para P100G (48.55 g) y V100G (73.8 cc). En esta raza también se observaron bajos promedios para DM, DO y NH por la forma cilíndrica de la mazorca.

De la raza Cónico Norteño (poblaciones 26, 27, 28, 29) sobresale la 29 en las variables NGPH (36.6), PM10%H (230.66 g), PG10%H (204.74 g); para P100G y V100G presentó promedios de 39.9 g y 59.6 cc, respectivamente.

En la raza Bolita (poblaciones 30 y 31), solo sobresalen en características del grano de la mazorca presentando la población 30 un GG (7.05 mm) y la población 31 presentó el más alto valor de LG (19.9 mm).

De la raza Mushito (poblaciones 32, 33, 34 y 35) sobresale la población 35 en las siguientes variables: PM10%H (187 g) y PG10%H (167.52 g).

Cuadro 5. Promedios de las 18 características cuantitativas para el análisis de las 35 poblaciones de maíz.

Población	LM (cm)	DM (cm)	DO (cm)	DM/LM	NH	NGPH	PM10%H (g)	PG10%H (g)	Desgr.
1	13.37	3.78	2.04	0.282	17.0	30.05	100.89	90.80	.9000
2	17.49	4.95	1.95	0.283	14.6	26.84	195.07	167.20	.8571
3	19.86	5.06	2.60	0.254	10.2	26.35	205.11	179.47	.8750
4	15.69	4.60	2.25	0.293	15.6	28.50	165.39	138.67	.8385
5	21.21	4.85	2.13	0.228	14.9	30.50	196.55	172.46	.8774
6	17.26	4.66	2.39	0.269	16.5	29.35	195.27	176.75	.9052
7	17.68	4.66	2.32	0.263	14.8	29.80	178.68	159.81	.8944
8	13.94	4.29	2.00	0.307	15.5	27.25	155.38	109.53	.7049
9	24.55	4.63	2.07	0.188	14.4	36.80	185.98	167.64	.9014
10	20.31	4.92	2.55	0.242	14.0	36.00	246.15	220.79	.8970
11	17.97	4.80	2.03	0.267	15.0	42.00	225.72	206.26	.9138
12	15.89	4.23	1.81	0.266	13.3	33.45	167.57	157.41	.9394
13	14.36	4.15	1.93	0.288	13.5	27.85	120.93	110.86	.9167
14	22.36	4.99	2.25	0.223	13.2	30.55	205.11	184.60	.9000
15	16.17	4.27	2.18	0.264	13.9	29.15	160.42	142.45	.8880
16	15.83	4.57	2.13	0.288	14.1	26.75	162.49	147.26	.9063
17	17.15	4.51	2.23	0.262	14.6	32.00	159.82	144.36	.9032
18	14.60	4.29	1.99	0.293	12.5	23.47	92.60	82.31	.8889
19	15.67	4.71	2.38	0.300	16.1	32.65	181.15	163.16	.9007
20	15.80	4.68	2.03	0.296	13.9	33.50	177.15	161.63	.9124
21	14.58	4.25	1.95	0.291	13.1	27.65	131.47	114.11	.8679
22	15.30	4.59	2.18	0.300	15.2	27.50	154.11	142.64	.9256
23	17.56	4.32	1.89	0.246	10.0	31.40	159.99	147.09	.9194
24	15.77	3.88	1.87	0.246	11.3	31.65	117.00	100.10	.8556
25	16.18	3.56	1.74	0.220	10.0	31.60	114.03	102.37	.8977
26	15.64	4.81	2.01	0.307	15.2	36.35	197.14	178.86	.9073
27	17.16	5.24	2.61	0.305	16.3	31.80	214.50	189.80	.8848
28	12.74	4.09	2.08	0.321	14.2	27.35	102.26	89.32	.8734
29	19.32	4.88	2.36	0.252	14.8	36.60	230.66	204.74	.8876
30	16.47	4.66	2.40	0.282	14.7	32.25	174.76	156.50	.8955
31	15.41	4.60	2.25	0.298	13.5	30.90	175.69	153.40	.8731
32	11.08	3.91	1.79	0.352	13.5	21.55	133.76	74.59	.5577
33	15.55	5.05	2.01	0.324	14.4	27.55	180.25	164.80	.9143
34	15.58	4.74	2.43	0.304	15.0	25.65	200.39	145.51	.7261
35	17.68	4.48	2.30	0.253	14.9	31.50	187.00	167.52	.8958

Cuadro 5. Promedios. continuación.

