

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Diversidad Morfológica en 36 Poblaciones Pertenecientes a Siete Razas de Maíz
del Estado de Puebla

Por:

YESICA YAZMÍN HERNÁNDEZ GUZMÁN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Diversidad Morfológica de 36 Poblaciones Pertenecientes a Siete Razas de Maíz
del Estado de Puebla

Por:

YESICA YAZMÍN HERNÁNDEZ GUZMÁN

TESIS

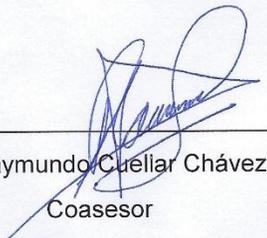
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

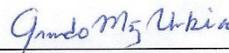
Aprobada por el Comité de Asesoría:



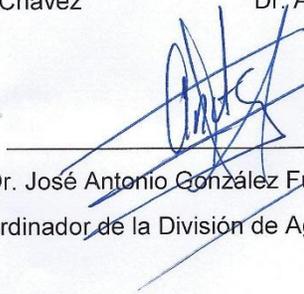
M.C. Ma. Cristina Vega Sánchez
Asesor Principal



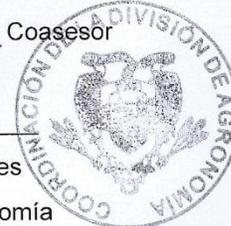
Ing. Raymundo Cuellar Chávez
Coasesor



Dr. Armando Muñoz Urbina
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme la vida y poner en mi camino a una madre maravillosa y un padre comprensivo.

A mi **Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas para realizar mis estudios de licenciatura a través de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Producción.

A la **M.C María Cristina Vega Sánchez** por darme la oportunidad de realizar este trabajo a su lado, por brindarme asesoría, apoyo, paciencia, dedicación, tiempo y su amistad.

Al **Dr. Armando Muñoz Urbina** por haberme apoyado a realizar este trabajo por su tiempo, apoyo, aclarar mis dudas, dedicación y orientación para realizar este trabajo.

Ing. Raymundo Cuellar Chávez por el apoyo que me dio para la realización de este trabajo, asesoría y tiempo.

A mi esposo **Erik Giovanni Tovilla Díaz** por su apoyo incondicional en cada momento, paciencia, amor, consejos, por creer en mí y sobre todo por el sacrificio que hizo para que yo concluyera esta etapa de mi vida, por ser el mejor padre y esposo. Gracias amor.

A mis amigos que estuvieron a lo largo de mis estudios por su apoyo y cariño **Leandy, Graciela, Jhona, Chaparro, Chucho, Amacalli, Edgar Levi, Flor y Rodrigo.**

A mis amigas **Lorena y Berenice** por su cariño, apoyo y el tiempo de amistad que me brinda.

DEDICATORIAS

Dedicado en memoria de mi madre †**María de la Luz Guzmán Hernández** por ser el mayor ejemplo de vida que pude tener y de admiración por su fortaleza, la lucha que tenía día a día con su enfermedad y a pesar de eso nunca rendirse al igual el apoyo incondicional que siempre me brindo ah cada momento, la confianza, amor, consejos, regaños y sobre todo por creer en mí y darme la oportunidad de iniciar este meta juntas aunque no la concluyeras con migo siempre estarás presente en todos los momentos de mi vida gracias madre mía.

En memoria de mi tía †**Martina Chávez Hernández** por ser una segunda madre para mí y brindarme su apoyo incondicional, cariño, consejos, regaños y ser mi madrina desde el kínder hasta la universidad y estar en cada momento de mi vida gracias por toda tía Martina.

A mi padre **Raúl Hernandez Barreto** por su amor, apoyo y confianza para concluir mis estudios y estar en los momentos más difíciles de mi vida gracias por todo padre.

A mi tío **Jaime Guzmán Hernández** por su apoyo incondicional, cariño y confianza por creer en mí y ayudarme a concluir mis estudios gracias tío.

A mis hijos **Erik Darío Tovilla Hernández** y **María Daniela Tovilla Hernández** por darme una razón para vivir y ser la luz que ilumina mis días, por sus sonrisas, amor y berrinches que me hicieron para no tirar la toalla y ser mejor persona para ustedes los amo.

A mis abuelos **María Guadalupe Hernández Meza** y **Guadalupe Chávez Chávez, Espiridion Hernández Jiménez** y **María de Jesús Barreto Jiménez** por su apoyo incondicional y cariño brindado en cada momento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Importancia del maíz en México.....	3
Usos del maíz.....	3
Clasificación taxonómica del maíz.....	4
Sistemática y morfología.....	4
Aspectos generales sobre las razas de maíz y sus categorías.....	7
Agrupamiento de las razas de maíz en cinco categorías.....	8
Breve descripción de las razas de maíz en el presente estudio.....	10
Conservación <i>in situ</i>	14
Conservación <i>ex situ</i>	15
Bancos de germoplasma.....	15
Importancia de la caracterización de las poblaciones.....	16
Análisis de conglomerados.....	16
Análisis de componentes principales.....	17
Descripción de los municipios de Puebla.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS	24
Material genético.....	24
Caracterización de las poblaciones de maíz.....	24
Análisis multivariados.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
Características cualitativas de las poblaciones de maíz.....	30
Características cuantitativas de las poblaciones.....	30
Análisis de conglomerados.....	35
Análisis de componentes principales.....	38
Localización geográfica de las parcelas de conservación <i>in situ</i>	41
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	45
APÉNDICE	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Poblaciones correspondientes a 36 accesiones evaluadas en el estado de Puebla.....	25
Cuadro 2.	Características cuantitativas evaluadas en las 36 poblaciones de maíz.	26
Cuadro 3.	Características cualitativas evaluadas en las poblaciones de maíz.	31
Cuadro 4a.	Promedios de características cuantitativas de la mazorca de 36 poblaciones de maíz.	32
Cuadro 4b.	Promedios de características cuantitativas del grano de 36 poblaciones de maíz.....	34
Cuadro 5.	Medias de seis grupos formados a un nivel de distancia de 6.574 del análisis de conglomerados para las 16 variables evaluadas.	37
Cuadro 6.	Valores y vectores propios para los tres primeros componentes principales de 16 variables evaluadas en 36 poblaciones de maíz.	38
Cuadro 7.	Razas y ubicación geográfica de 36 parcelas de conservación <i>in situ</i> , estado Puebla.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de las siete regiones que comprenden el estado de Puebla.	19
Figura 2.	Dendograma para la clasificación de 36 poblaciones de maíz basada en caracteres morfológicos de mazorca y grano.	36
Figura 3.	Distribución de 16 variables cuantitativas y su relación con el peso de los vectores sobre los dos primeros componentes.	39
Figura 4.	Agrupación de poblaciones de maíz del estado de Puebla en base a los dos primeros componentes principales.	40
Figura 5.	Ubicación geográfica de los municipios de origen de las 36 poblaciones evaluadas.	41

APÉNDICE

Anexo 1.	Fotografías de las 36 poblaciones de maíz evaluadas en el estudio.	50
Anexo 2.	Relación de razas de maíz y custodios de la región Mixteca del estado de Puebla, cooperantes en el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos.	53
Anexo 3.	Valores de distancia euclidiana y pasos de enlace para las 36 poblaciones y 16 variables, método enlace completo.	54
Anexo 4.	Valores de correlación fenotípica entre las variables consideradas en el análisis de componentes principales.	55

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante de México por su contribución a nivel alimentario e industrial, por esta razón es importante estudiar la diversidad local presente en las áreas rurales del país. En el presente trabajo se estudiaron *in situ* 36 poblaciones de maíz originadas de una recolección sistemática en la región Mixteca del estado de Puebla, las accesiones se localizan actualmente en el Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México (BNGPMM) con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ésto con la finalidad de conservar de manera *ex situ* dichos materiales. Los objetivos de esta investigación comprenden: a) caracterizar morfológicamente los maíces nativos presentes en 10 municipios del estado de Puebla para su aprovechamiento en el mejoramiento genético actual y futuro. b) determinar el grado de diversidad y distribución geográfica de las razas nativas de maíz en 10 municipios del estado de Puebla.

En colaboración con los productores (custodios) durante el ciclo P-V 2008 se establecieron parcelas con cada una de las 36 poblaciones representativas de siete razas de maíz (Cónico, Pepitilla, Ancho, Elotes Cónicos, Vandeño, Olotillo y Tuxpeño) y dos Mezclas Varietales. Durante la cosecha en cada parcela de conservación *in situ* se seleccionaron plantas de maíz con competencia completa, de las cuales se tomaron 20 mazorcas para realizar la caracterización. Se evaluaron cuatro características cualitativas y 16 variables cuantitativas de mazorca y grano, con los datos obtenidos de la caracterización, se efectuó un análisis de conglomerados y componentes principales.