Población	LG (mm)	AG (mm)	GG (mm)	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G (g)	V100G (cc)	RP/V (g/cc)
1	11.59	5.78	4.25	0.498	0.366	0.735	20.70	28.95	0.72
2	16.90	7.71	5.16	0.456	0.305	0.669	45.15	69.40	0.65
3	14.92	6.81	6.81	0.456	0.456	1.000	69.25	123.50	0.56
4	14.11	7.69	4.77	0.545	0.338	0.620	35.60	47.55	0.75
5	14.48	7.73	5.02	0.533	0.346	0.649	41.45	61.10	0.68
6	13.85	7.25	5.33	0.523	0.384	0.735	38.06	53.00	0.72
7	14.02	7.89	5.11	0.562	0.364	0.647	36.25	57.30	0.63
8	13.94	7.94	5.15	0.569	0.369	0.648	35.85	56.85	0.63
9	14.68	7.50	4.44	0.510	0.302	0.592	33.95	49.30	0.69
10	15.21	8.42	7.31	0.553	0.480	0.868	45.24	63.47	0.71
11	15.40	7.35	4.24	0.477	0.275	0.576	35.40	54.65	0.65
12	14.19	7.68	4.81	0.541	0.338	0.626	35.00	50.75	0.69
13	13.10	7.22	4.72	0.551	0.360	0.653	30.05	43.15	00.7
14	14.78	8.57	4.81	0.579	0.325	0.561	47.60	68.10	00.7
15	12.46	7.74	5.28	0.621	0.423	0.682	36.10	51.65	00.7
16	13.98	8.12	5.25	0.580	0.375	0.646	38.35	55.25	0.69
17	12.99	7.19	4.54	0.553	0.349	0.631	30.75	45.80	0.67
18	13.13	7.65	5.18	0.582	0.394	0.677	35.53	53.33	0.67
19	21.18	7.25	5.04	0.342	0.237	0.695	35.80	53.40	0.67
20	14.98	7.68	4.85	0.512	0.323	0.631	37.60	58.40	0.64
21	13.11	7.60	4.98	0.579	0.379	0.655	34.70	52.65	0.66
22	13.88	7.54	5.33	0.543	0.384	0.706	35.70	56.70	0.63
23	14.22	10.04	5.13	0.706	0.360	0.510	48.55	73.80	0.66
24	17.25	7.93	4.51	0.459	0.261	0.568	28.10	44.40	0.63
25	12.46	8.88	4.44	0.712	0.356	0.500	33.50	52.90	0.63
26	15.25	7.51	4.59	0.492	0.300	0.611	37.25	56.90	0.65
27	15.32	7.58	4.90	0.494	0.319	0.646	40.55	61.45	0.66
28	12.82	6.73	4.43	0.524	0.345	0.658	24.20	38.65	0.63
29	14.60	7.93	4.92	0.543	0.336	0.620	39.90	59.60	0.67
30	13.09	8.02	7.05	0.612	0.538	0.879	37.30	54.10	0.69
31	19.90	7.97	4.95	0.400	0.248	0.621	38.75	57.65	0.67
32	12.01	6.81	4.71	0.567	0.392	0.691	25.75	37.95	0.68
33	15.57	7.55	4.94	0.484	0.317	0.654	39.45	60.90	0.65
34	14.61	7.95	5.13	0.544	0.351	0.645	38.55	62.65	0.62
35	13.34	7.62	5.15	0.571	0.386	0.675	36.20	51.40	00.7

En el Cuadro 6, se presentan los valores de distancia euclidiana, así como la formación de conglomerados entre las 35 poblaciones de maíz evaluadas *in situ* en el Estado de México. En el análisis se utilizaron 18 variables que comprendieron características de la mazorca y del grano. Esta tabla es importante porque ayuda a identificar el número de grupos con los que va a trabajar y a qué nivel de distancia hacer el corte de gráfica. En el paso 26 se formaron 9 conglomerados cuando a un nivel de distancia de 5.7077 se enlaza la población 2 a la población 19.

Cuadro 6. Valores de distancia euclidiana y pasos de enlace para 35 poblaciones evaluadas en el Estado de México, método de enlace completo.

Paso	Numero de conglomerados	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados		Numero de observaciones en el conglomerado
1	34	1.5475	20	26	2
2	33	1.8249	13	21	2
3	32	1.8901	6	35	2
4	31	1.9620	15	16	2
5	30	2.1221	7	22	2
6	29	2.1659	2	33	2
7	28	2.4425	5	14	2
8	27	2.4555	13	18	3
9	26	2.4987	19	31	2
10	25	2.6505	12	17	2
11	24	2.8629	4	6	3
12	23	2.9332	8	34	2
13	22	2.9661	27	29	2
14	21	3.0116	7	15	4
15	20	3.3348	2	20	4
16	19	3.4735	13	28	4
17	18	3.6081	7	12	6
18	17	3.8635	5	9	3
19	16	4.1192	10	30	2
20	15	4.1569	4	7	9
21	14	4.3491	23	25	2
22	13	4.3553	2	27	6
23	12	4.8105	2	11	7
24	11	5.0939	13	24	5
25	10	5.4364	4	8	11
26	9	5.7077	2	19	9
27	8	6.6625	1	32	2
28	7	7.0478	2	5	12
29	6	7.0678	4	13	16
30	5	8.2879	2	4	28
31	4	8.7773	3	10	3
32	3	10.1739	2	23	30
33	2	10.3935	1	2	32
34	1	13.3798	1	3	35

En la Figura 1, del análisis de conglomerados, se observa que a un corte de distancia euclidiana de 5.7077 se conforman nueve grupos diferentes según la etapa en que se quiera clasificar a los grupos que contengan la mayor información de la matriz de datos.

El grupo uno (G1), corresponde a la población 1 Palomero Toluqueño y se caracteriza por tener el más alto NH (17) pero un bajo promedio en las características de grano y reflejándose en menor P100G (20.7 g) y V100G (28.5 cc), como se observa en el Cuadro 7.

En el grupo dos (G2) solo se encuentra la población 32 Mushito que presenta los más bajos promedios para LM (11.08 cm), DM (1.79 cm), NGPH (21.55) y PG10%H (74.59 g). Diferenciándose de las otras poblaciones de Mushito en las cuales se presenta una mezcla con Elote cónicos.

El tercer grupo (G3), incluye nueve poblaciones de las cuales tres son Cónicos Norteño (26, 27 y 29), dos son Cónicos (11 y 19), considerando también en este grupo la población 2 (Arrocillo x Chalqueño), la población 31 (Bolita), la población 33 Mushito y la población 20 Elotes Cónicos. Este grupo presenta promedios intermedios para la mayoría de las variables analizadas, sobresaliendo en una variable (LG), con un promedio de 16.57 mm.

El grupo cuatro (G4), lo conforman tres poblaciones de la raza Cónico (5, 19 y 14), este grupo se caracteriza por tener el más alto promedio para LM (22.71cm), sobresaliendo en esta característica del resto de las poblaciones de Cónico.

El grupo cinco (G5) lo constituyen ocho poblaciones de la raza Cónico (4, 6, 7, 15, 16, 12, 17 y 8), dos poblaciones de Mushito (34 y 35) y la población 20 de Elotes Cónicos. Este grupo contiene la mayoría de los Cónicos los cuales poseen un menor promedio para la mayoría de las variables que el grupo anterior (G4).

El grupo seis (G6) consta de dos poblaciones de la raza Cónico (13 y 18), una población de Elotes Cónicos (21), la población 28 de Cónico Norteño y la población 24 Tabloncillo. Presentando este grupo valores intermedios al estar conformado por varias razas diferentes.

El siguiente grupo (G7), es el que se encuentra mucho más definido contando con dos poblaciones de Tabloncillos (23 y 25). Poseen el más bajo promedio para NH (10) y el mayor para AG (9.46 mm).

La población 3 Cacahuacintle, presenta características que las diferencian de las otras poblaciones, formando el grupo 8 (G8), en promedio presento un bajo NH (10.20), sobresaliendo en el P100G (69.25 g) y V100G (123.5 cc).

La población 10 Cónico x Vandefño y la 30 Bolita, quedaron incluidas en el grupo nueve (G9), estas se caracterizan por tener altos promedios para PM10%H (210.46 g) y para PG10%H (188.65 g), también siendo la más alta para GG con un promedio de 7.18 mm.

Cuadro 7. Medias de los nueve grupos formados a un nivel de distancia de 5.7077 del análisis de conglomerados para las 18 características evaluadas, estado de México.

Medias	LM cm	DM cm	DO cm	DM/LM	NH	NGPH	PM10%H g	PG10%H g	DESG.
G1	13.37	3.78	2.04	0.28	17.00	30.05	100.89	90.80	90.00
G2	11.08	3.91	1.79	0.35	13.50	21.55	133.76	74.59	55.77
G3	16.67	4.86	2.18	0.29	14.87	33.13	197.48	176.65	89.46
G4	22.71	4.82	2.15	0.21	14.17	32.62	195.88	174.90	89.29
G5	16.20	4.51	2.20	0.28	14.85	29.17	171.50	148.36	86.61
G6	14.41	4.13	1.96	0.29	12.94	27.59	112.85	99.34	88.05
G7	16.87	3.94	1.81	0.23	10.00	31.50	137.01	124.73	90.86
G8	19.86	5.06	2.60	0.25	10.20	26.35	205.11	179.47	87.50
G9	18.39	4.79	2.48	0.26	14.35	34.13	210.46	188.65	89.63

	LG mm	AG mm	GG Mm	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G g	V100G cc	RP/V g/cc
G1	11.59	5.78	4.25	0.50	0.37	0.73	20.70	28.95	0.72
G2	12.01	6.81	4.71	0.57	0.39	0.69	25.75	37.95	0.68
G3	16.57	7.61	4.84	0.47	0.30	0.64	38.87	59.15	0.66
G4	14.65	7.93	4.76	0.54	0.32	0.60	41.00	59.50	0.69
G5	13.76	7.69	5.08	0.56	0.37	0.66	36.04	53.54	0.68
G6	13.88	7.43	4.76	0.54	0.35	0.64	30.52	46.44	0.66
G7	13.34	9.46	4.79	0.71	0.36	0.51	41.03	63.35	0.65
G8	14.92	6.81	6.81	0.46	0.46	1.00	69.25	123.50	0.56
G9	14.15	8.22	7.18	0.58	0.51	0.87	41.27	58.79	0.70

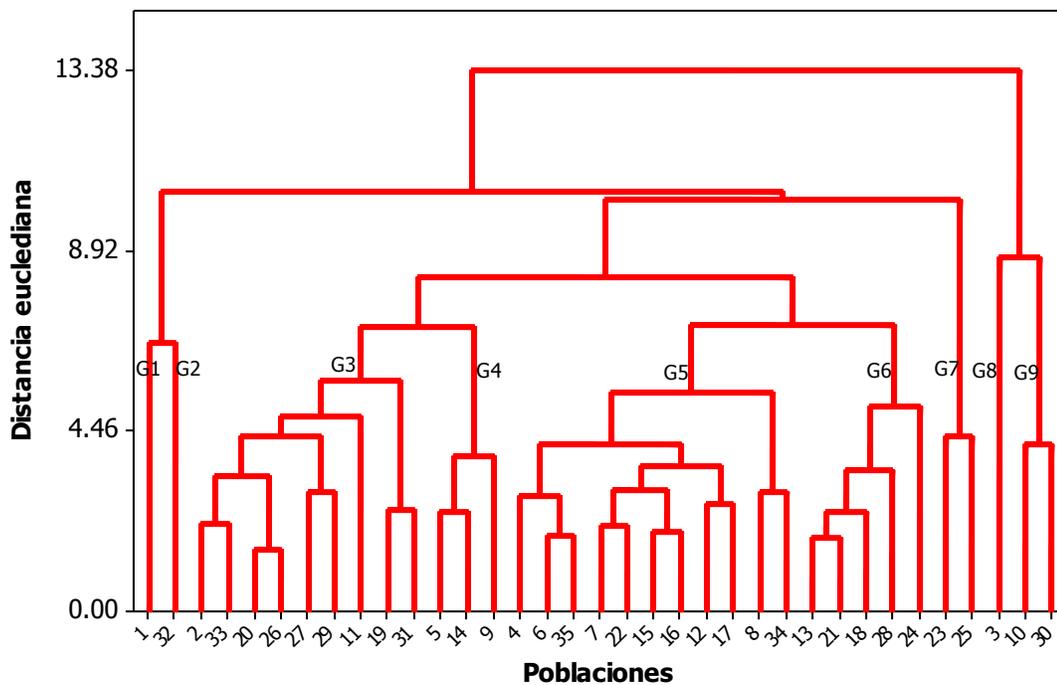


Figura 1. Dendrograma para la clasificación de 35 poblaciones de Maíz del Estado de México.

La Figura 2, muestra el diagrama de dispersión de las poblaciones (Distancia de Mahalanobis), la cual permite distinguir las poblaciones que están fuera de tipo. En este estudio la población 3 (Cacahuacintle) presentó valores similares de AG (6.81 mm) y GG (6.81 mm) y fue la de mayor P100G (69.25 g) y el más alto valor en V100G (123.5 cc), con respecto a las demás poblaciones, sin embargo se encuentra dentro del rango de los datos normales. El diagrama también permitió distinguir que la población 32 (Mushito), está muy cerca del límite de fuera de tipo (6.437), debido a que presentó bajos promedios para todas las variables.