De los resultados obtenidos para las variables cualitativas, de tipo de grano, las razas Ancho y Elotes Cónicos tuvieron tipo harinoso y semiharinoso respectivamente, mientras que en el resto de las razas predominó el tipo dentado. La raza Olotillo tuvo color de grano amarillo, mientras que la de Elotes Cónicos mostró color azul y un alto porcentaje de la colectas presentó color blanco.

El análisis de conglomerados detectó una gran diversidad entre las poblaciones y permitió identificar seis grupos, de los cuales el G5 formado por las poblaciones 11, 12, 13 y 14 (Cónico x Pepitilla) tuvieron los más altos promedios para longitud de mazorca (L.M.=15.8 cm), número de hileras (N.H.= 13.2) y peso de mazorca al 10% de humedad (PM10%H= 206.5 g) y peso de grano al 10% de humedad (PG10%H= 177.83 g). El G6 incluyó a la población 22 (Ancho) que por su tamaño de semilla obtuvo los más altos promedios para peso de 100 granos (P100G= 62.26 g) y volumen de 100 granos (V100G= 112.0 cc). En el análisis de componentes principales con los dos primeros componentes se explicó el 62.1% de la variación total de los datos. En el primer componente las variables con mayor influencia para explicar la variación observada fueron: P100G, V100G y PM10%H y las variables ancho de grano (A.G.), ancho de grano/ longitud de grano (AG/LG) y N.H. en el segundo componente. Además se observó una correlación positiva y altamente significativa entre P100G y V100G ($r=0.995^{**}$) y una correlación negativa y altamente significativa entre A.G. y N.H. ($r= -0.685^{**}$). De las 36 poblaciones estudiadas en 10 municipios del estado de Puebla, las más sobresalientes fueron las del G5 que se ubican en el municipio de Totoltepec de Guerrero y la del G6 que se localiza en el municipio de Albino Zertuche.

Palabras Clave: *Zea mays* L., Razas de maíz, Caracterización, Análisis multivariado.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es por mucho el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario como industrial, político y social. Actualmente, el maíz constituye el tercer cereal más cultivado en el mundo, después del trigo y el arroz es la base de la alimentación de muchos países.

En el continente americano se han reportado unas 300 razas de maíz de las cuales 64 (29%) se han identificado y descrito en su mayoría, para México, 59 se pueden considerar nativas y cinco que fueron descritas inicialmente en otras regiones pero que también se han colectado o reportado en el país (Serratos, 2009).

Como cultivo el maíz es un sistema dinámico y continuo, su polinización es libre y hay movimiento o flujo de semilla por los agricultores año con año, los cuales mantienen, intercambian y experimentan con semilla propia o de otros, por lo tanto, para clasificar esta diversidad, una aproximación a su estudio y entendimiento ha sido seleccionar los principales granos (tipos o formas) que le caracterizan y a las que se han denominado razas (CONABIO, 2010).

Para el ciclo agrícola de 2017 se utilizó un 77.5% de semilla criolla en el territorio nacional y tan solo un 10.1 % de semilla certificada esto conlleva la importancia de su caracterización (INEGI, 2017). En el estado de Puebla en la región Mixteca se concentran las 36 accesiones de maíz evaluadas en esta investigación, las cuales se encuentran resguardadas en el Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y muestran un amplio rango en altitud y variación climática, abarcan de 861 (municipio de Axutla) a 1855 msnm (municipio de Chila), Estos materiales criollos se siembran en zonas con escasa precipitación y bajo múltiples sistemas de manejo y desarrollo tecnológico (Hernández X. y Alanis, 1970; CONABIO, 2011).

Por otra parte el proceso de caracterización y de evaluación de las razas de maíz son actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, y localizar genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos. Las dos actividades requieren exactitud, cuidado y constancia, e incluyen un componente importante de registro de datos (Jaramillo y Baena, 2000). Por lo tanto, para evaluar la gran diversidad de las poblaciones de maíz existentes en el estado de Puebla se efectuó la presente investigación con los siguientes objetivos:

Objetivos:

- Caracterizar morfológicamente los maíces nativos presentes en 10 municipios del estado de Puebla para su aprovechamiento en el mejoramiento genético actual y futuro.
- Determinar el grado de diversidad y distribución geográfica de las razas nativas de maíz en 10 municipios del estado de Puebla.

Hipótesis

- La descripción de caracteres de mazorca y grano en maíz permiten estudiar la diversidad genética entre los grupos raciales.
- Existe variación entre los grupos formados por poblaciones nativas de maíz reportadas en diferentes regiones del estado de Puebla.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del maíz en México

El maíz es la especie vegetal cultivada de mayor importancia socioeconómica en nuestro país de la cual se tiene una extensa información de tipo agronómico, en cuanto su evolución del volumen de la producción, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2005 fue de 0.8%. (SAGARPA, 2010).

En este cultivo se han obtenido alrededor de 18.2 millones de toneladas en una superficie de 8.5 millones de hectáreas y representa un mayor número de productores, 3.2 millones, en su mayoría ejidales (solo existen 4 millones de productores agrícolas en el país); alrededor del 90 por ciento de la producción es de maíz blanco y se destina al consumo humano (SAGARPA, 2015).

Los estados con mayor producción de maíz son Sinaloa, Jalisco, el Estado de México, Michoacán, Tamaulipas, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Guerrero, de los cuales su producción va a depender de la época del año en que se lleve a cabo (Hidroponía, 2017).

Usos del maíz

El endospermo del grano de maíz es la zona más importante de almacenamiento de los carbohidratos y de las proteínas sintetizadas por esta especie fotosintéticamente eficiente. Si bien la producción de grano es la razón principal del cultivo del maíz, todas las partes de la planta, hojas, tallos, panojas y olotes son utilizadas para diversos fines (Watson, 1988; Fussell, 1992). El maíz es usado en más formas distintas que cualquier otro cereal; las formas principales en que se utiliza es como alimento humano, ya sea doméstico o industrial; alimento para animales y fermentados (FAO, 2010).

El maíz no sólo se utiliza para preparar quesadillas, esquites, tamales o palomitas, sino que es un ingrediente esencial de cerca de cuatro mil productos. Para la fabricación de éstos, se emplean algunos de los subproductos del maíz, como el jarabe, el aceite, la harina o la fécula, por mencionar sólo algunos. Las bebidas dulces, como los jugos o refrescos; la pintura, el papel, la pasta de dientes, y hasta los cosméticos son algunos ejemplos. Además de ello, actualmente con maíz se hace incluso combustible para coches, conocido como bioetanol, que sustituye a la gasolina. Por eso cada vez más extensiones de tierra se dedican al cultivo del maíz para este fin en otros países (SIAP, 2012).

Con respecto al proceso que se hace al grano de maíz cuando llega a la industria depende del destino que se le dará al producto. Los principales procesamientos son: molienda húmeda, molienda seca, obtención de aceite del germen extraído en ambas moliendas y producción de bioetanol. Las industrias que realizan esos procesos demandan granos con determinadas características que son las que maximizan los rendimientos industriales y la calidad del producto obtenido (Izquierdo, 2013).

Clasificación taxonómica del maíz (SAGARPA, 2010)

Reino: *Vegetal*

Familia: *Poacea*

Subreino: *Embriobionta*

Género: *Zea*

División: *Angiospermae*

Especie: *Mays*

Clase: *Monocotyledoneae*

Nombre científico: *Zea mays* L.

Orden: *Poales*

Sistemática y Morfología

El maíz es una planta anual, herbácea, monoica, sus células poseen $2n$ cromosomas (10 pares); presenta gran desarrollo vegetativo, que puede alcanzar hasta 5 m de altura (lo normal son 2 a 2.5 metros), su tallo es nudoso y macizo y lleva de 15 a 30

hojas alargadas y abrazadoras, con 4 a 10 cm de ancho y 35 a 50 de longitud (SAGARPA, 2010).

Raíz

Es el primero de los componentes del embrión que brota cuando la semilla germina. En una planta madura, las raíces pueden profundizar hasta 1,8 m y explorar una superficie en círculo de 2 m de diámetro. En condiciones de clima cálido, la planta de maíz germina a los cuatro días, en el clima medio a los ocho días, en el frío moderado se necesitan 12 días para salir a la superficie del suelo y en las condiciones frías, el maíz germina a los 16 días después de la siembra. El sistema radical de la planta de maíz presenta tres tipos de raíces:

- Las raíces primarias o seminales son emitidas por la semilla, suministran el anclaje y los nutrientes a la plántula; tienen una duración de dos a tres semanas; se reconocen inicialmente por mostrar un grupo de una a cuatro raíces.
- Las raíces adventicias se originan de los nudos que se encuentran debajo de la superficie del suelo y pueden alcanzar hasta dos metros de profundidad; éstas constituyen casi la totalidad del sistema radicular.
- Las raíces de sostén o soporte surgen de los nudos cerca de la superficie del suelo, son las que proporcionan estabilidad a la planta y disminuyen problemas de acame; estas raíces tienen la capacidad de realizar fotosíntesis y de absorber fácilmente el fósforo.