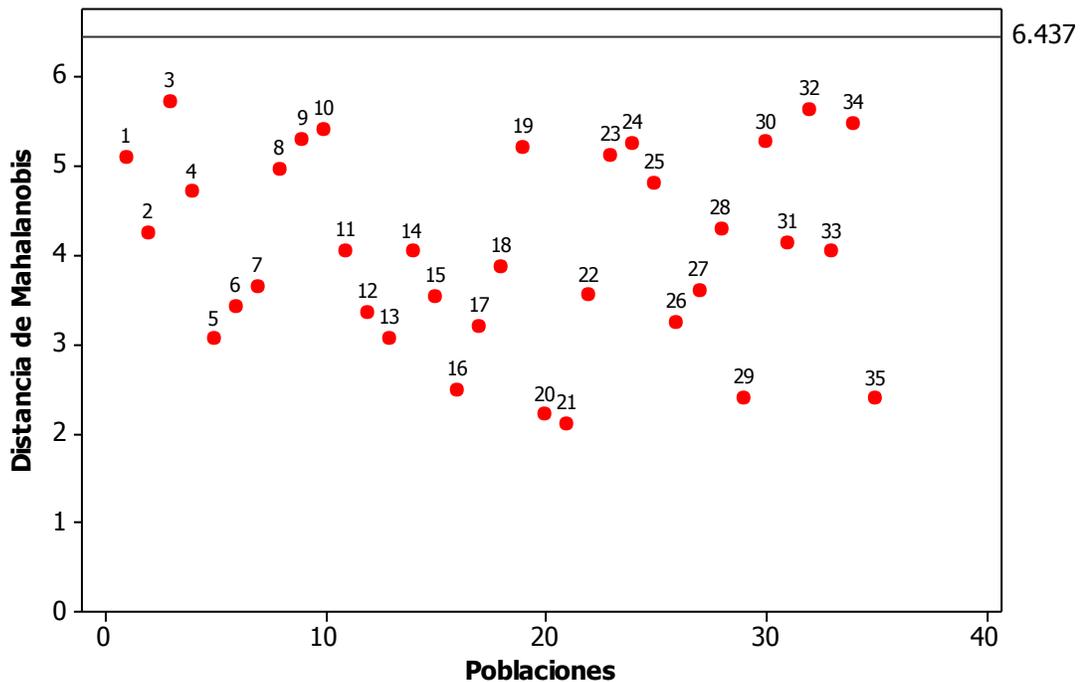


Figura 2: Diagrama de dispersión de 35 poblaciones para valores atípicos

Con respecto a la distribución de las cargas de las variables la Figura 3, muestra que las variables: DM, PG10%H y PM10%H presentaron vectores de mayor longitud lo que significa que son las de mayor peso del primer componente (Cuadro 7). Con respecto al segundo componente, las variables GG, GG/LG y GG/AG. Presentaron mayor longitud del vector, siendo las de mayor peso en cuanto a este componente. Además en esta gráfica se observa que las variables que presentaron mayor correlación son: PM10%H con PG10%H (0.954**), también P100G con V100G (0.971**) en el CP1. En el CP2 las variables más correlacionadas son GG con GG/AG (0.80**) y GG con GG/LG (0.758**). Los datos se presentan en Apéndice.

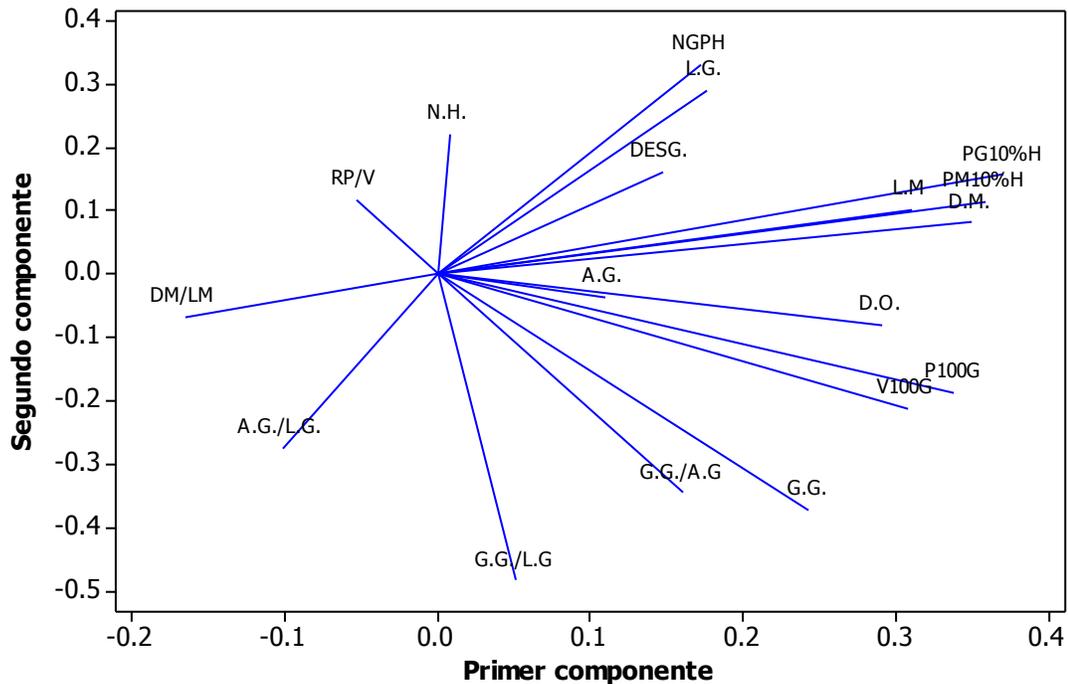


Figura 3: Cargas de la distribución de las variables, con su peso sobre los componentes principales.

En el Cuadro 8, se presentan los cinco primeros componentes principales los cuales presentaron valores propios mayores a la unidad. Los componentes con valor propio arriba de 1.0 son más relevantes, mientras aquellos con valores bajos describen una variación incidental. Estos cinco valores propios explicaron el 85.3% de la variación total (proporción acumulada %). Los coeficientes de los vectores con los valores más altos representan a las variables que separan a las poblaciones en grupos definidos (Sánchez, 1993). En el CP1, las variables con mayor peso fueron: PG10%H (0.371) y PM10%H (0.359) y DM (0.349). En el CP2 las variables de mayor importancia fueron: GG/LG (-0.485) y GG/AG (-0.346).