Tallo

Además de cumplir la función de soporte de hojas, flores, frutos y semillas, transporta sales minerales y agua desde la raíz hasta la parte aérea de la planta, así como alimentos elaborados; está compuesto por una epidermis exterior protectora, impermeable y transparente, una pared de haces vasculares por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

Bajo condiciones especiales, como la pérdida de follaje por daños físicos, el tallo puede funcionar como órgano de almacenamiento de nutrientes, especialmente sacarosa, la cual ayuda al llenado del grano. El tallo alcanza su máximo desarrollo

cuando la panoja ha emergido completamente y se ha iniciado la producción del polen.

Hojas

La planta de maíz posee entre 15 y 30 hojas que crecen en la parte superior de los nudos, abrazando el tallo mediante estructuras llamadas vainas. La cara superior de la hoja es pilosa, adaptada para la absorción de energía solar, mientras que la cara inferior, glabra, tiene numerosas estomas que permiten el proceso respiratorio. En la superficie foliar, justo en la unión del limbo con la vaina, existe una proyección delgada y semitransparente que envuelve el tallo llamada lígula, su función es restringir la entrada de agua y reducir las pérdidas por evaporación.

Flores

El maíz es una planta monoica, es decir, presenta en la misma planta, flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula terminal llamada espiga, y las femeninas se reúnen en varias panojas o mazorcas que nacen de las axilas de las hojas del tercio medio de la planta. Las espigas están formadas por glumelas (un par), estambres (tres fértiles) y un pistilo rudimentario. Cada espiguilla posee dos florecillas funcionales y cada una de éstas posee tres anteras productoras de polen. Cuando las condiciones fisiológicas y ambientales lo permiten, las anteras liberan el polen y se produce la polinización, que ocurre casi siempre dos a tres días después de la aparición de los estigmas o cabellos de la mazorca.

En clima cálido, las espigas del maíz liberan polen durante seis días consecutivos y durante todas las horas del día, independientemente de la fecha de siembra. La máxima liberación de polen sucede a los tres días de la dehiscencia; siendo las espiguillas del tercio medio y las últimas del tercio superior, las primeras en soltarlo. Los estigmas presentan máximo crecimiento a las 72 horas de iniciada la antesis. El crecimiento de los estigmas no se afecta con la temperatura y la humedad relativa, pero sí se afecta la cantidad de polen liberado, que necesita entre 27 y 30°C de temperatura y de 52 a 86% de humedad relativa.

Mazorca

Está constituida por el raquis y olote, en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil por lo que el número de hileras de mazorcas es par. Si la flor femenina es fecundada, dará lugar a granos, más o menos duros, lustrosos, de color amarillo, púrpura o blanco; los granos se organizan en hileras que pueden variar entre ocho y treinta filas por mazorca, cada una con 30 a 60 granos, por lo que una mazorca puede tener de 400 a 1000 granos. Toda la inflorescencia femenina está protegida por las brácteas que tienen como función la protección del grano. Cada planta puede tener entre una a tres mazorcas dependiendo de la variedad, la población y las condiciones climáticas.

Grano

El grano de maíz es el fruto de la planta, compuesto por una cariósida que consta de tres partes principales: la pared, el endospermo triploide y el embrión diploide. La cubierta o capa de la semilla, que es la pared del ovario, se llama pericarpio, es dura y debajo de ella se encuentra la capa de aleurona, que le da el color al grano (blanco, amarillo, morado) y que contiene las proteínas. El embrión está formado por la radícula y la plúmula, ubicándose en el escutelo, localizado en la parte inferior del grano, donde va adherido al olote o raquis.

El porcentaje de olote por planta oscila entre 18 y 22% con un índice de grano entre 78 y 82 %. La humedad del grano en la madurez fisiológica es de 30% en las zonas caliente y media, 43% en la fría moderada y 32% en la fría. El periodo vegetativo es de cuatro meses en el clima cálido, seis meses en el medio, ocho en el frío moderado y diez en el clima frío.

Aspectos generales sobre las razas de maíz y sus categorías

Concepto de raza

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 (McClintock *et al.*, 1981).

Las razas se agrupan en grupos o complejos raciales, los cuales se asocian a una distribución geográfica y climática más o menos definida y a una historia evolutiva común (Goodman and Mck Bird, 1977; Sánchez *et al.*, 2000; Ruíz *et al.*, 2008).

En maíz se pueden definir como raza aquellas poblaciones que muestran características bien definidas y comunes, muy semejantes entre ellas y que se comportan de la misma manera siempre. Se ha identificado que muchas de estas razas están asociadas a grupos étnicos con base en el nicho donde se localizan dada la relación que tiene la altitud con el clima, esto ayuda a identificar dónde encontrar estos materiales. En algunos casos no se pueden reportar como razas puras, sino ya modificadas, pero adaptadas a condiciones específicas (Vega, 2008).

De las 64 razas que se reportan para México, 59 se pueden considerar nativas y cinco que fueron descritas inicialmente en otras regiones (Cubano Amarillo, del Caribe, y cuatro razas de Guatemala Nal-Tel de Altura, Serrano, Negro de Chimaltenango y Quicheño), pero que también se han colectado o reportado en el país (Torres, 2016).

Agrupamiento de razas de maíz en cinco categorías

Wellhausen *et al.* (1951)

Razas Indígenas Antiguas

Son aquellas que se cree que se originaron en México del maíz primitivo tunicado, reliquias que, han sido encontradas en Nuevo México. Actualmente se reconocen cuatro de estas razas: Palomero Toluqueño, Arrocillo, Chapalote y Nal-Tel. Todas estas, así como el progenitor primitivo, son maíces reventadores o palomeros.

Todas presentan mazorcas pequeñas y son relativamente precoces, cuando menos en las regiones donde aún se cultivan.

Razas Exóticas Pre-colombianas

Se cree que las razas Exóticas Pre-colombianas fueron introducidas a México de Centro o Sur América durante épocas prehistóricas. Se reconocen cuatro de éstas: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Olotón y Maíz Dulce. Las pruebas de su antigüedad y exotismo se derivan principalmente de dos fuentes. Todas tienen representación en los maíces de Sur América y todas con excepción del Maíz Dulce, han sido progenitores de razas híbridas, algunas de las cuales son de por sí relativamente antiguas.

Razas Mestizas Prehistóricas

Están constituidas por razas que se creó se originaron por medio de hibridaciones entre las razas Indígenas Antiguas y las razas Exóticas Pre-Colombianas y por medio de la hibridación de ambas con un nuevo elemento, el teocintle.

El número de posibles razas híbridas que podrían derivarse directamente por medio de hibridaciones entre los nueve elementos diferentes (ocho razas y teocintle) es de treinta y seis. Hasta ahora solo se han reconocido trece razas de este tipo.

Razas Modernas Incipientes

Componen el cuarto y último grupo de razas bien definidas, son razas que se han desarrollado desde la época de la Conquista y que aún no han alcanzado condiciones de uniformidad racial. En algunos casos el origen de estas razas es en realidad bastante reciente. La raza Celaya, por ejemplo, que es la raza agrícola más importante del Bajío, es todavía bastante variable en muchos aspectos, pero posee ya cierto número de características que hacen que se distinga como una raza, se le cultiva extensamente y su importancia agrícola sigue aumentando.

Razas no Bien Definidas

Se han agrupado aquí, bajo la categoría de razas no bien definidas, aquellas razas o tipos que han sido recolectados y se ha reunido poca información para justificar su

clasificación y la presentación de sus genealogías con un grado suficiente de seguridad.

Breve descripción de las razas de maíz en el presente estudio

Las poblaciones del presente trabajo, pertenecen a seis de las razas clasificadas por Wellhausen *et al.*, (1951), en la categoría de Razas Mestizas Prehistóricas; una (Ancho) clasificada posteriormente y dos mezclas varietales.

Cónico

La raza Cónico, agrupa un conjunto de poblaciones de maíces de mazorca de forma cónica o piramidal, que presentan una amplia variación en color de grano, siendo el más frecuente el blanco, diferentes de amarillo, morados y rojos; en textura de grano son principalmente semicristalinos y semidentados (CONABIO, 2011). Se postula que se originó de la selección a partir de cruce natural de poblaciones de las razas Palomero Toluqueño y Cacahuacintle (Wellhausen *et al.*, 1951).

Se cultiva en las áreas agrícolas de temporal de zonas altas y templadas la Mesa Central, principalmente en los estados de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, desde los 950 hasta arriba de los 3,000 msnm, aunque predomina entre los 1,800 y 2,800 msnm. Esta raza presenta un vigor de emergencia alto y tolerancia al frío por lo que se llega a cultivar hacia las faldas de los volcanes del centro de México (CONABIO, 2011).

Su uso es amplio: tortilla, elotes, antojitos y como forraje. Ha sido empleada como fuente de materiales mejorados de valles altos en México y para ampliar la base genética de maíces mejorados en áreas templadas de otras regiones del mundo.

Elotes Cónicos

Esta raza fue considerada inicialmente como sub raza de Cónico, derivada de ésta con posible introgresión de Cacahuacintle, posteriormente se maneja como raza separada (Ortega y Sánchez, 1989; Sánchez *et al.*, 2000).

Esta raza se caracteriza por sus mazorcas con granos semiharinoso de coloración rojiza a morado o negra pigmentaciones que se presentan en la aleurona (tejido interno del grano) o en el pericarpio. Es característico en esta raza la presencia de un pedúnculo (estructura que conecta a la mazorca con el tallo de la planta) extremadamente pequeño o delgado, lo que da lugar a que los granos cubran prácticamente la base de la mazorca (CONABIO, 2010).

Se cultiva principalmente en la Mesa Central: Estado de México, Michoacán, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y partes altas y frías de Veracruz y en la Mixteca de Oaxaca, a alturas de 1,700 a 3,000 msnm (Aragón *et al.*, 2006; Fernández *et al.*, 2010).

Por sus caracteres de color y textura de grano es muy apreciada para elotes ya que son más dulces y blandos que otros maíces de la raza Cónico con los cuales coincide en su distribución, así como para numerosos antojitos, pinoles y atoles de color. Tiene alto potencial por su alta producción de pigmentos. En la región centro del país está aumentando el uso de estos maíces de color para ofrecer tortillas o antojitos como signos de calidad o novedad (CONABIO, 2010).

Pepitilla

La característica más sobresaliente de esta raza es el grano extremadamente largo, puntiagudo y frecuentemente con "un pico" en su ápice. Su nombre de derivación se usa en los Estados de Morelos y Guerrero, donde se le cultiva generalmente y se refiere a los granos que se asemejan a los de la calabaza, diminutivo de pepita. Adaptado a altitudes intermedias, de 1,000 a 1,700 metros.

Mazorcas medianamente largas, gruesas, ligero adelgazamiento uniforme de la base al ápice; promedio de hileras 15.5 frecuentemente con espacio amplio entre las hileras de granos debido a la separación de los miembros de un par de espiguillas; diámetro del pedúnculo medianamente grande; color de la parte media del olote poco frecuente, granos muy angostos, delgados y extremadamente largos; el ápice del grano termina en una punta exagerada o pico, hasta de 10 mm de longitud que se extiende casi en ángulo recto del eje principal del grano; estrías ausentes; endospermo suave, blanco; aleurona y pericarpio sin color.

Parece que esta raza se ha derivado de una combinación de caracteres del Palomero Toluqueño o sub-raza Palomero Poblano de la Mesa Central y algún maíz dentado tropical con muchas hileras, posiblemente el Vandeño (Wellhausen *et al.*, 1951).

Olotillo

Se caracteriza por sus mazorcas alargadas de olote delgado y flexible, grano dentado a semiharinoso con numerosas variantes en color. Con adaptación a trópico húmedo y seco, produce bajo condiciones edáficas limitantes, suelos someros y bajo uso de insumos, por lo que es un componente importante en los sistemas de milpa de las zonas tropicales del país (Bellon y Risopolous, 2001). Sus usos son comunes, es un material de grano suave con buen rendimiento de tortilla.

Su principal centro de distribución es el alto Grijalva en Chiapas, pero su presencia e influencia se extiende a las regiones costeras y laderas adyacentes de la vertiente del Pacífico en Oaxaca y Guerrero, así como a las zonas costeras, piedemontes y laderas de barlovento en la vertiente del Golfo de México, desde el norte de Oaxaca, hasta Veracruz, Puebla, Hidalgo y San Luis Potosí (Taba *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2010). Su área de distribución en Chiapas y Oaxaca ha disminuido, desplazado por Tuxpeños y maíces mejorados (Bellon y Risopolous, 2001; CONABIO, 2010).

Tuxpeño

Esta raza se caracteriza por sus mazorcas grandes, cilíndricas, de grano dentado, predominando el color blanco, pero puede presentar diversos colores. Tiene un alto número de hileras y granos por hilera, lo que la hace una de las razas más productivas de México; presenta muy buena calidad agronómica en planta y resistencia a enfermedades (CONABIO, 2010). Domina en grandes áreas principalmente las partes bajas tropicales bajo temporal, así como en las subtropicales bajo riego, pero presenta mayor concentración hacia la vertiente del Golfo de México; predomina su cultivo en primavera-verano pero en áreas con disposición de riego permiten su cultivo en el ciclo otoño-invierno.

Por sus características agronómicas sobresalientes ha sido una de las principales fuentes de germoplasma en el mejoramiento, público y privado, de maíces para zonas tropicales y subtropicales de varias regiones del mundo y como fuente de germoplasma en la ampliación de la base genética de híbridos de la Faja Maicera en los Estados Unidos de Norteamérica (Bellon *et al.*, 2005). Tiene un amplio y variado uso, para tortilla, elote, pozol (bebida fermentada muy apreciada en las zonas tropicales del país), tamales, etc., (CONABIO, 2011).

Tuxpeño es intermedio entre las razas Tepecintle y Olotillo, que se postulan como sus probables progenitores (Wellhausen *et al.*, 1951).

Vandeño

El Vandeño muestra muchas semejanzas con el Tuxpeño, raza de la costa del Golfo. Se puede observar la semejanza en los caracteres de la mazorca, las dos razas producen mazorcas de forma cilíndrica y con granos dentados. A pesar de esto, las mazorcas del Vandeño son un poco más cortas y generalmente tienen un olote más grueso y un número mayor de hileras, y de espiga son menores que las del Tuxpeño. Parece ser que tanto el Vandeño como el Tuxpeño se remontan a un origen común que resultó principalmente de la hibridación del Olotillo y el Tepecintle. A pesar de esto, el Tuxpeño, tipo predominante en la costa del Golfo, tiende a tener mayor proporción del Olotillo, mientras que el Vandeño, tipo predominante en la costa del Pacífico, parece tener mayor proporción de Tepecintle. (Wellhausen *et al.*, 1951).

Se ha colectado desde Chiapas hasta Sonora, por lo que presenta mayor adaptación a condiciones más estacionales y áreas de menor precipitación (Gómez *et al.*, 2010). De sus granos con textura blanda a semidura se produce masa muy blanca que se puede adaptar para harinas industrializadas (CONABIO, 2010).

Ancho

Se caracteriza por sus mazorcas semicilíndricas, con granos muy grandes, anchos en longitud, aunque con menor dimensión en grosor, generalmente dentados (Benz, 1986; Ron *et al.*, 2006).

Es el maíz pozolero por excelencia en Guerrero, estado donde se concentra su mayor diversidad, aunque también se ha reportado su distribución y uso para el mismo fin en los estados de Morelos, Puebla, Michoacán y Jalisco, entre 800 a 1,800 msnm (Ron *et al.*, 2006; Gómez *et al.*, 2010). En las Huastecas se han obtenido colectas con influencia de esta raza (Taba *et al.*, 2008).

Por sus atributos adecuados para pozole, consistentes en tamaño de grano grande y endospermo que absorbe bien la humedad y que revienta (se apozola) al nixtamalizarse. Por su calidad esta raza llega a alcanzar hasta cinco veces el precio normal del grano común (CONABIO, 2010).

Mezcla Varietal

Son formadas por el agricultor realizando mezclas entre razas o criollo para incluir atributos y obtener materiales con cualidades diferentes dependiendo de sus propias necesidades, por ejemplo, pueden ser resistentes a la sequía, vientos etcétera o con características específicas para usos particulares. Estas mezclas se conocen como mezclas varietales relevantes, dado que el propio productor le da las características que son importantes para él (Vega, 2008).

Conservación *in situ*

La conservación *in situ* es ahora uno de los mayores desafíos para la protección de la biodiversidad. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define la conservación *in situ* como "la conservación de ecosistemas y hábitats naturales en el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su entorno natural, en el caso de especies domesticadas y cultivadas, en los alrededores donde han desarrollado sus propiedades específicas" (CDB, 1992).