Algunas de estas variables también se seleccionaron por Rocandio *et al.* (2014) determinado que éstas contribuyeron mayormente a la variación explicada por los dos primeros componentes principales.

El uso de la semilla está asociado con el tipo de agricultura; en las regiones con la agricultura de transición de 80 a 100% de los agricultores usan fundamentalmente semilla criolla. Herrera *et al.*, (2002), señalan que los productores seleccionan la mazorca para semilla después de concluída la cosecha (77.8%).

Respecto a las características de la mazorca (81.2%) los agricultores seleccionan sus semilla en función del tamaño (LM), seguida de sanidad (69.2%), diámetro de mazorca (38.0%), numero de hileras (36.9%), y otras (12.4%). Las variables (LM, DO, NH), consideradas por los agricultores presentaron altos coeficientes en los dos primeros componentes estudiados.

Cuadro 8. Coeficientes de vectores y valores propios del análisis de componentes principales y proporción de la variación explicada y acumulada.

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
L.M.	0.310	0.103	0.235	-0.131	0.094
D.M.	0.349	0.081	-0.166	0.020	-0.221
D.O.	0.291	-0.080	-0.244	-0.157	-0.034
DM/LM	-0.165	-0.069	-0.414	0.169	-0.295
N.H.	0.008	0.220	-0.389	-0.346	-0.195
NGPH	0.173	0.332	0.162	-0.199	0.170
PM10%H	0.359	0.115	-0.060	-0.075	-0.300
PG10%H	0.371	0.157	0.001	-0.121	-0.117
Desgr.	0.147	0.163	0.184	-0.162	0.518
L.G.	0.176	0.289	-0.130	0.344	0.012
A.G.	0.109	-0.037	0.429	0.098	-0.443
G.G.	0.243	-0.373	-0.084	-0.094	0.025
AG/LG	-0.102	-0.276	0.394	-0.220	-0.286
GG/LG	0.051	-0.485	0.003	-0.307	0.028
GG/AG	0.161	-0.346	-0.314	-0.113	0.320
P100G	0.338	-0.187	0.081	0.227	-0.036
V100G	0.307	-0.213	0.052	0.321	0.057
R P/v	-0.053	0.117	-0.002	-0.526	-0.169
Valor propio	5.9828	3.4417	2.9996	2.2700	1.1819
Proporción (%)	33.20	18.00	16.30	11.80	5.90
Acumulada (%)	33.20	51.30	67.60	79.30	85.30

En la Figura 4. Se observa la distribución de las poblaciones con respecto a los dos primeros componentes principales, los cuales explican en conjunto el 51.30% de la variación contenida en las 18 variables de mazorca y grano. Las características PG10%H, PM10%H y DM tuvieron un alto peso positivo sobre el CP1, Por lo tanto, las poblaciones 3, 10, 14 y 29 que mostraron altos promedios para estas variables, se ubicaron en la parte positiva del primer componente; las poblaciones 32, 1, y 28 mostraron bajos valores para estas características se ubicaron en el lado negativo del primer componente. En el CP2, las características GG, GG/LG y GG/AG, fueron las de mayor peso y corresponde a las poblaciones 3, 10 y 30, que se encuentran en la parte negativa del CP2 presentando los más altos valores para estas variables; en contraste las poblaciones 11 y 19 presentaron bajos valores para estas variables y se ubican en el lado positivo del CP2.

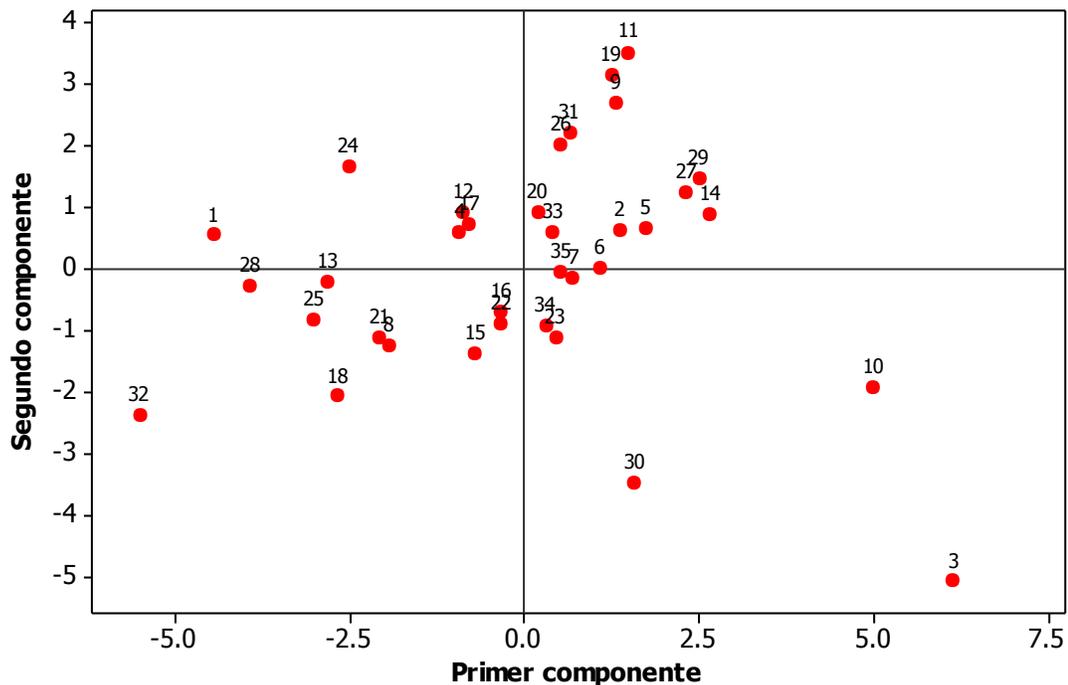


Figura 4: distribución de las 35 poblaciones.