La conservación *in situ* mantiene, hasta cierto punto, las interacciones que subyacen con los cambios ambientales y regulan los procesos ecológicos. Por lo tanto, las especies que viven en sus hábitats naturales conservan al menos parcialmente la diversidad genética y fenotípica e influyen en el mantenimiento de diferentes niveles ecológicos de complejidad.

Conservación *ex situ*

Es la conservación de genes o genotipos de plantas fuera de su ambiente de ocurrencia natural, para uso actual o futuro (Engle, 1992). La conservación *ex situ* abarca un amplio espectro taxonómico. Sirve para proteger desde especies silvestres y formas regresivas hasta especies cultivadas. Aplicada a especies domesticadas, la conservación *ex situ* busca conservar fuera de su centro de origen o diversidad tanto las especies como la variabilidad producida durante el proceso evolutivo de domesticación. Este tipo de conservación se ha utilizado ampliamente durante las últimas décadas (Hidalgo, 1991).

En teoría, todas las especies se pueden conservar *ex situ*, siempre que podamos multiplicarlas. Fuera de la naturaleza podemos conservar genotipos individuales, pero no las relaciones entre ellas y su entorno ecológico. Tradicionalmente se han conservado *ex situ* recursos importantes para el hombre como las especies útiles en la alimentación y la agricultura, cuya conservación exige seguridad y disponibilidad inmediatas y futuras.

Dentro de las especies de uso agrícola interesantes para la investigación y base del sustento humano, existe un amplio rango de materiales que se pueden conservar *ex situ*, que incluye: variedades de agricultura tradicional, productos de los programas científicos de mejoramiento, productos de biotecnología e ingeniería genética (Jaramillo y Baena, 2000).

Bancos de Germoplasma

Son depósitos de recursos filogenéticos que proporcionan la materia prima para el mejoramiento de los cultivos. Estos recursos cumplen una función vital en el desarrollo sostenible de la agricultura en tanto ayudan a aumentar la producción de alimentos y a combatir el hambre y la pobreza (Larinde, 2006).

Las actividades que se realizan van desde adquirir el germoplasma, conocer sus características y utilidad potencial, y asegurar su supervivencia, hasta mantenerlo disponible para los usuarios y difundir información que estimule su utilización.

Generalmente están adscritos a una institución o a cargo de un grupo de personas (curadores) con la capacidad y los recursos para mantener el germoplasma en condiciones óptimas por el tiempo que se requiera (IBPGR, 1991).

Importancia de la caracterización de las poblaciones

La caracterización y la evaluación son actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, y localizar genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos. En la caracterización y evaluación del germoplasma no es suficiente registrar, organizar y almacenar los datos; es preciso analizarlos y ponerlos a disposición de los usuarios. Sin análisis, no habrá conclusiones sobre la utilidad potencial del germoplasma. Los datos obtenidos y analizados deben representar fielmente las características y el comportamiento de las accesiones, de manera que permitan diferenciarlas y seleccionar aquellas con potencial para el mejoramiento de cultivos (Jaramillo y Baena, 2000). El uso de métodos multivariados ha sido ampliamente utilizado para clasificar maíz y están representados por análisis de conglomerados y componentes principales.

Análisis Multivariados

En términos generales el método de análisis multivariado se refiere a todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente más de dos variables de cada individuo. En sentido estricto, son la extensión de los análisis univariados (Cuadras, 2018).

Análisis de conglomerados

El Análisis de Conglomerados o Análisis de Cluster es un método multivariado que trata de dar una explicación a las relaciones fenotípicas entre los individuos empleadas en la clasificación. Es un método analítico que se puede aplicar para

clasificar las accesiones de un germoplasma en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas.

En cuanto a los métodos de aglomeración o de agrupamiento se han establecido dos tipos: los jerárquicos y los no jerárquicos. Los jerárquicos, comúnmente utilizados, trabajan sobre la matriz de similitud construida a partir de las medidas de asociación aplicada a los datos; el resultado final es un árbol jerárquico o dendograma que identifica relaciones entre las entidades agrupadas. Cada cluster se describe como la clase a la que sus miembros pertenecen (Vicente, 2006).

Análisis de Componentes principales

El Análisis de Componentes Principales es un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables de respuesta correlacionada en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas. El análisis de componentes principales se puede hacer sobre una matriz de varianza-covarianza de las muestras o sobre una matriz de correlación. El análisis de componentes principales define las variables con mayor influencia para explicar la variación observada.

Franco e Hidalgo (2003) señalan que el ACP es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar del germoplasma, y permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones. También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores.

En el estado de Puebla se han efectuado análisis multivariados para la clasificación de accesiones de maíz recolectadas en las diferentes regiones las cuales se describen a continuación.

En estudios realizados en las regiones del estado de Puebla dentro del proyecto Maestros de Maíces Mexicanos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Barbón (2017) analizó la caracterización morfológica y comportamiento agronómico de 44 poblaciones, donde en el análisis de conglomerados se obtuvieron 7 grupos y

en el análisis de componentes principales con tres componentes se explicó el 85.5% de la variación total de los grupos siendo las variables de mayor peso en grano y mazorca y volumen de 1000 en el CP1, en el CP2 las variables de mayor importancia fueron, N.H., A.G., AG/LG y GG/LG y por último en CP3 estuvo influido por Desgrane, G.G. y GG/LG.

Hernández (2018) estudió 24 poblaciones de maíz del mismo estado e identificó una gran diversidad entre ellas, obtuvo siete grupos en el análisis de conglomerados y en la variación de análisis de componentes principales, los dos primeros explicaron el 69.5% de la variación total de los datos para el CP1 de las características de mayor importancia fueron ancho de grano, peso y volumen de 100 granos y para el CP2 las variables de mayor influencia fueron longitud, diámetro y peso de mazorca al 10% de humedad.

Hernández (2018) concluyó que en las 22 poblaciones de maíz del estado de Puebla en el análisis conglomerados se identifican siete grupos los cuales difirieron en características morfológicas entre grupos, peros con características similares dentro de cada grupo en cuanto al análisis de componentes principales explicó que el 61.1% de la variación total de los datos este determinó que las variables que más explican la diversidad morfológica de las poblaciones son para el CP1: L.M., NGPH y A.G. y para el CP2: D.M., L.G., peso de M10%H y G10%H.

Descripción de los municipios del estado de Puebla, de donde proceden las colectas del presente estudio.

La siguiente información de los diferentes municipios del estado de Puebla donde se realizaron colectas fue tomada del Instituto Nacional para el Federalismo y desarrollo municipal (INAFED, 2010) con apartado en la enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.

Estado de Puebla

El estado de Puebla es uno de los 31 Estados Unidos Mexicanos, cuenta con 217 municipios. Su capital es la ciudad de Puebla de Zaragoza (Figura 1).



Figura 1. Mapa de las siete regiones que comprenden el estado de Puebla.

Está ubicado en las regiones este, Sierra Madre Oriental y Eje Neovolcánico. Limita al norte con Tlaxcala e Hidalgo, al noreste con Veracruz, al sur Oaxaca, al suroeste con Guerrero y al oeste con Morelos y el estado de México. Tiene superficie de 34,306 Km², representa el 1.7% del territorio nacional. Coordenadas geográficas extremas: Al Norte 20° 52', al Sur 17° 52' de latitud Norte, al Este 96° 43' y al Oeste 99° 04' de longitud Oeste.

El 60.83% de la superficie del estado presenta clima subhúmedo, el 20.69% clima húmedo, el 15.95% clima semiseco y el 2.53% presenta clima seco. La precipitación media del estado es de 1.270 mm anuales; las lluvias se presentan principalmente en verano en los meses de junio a octubre.

Los municipios que a continuación se describen se localizan en la parte sur del estado, ubicados en el mapa en la región con color azul (Figura 1).

Acatlán de Osorio

Se localiza en la parte sur del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 18° 04' 24" y 18° 21' 30" de latitud norte y los meridianos 97° 55' 18" y 98° 11' 24" de longitud occidental. Tiene una superficie de 607.78 kilómetros cuadrados. Se identifican tres climas. Clima semicálido subhúmedo con lluvias en el

verano; se presenta en las zonas montañosas del norte, y pequeñas áreas al sudeste suroeste. Clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano. Es el clima predominante; se identifica en el área comprendida entre las zonas montañosas y las partes más bajas del municipio. Clima semiseco muy cálido se presenta en las zonas más bajas del municipio.

Ahuehuetitla

El municipio de Ahuehuetitla se localiza al Sur del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 12' 18", 18° 16' 24" de latitud norte y los meridianos 98° 09' 06", 98° 14' 36" de longitud occidental. Con una altura de 1,096 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 72.71 kilómetros cuadrados.