Al efectuarse el estudio de la diversidad de los grupos raciales en el estado de México, se documentó la localización geográfica y las condiciones de producción y usos en general de los sistemas agrícolas de los custodios. Con los datos de las coordenadas geográficas de las parcelas (Cuadro 9), se elaboró el Mapa de distribución de las poblaciones de maíz (Figura 5).

Cuadro 9. Relación de razas y ubicación geográfica de las parcelas de conservación *in situ*.

Población	raza	Municipio	Latitud N 00°00'00"	Longitud O 00°00'00"	Altitud Msnm
1	2				
1	Palomero T*	Otzolotepec	19 26 18.9	99 32 02.2	2606
2	Arrocillo	Chalqueño	19 13 20.5	99 47 07.01	3025
3	Cacahuacintle	Villa Victoria	19 19 34.9	99 58 05.8	2750
4	Cónico	Chalqueño	19 26 25.93	99 33 07.61	2606
5	Cónico	Celaya	19 28 37.6	99 38 56.7	2607
6	Cónico	Chalqueño	19 27 09.31	99 33 15.19	2642
7	Cónico	Temoaya	19 25 58.5	99 35 59.7	2647
8	Cónico	Chalqueño	19 26 53.71	99 34 02.82	2616
9	Cónico	Pepitilla	19 59 49.16	100 05 31.17	2443
10	Cónico	Vandéño	19 57 24.76	100 05 57.37	2561
11	Cónico	Pepitilla	19 59 04	100 04 31	2383
12	Cónico	Chalqueño	19 26 10.94	99 32 10.67	2598
13	Cónico	Otzolotepec	19 26 34.43	99 31 24.51	2625
14	Cónico	Otzolotepec	19 24 46.96	99 32 26.44	2581
15	Cónico	Otzolotepec	19 28 41.52	99 33 35.28	2812
16	Cónico	Chalqueño	19 19 51.5	99 57 45.7	2728
17	Cónico	Temascalcingo	19 59 09.6	100 04 28	2398
18	Cónico	Otzolotepec	19 26 05.12	99 32 17.84	2600
19	Cónico	Acambay	20 01 31.81	100 02 07.06	2602
20	Elotes Cónicos	Temascalcingo	19 57 31.74	100 06 24.9	2634
21	Elotes Cónicos	Temascalcingo	19 58 00	100 06 02	2587
22	Elotes Cónicos	Otzolotepec	19 25 24.79	99 32 52.98	2587
23	Tabloncillo	Acambay	20 01 08	100 01 31	2647
24	Tabloncillo	Temascalcingo	19 57 20.52	100 06 24.31	2206
25	Tabloncillo	Temascalcingo	19 57 46.6	100 05 58.69	2632
26	Cónico Norteño	Amanalco	19 18 42.3	99 58 16.4	2780
27	Cónico Norteño	Acambay	20 00 35.9	100 02 58	2552
28	Cónico Norteño	Polotitlán	20 13 58	99 47 46	2311
28	Cónico Norteño	Temascalcingo	19 59 46.92	100 05 31.17	2442
30	Bolita	Temascalcingo	19 58 01.64	100 02 33.3	2370
31	Bolita	Temascalcingo	19 59 45.72	100 05 29.73	2436
32	Mushito	Zinacantepec	19 16 57.6	99 50 48	3075
33	Mushito	Elotes Cónicos	19 18 29.1	99 51 09.03	2952
34	Mushito	Elotes Cónicos	19 19 19.2	99 58 03.9	2763
35	Mushito	Elotes Cónicos	19 59 42.4	100 04 05.9	2380

Palomero T* = Palomero Toluqueño.

La localización geográfica de las parcelas permitió elaborar el mapa de la distribución de las razas de maíz evaluadas *in situ* en el estado de México (Figura, 5). Las razas de maíz se distribuyen en ocho municipios.

Las accesiones de maíz Cónico se localizan: en los Municipios de Acambay, Ocotlán, Temascalcingo, Temoaya. En los Municipios de Acambay, Villa Victoria y Zinacantepec se localizan las accesiones de Mushito y Mushito x Elotes Cónicos.

En el Municipio de Zinacantepec la accesión Arrocillo x Chalqueño. Las accesiones de Cónico Norteño se localizan en los Municipios de Acambay, Amanalco, Polotitlán y Temascalcingo. La accesión Cacahuacintle se localiza en el Municipio de Villa Victoria. La accesión Palomero Toluqueño se ubica en el Municipio de Ocotlán. En el Municipio de Temascalcingo se encuentra las accesiones de la raza Bolita. Las accesiones de Tabloncillo se encuentran en el Municipio de Acambay y Temascalcingo. Las accesiones Elotes Cónicos se encuentran en los Municipios de Ocotlán, y Temascalcingo