Se pueden localizar dos climas uno cálido y otro semicálido. Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano; se presenta en las zonas montañosas del noreste.

Albino Zertuche

El municipio de Albino Zertuche se localiza en la parte suroeste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 17° 57' 54" y 18° 03' 18" de latitud norte y los meridianos 98° 26' 42" y 98° 34' 00" de longitud occidental y sus colindancias son las siguientes: Al norte limita con Xicotlán, al sur colinda con el Estado de Guerrero, al oeste limita con Tulcingo y al poniente limita con Ixcamilpa de Guerrero. Tiene una superficie de 79.51 kilómetros cuadrados.

El municipio se localiza dentro de la zona de climas secos de la Mixteca; presenta un solo clima: Clima semiseco muy cálido.

Axutla

Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 06' 36" y 18° 08' 30" de latitud norte y los meridianos 98° 18' 30" y 98° 26' 18" de longitud occidental; 1,700 metros sobre nivel del mar.

Colinda al norte con los municipios de Chiautla, Tehuitzingo y Chinantla; al este con los municipios de Chinantla, Piaxtla y Tecamatlán; al sur con los municipios de Tecamatlán y Chila de la Sal; al oeste con los municipios de Chila de la Sal y Chiautla. Tiene una superficie de 188.17 kilómetros cuadrados.

Clima semicálido subhúmedo se presenta en el cerro Centeóyotl. Clima cálido subhúmedo es el clima predominante; se presenta al norte y centro del municipio. Clima semiseco muy cálido se presenta en la zona sur del municipio.

Chila

El municipio de Chila se localiza en la parte sur del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 17° 54' 06"y 18° 01' 30" de latitud norte y de los meridianos 97° 57' 00" y 97° 49' 18" de longitud occidental. Limita al Norte del municipio con Petlalcingo, al Sur y al poniente colinda con el estado de Oaxaca, y al Oeste colinda con el municipio de San Miguel Ixatlán. Tiene una superficie de 128.27 kilómetros cuadrados.

En el municipio se presenta el clima semicálido subhúmedo, con lluvias en verano, el cual ocupa todo el territorio municipal.

San Jerónimo Xayacatlán

El municipio de San Jerónimo Xayacatlán se localiza en la parte centro-sur del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 07'30" y 18° 21'00" de latitud norte y los meridianos 97° 52'36" y 97° 58'36" de longitud occidental. Sus colindancias son: al Norte con los municipios de Santa Inés Ahuatempan, Tepexi de Rodríguez, y Coyotepec, al sur colinda con el municipio de Petlalcingo, al Oeste colinda con el municipio de Totoltepec de Guerrero y al Poniente colinda con los municipios de Xayacatlán de Bravo y Acatlán. Tiene una superficie de 142.48 kilómetros cuadrados.

Se identifican únicamente dos tipos: Clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano; se presenta en las zonas montañosas del norte y suroeste.

Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; Se presenta en las zonas planas del centro.

San Pablo Anicano

Se localiza en la parte sur del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 05' 36" y 18° 10' 42" de latitud norte y los meridianos 98° 03' 24" y 98° 18' 36" de longitud occidental. El municipio limita al norte con Acatlán, al sur limita con Guadalupe Santa Ana y San Pedro Yeloixtlahuaca, al oriente limita con Acatlán y al poniente limita con Piaxtla. Tiene una superficie de 97.39 kilómetros cuadrados.

BS1(h) w (w): Clima semiseco muy cálido. Se identifica en todo el oriente.
Aw0(w): Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Se presenta en todo el poniente. El territorio presenta grandes áreas de selva baja caducifolia, asociada siempre con vegetación secundaria arbustiva.

San Pedro Yeloixtlahuaca

El municipio de San Pedro Yeloixtlahuaca, se localiza en la parte sur del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 17° 59'30" y 18° 07'18" de latitud norte y los meridianos 97° 58 00" y 98° 06'36" de longitud occidental. Sus colindancias son: al norte con los municipios de Acatlán y San Pablo Anicano, al sur colinda con el estado de Oaxaca y el estado de Guerrero, al oeste colinda con el municipio de Petlalcingo y al poniente colinda con el municipio de Guadalupe Santa Ana. Tiene una superficie de 174.98 km².

En el Municipio se identifican tres climas: Clima cálido semiseco, se presenta en el occidente del municipio. Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, se presenta al centro del municipio. Clima semicálido con lluvias en verano, se identifican en el extremo sudeste del municipio.

Tehuizingo

El municipio de Tehuizingo se localiza en la parte suroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 15' 48", 18° 28' 12" de latitud norte, y los meridianos 98° 09' 06" y 98° 25' 36" de longitud occidental y sus colindancias son: Al norte limita con Ahuatlán y Cuayuca, al sur limita con Ahuehuetitla, Chinantla y Axutla, al oeste limita con Santa Inés Ahuatempan y Acatlán y al poniente limita con Chiautla de Tapia e Izúcar de Matamoros. Tiene una superficie de 492.16 km².

Presenta un clima semicálido, uno cálido y otro seco. clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano; se presenta en las formaciones montañosas del suroeste en los alrededores del Centeóyotl. Clima semiseco muy cálido; se localiza a todo lo largo de la ribera del río Atoyac. Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; incluyendo la ribera del Atoyac en las formaciones montañosas del suroeste, se presenta este clima en todo el municipio.

Totoltepec de Guerrero

El municipio de Totoltepec de Guerrero se localiza en la parte sur del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 07' 48" y 18° 23' 42" de latitud norte y los meridianos 97° 47' 42" y 97° 53' 00" de longitud occidental. Tiene una altitud de 1,360 m.s.n.m., y sus colindancias son: al norte colinda con Coyotepec, al sur colinda con Petlalcingo, al oeste colinda con Atexcal y Oaxaca, al poniente colinda San Jerónimo Xayacatlán. Tiene una superficie de 148.15 km².

Pueden identificarse tres climas: Clima cálido subhúmedo, que aparece al sur del municipio. Clima semicálido subhúmedo, que es el clima que predomina. Clima templado subhúmedo, que se presenta al extremo norte.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Durante el ciclo P-V 2008 se establecieron *in situ* 36 poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) las cuales fueron caracterizadas morfológicamente. En el Cuadro 1 se presentan los materiales evaluados de los cuales 16 poblaciones pertenecen a la raza Cónico, cuatro a la Pepitilla, dos a la raza Ancho, ocho a la raza Elotes Cónicos, dos a la raza Vandeño, uno de Olotillo, uno Tuxpeño y dos Mezclas Varietales; en las cuales se incluyen poblaciones de Cónico con influencia de la raza Ancho (Cónico x Ancho) y Pepitilla (Cónico x Pepitilla), además de la raza Pepitilla con influencia de la raza Zapalote (Pepitilla x Zapalote) y por último Elotes Cónicos con influencia de Ancho (Elotes Cónicos x Ancho). Dos Mezclas Varietales las cuales se caracterizan por tener cualidades relevantes incorporadas por el productor dado que son características importantes para él, por ejemplo puede ser resistencia al acame, a la sequía, vientos, entre otras (Vega, 2008).

Caracterización de las poblaciones de maíz

Para la caracterización de estas poblaciones, durante la cosecha se seleccionaron plantas de maíz con competencia completa tomado una muestra representativa de 20 mazorcas con características propias de la raza en conservación.

Las mazorcas seleccionadas se colocaron en arpillas debidamente etiquetadas, las cuales se trasladaron al Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México (BNGPMM) con sede en la UAAAN donde se estabilizó el material en un asoleadero protegiéndolo de plagas y para lograr la humedad conveniente para su manejo y caracterización en el laboratorio. (En el Anexo 1 del Apéndice se muestran las fotografías de las mazorcas de las 36 poblaciones bajo estudio).

Cuadro 1. Poblaciones correspondientes a 36 accesiones evaluadas en el estado de Puebla.

Población	Accesiones	Raza
1	UAAANIsP-122	Cónico blanco
2	UAAANIsP-167	Cónico blanco
3	UAAANIsP-164	Cónico blanco
4	UAAANIsP-137	Cónico x Ancho
5	UAAANIsP-145	Cónico x Ancho
6	UAAANIsP-102	Cónico x Pepitilla
7	UAAANIsP-105	Cónico x Pepitilla
8	UAAANIsP-147	Cónico x Pepitilla
9	UAAANIsP-126	Cónico x Pepitilla
10	UAAANIsP-132	Cónico x Pepitilla
11	UAAANIsP-127	Cónico x Pepitilla
12	UAAANIsP-128	Cónico x Pepitilla
13	UAAANIsP-129	Cónico x Pepitilla
14	UAAANIsP-171	Cónico x Pepitilla
15	UAAANIsP-172	Cónico x Pepitilla
16	UAAANIsP-124	Cónico x Pepitilla
17	UAAANIsP-163	Pepitilla
18	UAAANIsP-123	Pepitilla
19	UAAANIsP-161	Pepitilla
20	UAAANIsP-121	Pepitilla x Zapalote
21	UAAANIsP-136	Ancho x Elotes Cónicos
22	UAAANIsP-138	Ancho
23	UAAANIsP-130	Elotes Cónicos x Ancho
24	UAAANIsP-165	Elotes Cónicos x Ancho
25	UAAANIsP-162	Elotes Cónicos x Ancho
26	UAAANIsP-125	Elotes Cónicos x Ancho
27	UAAANIsP-089	Elotes Cónicos x Ancho
28	UAAANIsP-169	Elotes Cónicos
29	UAAANIsP-131	Elotes Cónicos
30	UAAANIsP-103	Elotes Cónicos
31	UAAANIsP-142	Vandeño
32	UAAANIsP-100	Vandeño
33	UAAANIsP-101	Olotillo
34	UAAANIsP-166	Tuxpeño
35	UAAANIsP-143	Mezcla Varietal
36	UAAANIsP-144	Mezcla Varietal

De la mazorca se midieron: la longitud usando una regla y para el diámetro de mazorca y olote se utilizó un vernier, además se contó el número de hileras y número de granos por hilera, los pesos de mazorca y grano al 10% humedad se obtuvieron de la siguiente manera: se utilizó el peso de las 20 mazorcas caracterizadas de las cuales se tomó el contenido de humedad y posteriormente se obtuvo el peso de mazorca y de grano al 10% de humedad con la siguiente fórmula:

$$Y = \left\{ \left(\frac{x(100-P1)}{(100-P2)} \right) / 20 \right\} \times 1000$$

Dónde:

Y= peso de mazorca o grano al 10% de humedad

x = peso de la semilla limpia

P1= humedad obtenida

P2= humedad estándar (10%)

20= número de mazorcas

1000= constante para convertir a gramos

Para tomar los datos del grano se utilizó una muestra de 20 mazorcas de cada población, midiendo las variables: peso y volumen de 100 granos, y la relación peso/volumen. 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 mm. Así como se demostró en los trabajos realizados por Sánchez *et al.* (1993), Fernández *et al.* (2010) y Rocandio *et al.* (2014). Las variables cuantitativas evaluadas y las unidades en que se midieron se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características cuantitativas evaluadas en las 36 poblaciones de maíz.

Número	Característica	Clave	Unidades
1	Longitud de mazorca	L.M.	cm
2	Diámetro de mazorca	D.M.	cm
3	Número de hileras	N.H.	
4	Número de granos por hilera	NGPH	
5	Peso de mazorca al 10% de humedad	PM10%H	g
6	Peso de grano al 10% de humedad	PG10%H	g
7	Desgrane	Desg.	
8	Diámetro de olote	D.O.	cm
9	Longitud de grano	L.G.	mm
10	Ancho de grano	A.G.	mm
11	Grosor de grano	G.G.	mm
12	Relación AG/LG	AG/LG	
13	Relación GG/LG	GG/LG	
14	Relación GG/AG	GG/AG	
15	Peso de 100 granos	P100G	g
16	Volumen de 100 granos	V100G	cc

Se tomaron caracteres cualitativos de: Forma de la mazorca: cilíndrica, cilíndrica-cónica, cónica, esférica. Tipo de grano: harinoso, semiharinoso, dentado, semidentado, cristalino, semicristalino, dulce, reventador, opaco-2 y ceroso. Forma

de la superficie del grano: contraído, dentado, plano, redondo, puntiagudo y muy puntiagudo. Color del grano: blanco, amarillo, anaranjado, rosado, morado, azul, rojo, capa blanca y negro.

En los caracteres cuantitativos y cualitativos para la toma de las variables evaluadas 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).

Análisis multivariados

Los análisis multivariados se utilizaron para analizar los datos obtenidos de la caracterización física de 36 poblaciones de maíz, para los cuales se consideraron 18 variables de mazorca y de grano, los datos se analizaron con el paquete estadístico Minitab 16 (2009).

Análisis de Conglomerado (AC): este análisis básicamente lo que realiza es una implementación del siguiente algoritmo (Hernández J., 2018):

1. Examina la matriz de datos original ($n \times p$) conformada por n poblaciones y p variables.

2. Estandariza la matriz de datos originales ($n \times p$) con la siguiente fórmula para transformar los datos a distribución normal con media 0 y varianza 1.

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma}$$

σ

Donde:

Z = Es la observación transformada a unidades de desviación estándar.

X = Es el valor original a estandarizar.

\bar{X} = Es la media de la variable original.

σ = Es la desviación estándar de la variable original.

3. Estima la distancia euclidiana en base a la matriz de datos estandarizados para el par de poblaciones (i, j) con la siguiente fórmula.

$$E_{ij} = \left[\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

Donde:

E_{ij} = es la distancia entre la población i y la población j .

x_{ik} = es el valor de la k -ésima variable sobre la i -ésima población.

Lo que da por resultado una matriz de distancias euclidiana en forma de matriz simétrica donde solo se escriben los elementos que están debajo de la diagonal principal.

4. Examina la matriz simétrica de distancias euclidianas y agrupa el par de poblaciones (i, j) que son más similares y las une en un nuevo grupo; utilizando el procedimiento jerárquico, donde una población colocada en un grupo no puede ser agrupada en un paso posterior.

5. Forma una nueva matriz simétrica de distancias euclidiana para reflejar la supresión del par de poblaciones, i y j , que fueron unidas, enlazando la nueva población correspondiente al nuevo grupo, hasta que las n poblaciones estén en un solo grupo, finalmente se obtiene el dendograma.

Análisis de Componentes Principales (ACP)

En el ACP se utiliza una matriz X de orden $n \times p$, de np observaciones correspondientes a los valores de p variables de cada una de n unidades de estudio (poblaciones) y 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 siguientes propiedades (Johnson, 2000):

Son 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.

La suma de cuadrados de los coeficientes a_{ij} para cada i ($j=1, 2, \dots, p$) es la unidad. De todas las posibles combinaciones, Y_1 tiene la máxima varianza: $\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p)$.

Las Y no están relacionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características cualitativas de las poblaciones de maíz

En el Cuadro 3 se presentan las características cualitativas como tipo, textura y color de grano. Las cuales influyen en el uso que se le da al grano, por ejemplo la raza Ancho se utiliza para la elaboración del pozole y la raza Elotes Cónicos en la elaboración de tortillas azules (Fernández *et al.*, 2013).

De las poblaciones evaluadas se obtuvieron los siguientes datos: La raza Cónico (1-16) posee forma de la mazorca predominantemente cilíndrica-cónica, tipo de grano dentado, semidentado y semicristalino, en la forma de la superficie predomina la dentada, color de grano blanco y una población de color amarillo. En la Raza Pepitilla (17-20) se presentó forma de la mazorca cónica y cilíndrica-cónica, tipo de grano dentado o semidentado, forma de la superficie contraída o puntiaguda y por último color de grano blanco. La raza Ancho (21-22) su forma de la mazorca fue cilíndrica-cónica, con tipo de grano harinoso, forma de la superficie plana, y color de grano azul o blanco. En Elotes Cónicos (23-30) se encontró la forma cónica-cilíndrica en la mazorca, tipo de grano semiharinoso, forma de la superficie del grano dentada y color de grano azul. En las razas Vandeño (31-32), Olotillo (33) y Tuxpeño (34) se encontró forma de la mazorca cilíndrica-cónica, tipo de grano semidentado o dentado, forma de la superficie contraída o dentada y color de grano blanco o amarillo. Por último la Mezcla Varietal (35-36) mostró forma de mazorca cilíndrica- cónica, tipo de grano dentado con superficie dentada y color de grano mezclado o blanco.

Características cuantitativas de las poblaciones

Las características de mazorca y grano son importantes en la evaluación de las poblaciones de maíz (Pardey *et al.*, 2016), estas variables se analizaron y se

presentan en el Cuadro 4a y 4b. En la raza Cónico (1-16) la población 12 destaca por tener mayor longitud de mazorca L.M. (17.0 cm), alto número de granos por hileras NGPH (41.65) y por consecuencia obtuvo el más alto peso de mazorca PM10%H (230.46 g) y grano PG10%H (200.85 g).

Cuadro 3. Características cualitativas evaluadas en las poblaciones de maíz.