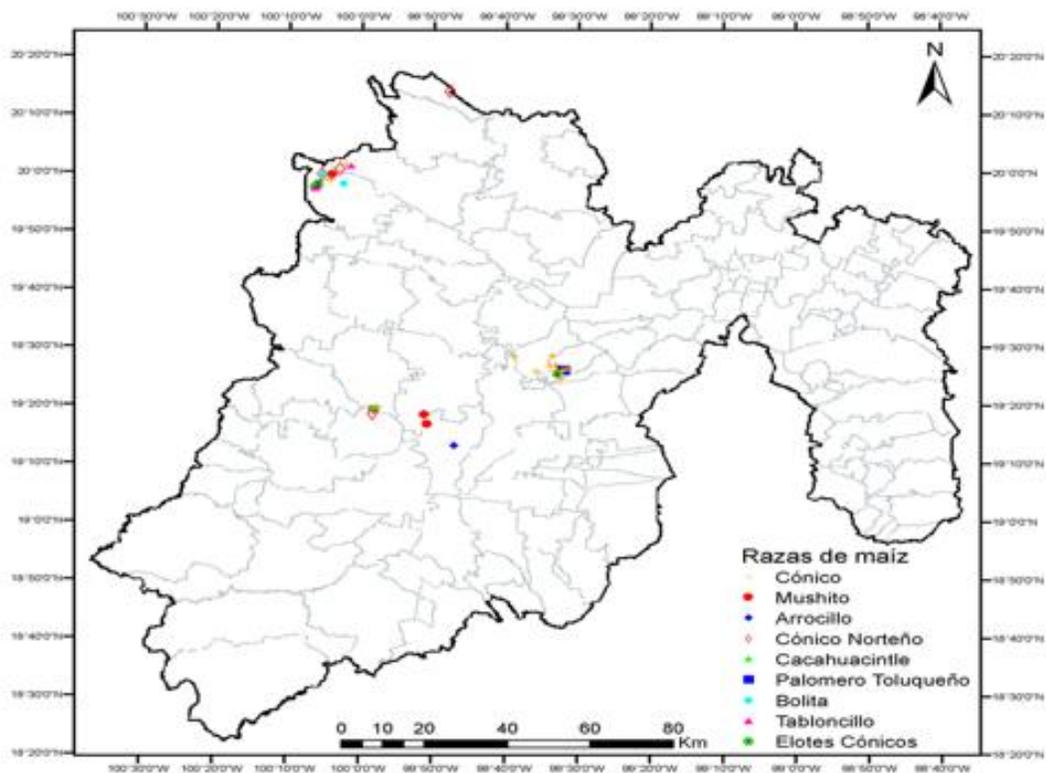


Figura 5: Distribución de razas de maíz en el estado de México

Fuente: Informe Final Proyecto SINAREFI-UAAAN BEI-AGRO-12-46.

En el Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíces Mexicanos (BNGPMM), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se conservan 2,100 colectas de las cuales se han caracterizado en plantas y mazorcas 255 parcelas de conservación *in situ* registrándolas como accesiones representando alrededor de 30 razas, de las cuales se muestran en la Figura 6, nueve de ellas provenientes de 35 poblaciones que se clasificaron en el presente estudio.



Figura 6. Poblaciones representativas de nueve razas de maíz del estado de México.

CONCLUSIONES

De la información obtenida en la caracterización de mazorca y grano y el análisis de 35 poblaciones provenientes de parcelas de conservación *in situ* en el estado de México, atendidas por el propio custodio de la raza y bajo las condiciones climatológicas prevalecientes en cada región se llegó a las siguientes conclusiones:

- De las características cualitativas evaluadas las que brindaron mayor información fueron: tipo de grano por la variabilidad que existe entre las poblaciones para esta característica, encontrando que la población Palomero presenta tipo de grano cristalino y Cacahuacintle presenta tipo de grano harinoso que son característica de sus raza, en las demás razas se presentó una variación del tipo de grano que va desde dentado, semidentado, semicristalino o semiharinoso. Con respecto al color del grano Elotes Cónicos, Bolita y Mushito presentaron colores de grano que van desde negro a morado, los cuales debido al contenido de pigmentos presentan buena potencial para la extracción de antocianinas.
- En cuanto al análisis de conglomerados con las 35 poblaciones se formaron nueve grupos, de los cuales, la raza Palomero Toluqueño (G1) y la Mushito (G2), representan mazorcas de menor longitud como también un bajo P100G y V100G. En el grupo (G3), quedaron la mayoría de Cónico Norteños que destacan en longitud de grano. En el grupo (G4) se encuentran los Cónico que tienen mayor LM, y en el grupo G5 se encuentra la mayoría de los Cónicos presentando valores intermedios. El grupo (G6) fue el más diverso al estar constituido por cuatro razas diferentes. En el grupo 7 (G7), se encuentran las dos poblaciones de

Tabloncillo las cuales se caracterizan por un bajo NH El grupo (G8), quedó constituido por la raza Cacahuacintle que tiene características particulares como alto P100G y V100G. Finalmente se puede mencionar que el grupo G9 se caracteriza por tener altos promedios para PM10%H y PG10%H.

- En el análisis de componentes principales, el diagrama de dispersión donde se utiliza la distancia de Mahalanobis permitió observar que las poblaciones no presentaron valores atípicos. Con los dos primeros componentes principales se explicó el 51.30% de la variación total de los datos. Las características PG10%H, PM10%H y DM tuvieron un alto peso positivo sobre el CP1, observando una alta correlación positiva y altamente significativa entre las variables PM10%H con PG10%H, también entre las variables P100G con V100G en el CP1. En el CP2 las características GG, GG/LG y GG/AG, fueron las de mayor peso; y se observó una correlación positiva altamente significativa entre las variables GG con GG/AG y GG con GG/AG.

REFERENCIAS

- Aguilera, M., M.C. Reza, R.G. Chew y J.A. Meza. 2011. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas de la Salud*. V. XIII: 16-22.
- Anderson, E. and H. Cutler. 1942. Races of *Zea mays*. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Garden*. 21: 69-88.
- Bedoya, C., V. Chávez. 2010. Teocintle el ancestro del maíz. *Revista. Claridades Agropecuarias*. No. 201.
- Benson, L. 1962. Teocinte and the origen of maize. *J. Heredity* 30:245-247.
- Carrera, J., J. Ron, A. A. Jiménez, M. M. Morales, R. Medrano, L. Sahagún y J. T. Díaz. 2012. Razas de Teocintle en Michoacán; Su origen, distribución y caracterización morfológica. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. De México.
- CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 2015. Banco de Germoplasma. Disponible en: <http://www.cimmyt.org/es/banco-de-germoplasma>.
- CONABIO. 2009. El Maíz en México. Biodiversidad Mexicana. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/maiz.htm>
- CONABIO. 2010. Tabla descriptiva de razas de maiz en México. Proyecto Global de Maices Nativos.
- CONABIO. 2011. Razas de maíz de México. Biodiversidad Mexicana. Disponible en www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/razas2012.html
- Crossa, J., K. Basford, S. Taba, I. Delacy and E. Silva (1995). Three-mode analyses of maize using morphological and agronomic attributes measured in multilocation trials. *Crop Sci*. 35:1483-1941.

- Espinoza Banda, A. 2007. Germoplasma criollo en el programa de mejoramiento de maíz de la UAAAN Unidad Laguna. *In*: Primera reunión de mejoradores de variedades criollas de maíz en México. Memoria. Exhacienda Nazareno, Xoxocotlán, Oax. 22 y 23 de Septiembre.
- ESRI. 2010. Arc Map 10.0.3 Environment System Research Institute. ESRI. Inc.
- Fernández, R., L. Morales y A. Gálvez. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Rev. Fitotec. Méx.* 36: 275-283.
- Font-Quer, P. 1979. Diccionario de Botánica. Labor, S.A. México. 1244 p.
- González, M., N. Palacios, A. Espinoza y C. Bedoya. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Rev. Titotec. Mex.* 36: Supl. 3-A: 329-338.
- Garduño. 1998. El origen del maíz. Revista virtual gastronómica. Disponible en http://www.uaemex.mx/Culinaria/primer_numero/maiz.html
- Gutiérrez, O. 1998. Derivados del maíz y su aplicación en cosméticos. *In*: Primer taller de especialidades de maíz. Memorias. 26 y 27 de Noviembre. Chapingo, Edo. De México.
- Hellin, J., A. Keleman. 2013. Las variedades criollas del maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. Publicado en InfoAserca. 1-6 p.
- Herrera, B.E, A. Macías, R. Díaz, M. Valadez y A. Delgado. 2002. Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para selección de semilla de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 25: 17-23.
- IBPGR. 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Roma, Italia.
- Jhon Freddy. 2008. Botánica. EL MAÍZ. Disponible en: <http://f10freddy10.blogspot.mx/2008/09/botanica.html>
- Johnson, E.D. (2000). Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. New York, U.S.A.

- La Enciclopedia de los municipios del estado de México. 1999. Editada y copilada por el INAFED. Centro Nacional de Desarrollo Municipal. Gobierno del estado de México.
- López, S., G. García y B. Ibarra. 2012. El maíz (*Zea mays* L.) y la cultura maya. Revista de Ciencias Básicas de la Salud. Vol. XIV No. 3.
- Minitab, Inc. (2009). Minitab Statistical Software, Versión 16 para Windows, State College, Pennsylvania. Minitab® es una marca comercial registrada de Minitab, Inc.
- Muñetón, P. 2009. La importancia de proteger el maíz como un bien común. Revista UNAM.mx. Vol. 10: 1-4.
- Padrón, E., I. Méndez, A. Muñoz, J.L. de la Riva y M. Torres. 2010. Análisis de conglomerados en el estudio de siete razas de maíz. Memorias del XXXI Encuentro Nacional de la AMIDIQ. 4 al 7 de mayo del 2010. Huatulco Oaxaca, México.
- Polanco, J. y A. T. Flores. 2008. Bases para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México DF. 246 p.
- Ranere A, Piperno D, Holst I, Dickau I, and Iriarte J (2009). The cultural and chronological context of early Holocene maize and squash domestication in the Central Balsas River Valley, Mexico. Proc Natl Acad Sci U S A. 106(13): 5014 –5018.
- Revilla, P. and W.F. Tracy. 1995. Morphological characterization and classification of open-pollinated sweet corn cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 112-118.
- Rice, E.B., M.E. Smith, S.E. Mitchell, and S. Kresovich. 2006. Conservation and change: A comparison of *in situ* and *ex situ* conservation of Jala maize germoplasm. Crop Sci. 46: 428-436.
- Rincón S., F., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. 2010. Diversidad y Distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo, Méx.

- Rocandio, M., A. Santacruz, L. Córdova, H. López, F. Castillo, R. Lobato, J. García y R. Ortega. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Rev. Ritotec. Mex.* 37: 351-361.
- Ruiz, J.A., J.J. Sánchez, J.M. Hernández, M.C. Willcox, G. Ramírez, J.L. Ramírez y D.R. González. 2013. Identificación de razas mexicanas de maíz adaptadas a condiciones deficientes de humedad mediante datos biogeográficos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 829-842.
- Sánchez G., J.J., M. M. Goodman and J.O. Rawlings 1993. Appropriate Characters for racial Classification in maize. *Econ. Bot.* 47:44-59.
- Sánchez, J.J. 1995. Análisis biplot en clasificación. *Rev. Fitotec. Mex.* 18: 188-203.
- Sánchez J.J, M.M. Godman and C.W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Econ. Bot.* 42: 59-63.
- Salinas, Y., F.J. Cruz, S.A. Diaz y F.Castillo. 2012. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, Características Físicas, Contenido de Antocianinas y Valor Nutracéutico. *Rev. Fitotec.Mex Vol.35 No.1*
- SIAP, Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera. 2006. Estadística Básica Agrícola.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2011). Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&Itemid=2015.
- SIAP, Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera (2013). Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- SNICS-CP 2009. Manual Grafico para la Descripción Varietal de maíz (*Zea maíz L.*), servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Colegio de Postgraduados (CP), SAGARPA.
- SNICS-SAGARPA 2009. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y alimentación (SAGARPA).

- Soleri, D. and S.E. Smith. 1995. Morphological and phenological comparisons of two Hopi maize varieties conserved *in situ* and *ex situ*. *Economic Botany* 49: 56-77.
- St. Clair, B. 2008. Strategies for management and conservation of forest genetic resources in the face of climatic change. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética (SOMEFI). Del 21 al 26 de Septiembre de 2008. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Taba, S., S. E. Pineda and J. Crossa (1994). Forming core subsets from Tuxpeño race complex. In: S. Taba (Ed.). *The CIMMYT maize germoplasm bank: Genetic resource preservation, regeneration, maintenance, and use*. CIMMYT Maize Program Special Report, México, D.F. México. Pp.182-207.
- Valladares, C. 2010. *Taxonomía y Botánica de los cultivos de grano*. Universidad Nacional Autónoma de Honduras centro universitario regional del litoral Atlántico (CURLA), departamento de producción vegetal asignatura cultivos de grano Sección 10:01
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X., en colaboración con P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México. Su Origen, Característica y Distribución. Folleto Técnico N° 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. 237 p.
- Wiley, E. O. (1981). *Phylogenetics; The theory and practice of Phylogenetics and systematics*. John Wiley, New York. U.S.A.