Población	Accesiones UAAAN	Forma de la mazorca	Tipo de grano	Forma de la superficie	Color de Grano
1	IsP-122	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	blanco
2	IsP-167	cilíndrica-cónica	dentado	contraída	blanco
3	IsP-164	cilíndrica-cónica	dentado	contraída	cremoso
4	IsP-137	cónica	semidentado	contraída	blanco
5	IsP-145	cónica	semicristalino	contraída	blanco
6	IsP-102	cilíndrica-cónica	semidentado	dentada	blanco amarillo
7	IsP-105	cónica	dentado	dentada	blanco
8	IsP-147	cónica	dentado	dentada	blanco
9	IsP-126	cónica	dentado	puntiaguda	blanco
10	IsP-132	cilíndrica-cónica	semicristalino	semidentada	blanco cremoso
11	IsP-127	cónica	dentado	dentada	blanco
12	IsP-128	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	blanco
13	IsP-129	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	blanco
14	IsP-171	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	cremoso
15	IsP-172	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	blanco cremoso
16	IsP-124	cónica	dentado	dentada	cremoso
17	IsP-163	cónica	dentado	contraída	blanco
18	IsP-123	cónica	semidentado	puntiaguda	cremoso
19	IsP-161	cilíndrica-cónica	dentado	puntiaguda	blanco
20	IsP-121	cilíndrica-cónica	dentado	contraída	blanco
21	IsP-136	cilíndrica-cónica	harinoso	plana	azul
22	IsP-138	cilíndrica-cónica	harinoso	plana	blanco
23	IsP-130	cilíndrica-cónica	harinoso	dentada	azul
24	IsP-165	cónica-cilíndrica	semiharinoso	contraída	azul
25	IsP-162	cónica-cilíndrica	semiharinoso	dentada	azul pinto
26	IsP-125	cónica-cilíndrica	semiharinoso	dentada	azul
27	IsP-089	cónica	harinoso	plana	morado
28	IsP-169	cónica	harinoso	contraída	azul
29	IsP-131	cónica	semiharinoso	dentada	morado
30	IsP-103	cilíndrica-cónica	semiharinoso	dentada	azul
31	IsP-142	cilíndrica-cónica	semidentado	contraída	amarillo
32	IsP-100	cilíndrica-cónica	dentado	contraída	blanco
33	IsP-101	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	amarillo
34	IsP-166	cilíndrica-cónica	semidentado	dentada	blanco
35	IsP-143	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	mezclado
36	IsP-144	cilíndrica	Dentado	dentada	blanco

Cuadro 4a. Promedios de características cuantitativas de la mazorca de 36 poblaciones de maíz.

Población	L.M. cm	D.M. cm	D.O. cm	N.H.	NGPH	PM10%H g	PG10%H g	Desgr.
1	14.48	4.29	1.94	10.40	29.80	111.00	95.00	0.8621
2	16.30	5.40	3.30	12.20	40.00	213.98	174.35	0.8148
3	15.50	4.75	2.17	11.40	32.10	147.00	126.00	0.8584
4	14.00	4.80	2.30	9.00	34.45	130.05	118.58	0.9118
5	17.30	4.54	2.51	9.70	36.35	143.00	121.00	0.8482
6	12.90	5.00	2.50	12.50	30.50	145.76	124.93	0.8571
7	13.80	5.60	2.60	11.70	31.85	176.80	153.40	0.8676
8	15.80	5.52	3.08	15.00	32.55	186.00	150.00	0.8090
9	11.80	5.30	2.40	11.73	30.20	125.20	104.33	0.8333
10	13.19	5.51	2.64	12.50	24.45	119.00	101.00	0.8511
11	16.60	5.20	2.50	10.00	38.94	205.47	170.26	0.8287
12	17.00	5.90	2.90	13.80	41.65	230.46	200.85	0.8715
13	15.20	5.00	3.00	14.59	35.29	225.69	195.23	0.8650
14	15.75	4.91	2.59	13.80	32.55	172.00	144.00	0.8397
15	14.00	4.80	2.70	13.05	32.16	146.05	128.47	0.8796
16	16.27	5.04	2.97	11.10	30.70	151.00	119.00	0.7913
17	15.85	5.01	2.96	12.30	34.35	169.00	141.00	0.8360
18	14.97	5.21	2.52	10.60	32.60	123.00	109.00	0.8830
19	14.40	4.90	2.10	14.40	38.10	164.39	144.98	0.8819
20	14.37	4.14	1.93	8.80	36.15	152.00	111.00	0.8940
21	14.90	5.10	2.50	9.20	33.65	146.93	125.02	0.8509
22	15.37	5.04	2.73	8.10	29.05	157.00	129.00	0.8205
23	12.70	3.78	2.24	10.20	24.25	64.00	54.00	0.8400
24	13.87	4.37	2.33	10.95	27.95	96.00	90.00	0.9315
25	13.50	4.29	2.02	11.70	28.40	84.00	74.00	0.8788
26	14.90	4.90	3.20	12.70	30.30	179.87	131.73	0.7324
27	16.03	4.56	2.43	8.30	33.25	121.00	103.00	0.8526
28	13.45	4.20	2.26	10.60	27.25	90.00	78.00	0.8696
29	14.30	4.80	2.40	11.40	30.35	150.80	133.90	0.8879
30	13.30	4.80	2.30	11.10	29.50	127.54	114.52	0.8980
31	14.60	4.55	2.59	9.80	31.00	125.00	111.00	0.8850
32	15.86	4.40	2.26	10.20	35.65	138.00	128.00	0.8952
33	15.70	4.40	2.20	10.20	38.20	150.16	132.03	0.8793
34	15.80	5.10	2.90	11.60	36.65	174.76	144.76	0.8284
35	15.20	4.50	2.50	10.50	37.25	136.03	118.07	0.8679
36	15.50	4.50	2.50	10.90	38.30	149.02	126.99	0.8522

La población 13 sobresalió en el N.H. (14.58), característica que influyó para que presentara un alto peso de mazorca PM10%H (225.6 g) y grano PG10%H (195.23 g).

En la raza Pepitilla (17-20) la población 17 tuvo alto promedio en L.M. (15.85 cm) y N.H. (12.30), además de alto peso de mazorca PM10%H (169.0 g) y grano PG10%H (141.0 g).

En cuanto a la raza Ancho (21-22) la población 22 presento un alto PM10%H (157.0 g) y PG10%H (121.0 g) destacando en L.M. (15.37 cm).

En relación a la raza Elotes Cónicos (23-30) la población 26 obtuvo mayor D.M. (4.9 cm), N.H. (12.7) y NGPH (30.3) teniendo alto PM10%H (179.87 g) y PG10%H (131.73 g); otra población sobresaliente fue la 29 en las características L.M. (14.30 cm), N.H. (11.40), NGPH (30.33), PM10%H (150.80 g) y PG10%H (133.90 g).

La raza Vandeño (31-32), mostró que la población 32 presentó mejores características para L.M. (15.86 cm), N.H. (10.20), NGPH (36.65), PM10%H (138.0 g) y PG10%H (128.0 g).

La población 33 pertenece a la raza Olotillo y destacó por tener los siguientes valores para L.M. (15.70 cm), D.M. (4.40 cm), N.H. (10.20) y NGPH (38.20) lo que contribuye a tener un alto PM10%H (150.16 g) y PG10%H (132.03 g).

Es importante destacar que la raza Tuxpeño es una de las más productivas de México (CONABIO, 2010), en este estudio la población 34 obtuvo un buen promedio en L.M. (15.80 cm) y destacó del resto de las poblaciones en D.M. (5.10 cm) y un excelente NGPH (36.65), PM10%H (174.76 g) y PG10%H (144.76 g)

Para concluir en la Mezcla varietal (35-36) la que mostro características sobresalientes fue la población 36 en: L.M. (15.50 cm), D.M. (4.50 cm), N.H. (10.90) y NGPH (38.30) y esto se refleja en un peso de PM10%H de 149.02 g y un PG10%H de 126.99 g.

Para las características del grano (Cuadro 4b.) la raza Cónico (1-16) la población 7, obtuvo un alto P100G (40.35 g) y V100G (63.1 cc), a lo cual contribuyó su alto promedio de L.G (15.27 mm) y A.G (9.61 mm). La población 11 se caracterizó por tener alto promedio de L.G. (15.53 mm) y G.G (4.08 mm) lo cual dio como

consecuencia un mayor P100G (41.22 g) y V100G (63.28 cc) el cual fu superior a las demás poblaciones.

Cuadro 4b. Promedios de características cuantitativas del grano de 36 poblaciones de maíz.

Población	L.G. mm	A.G. mm	G.G. mm	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G g	V100G cc
1	12.08	8.93	4.01	0.74	0.33	0.45	32.40	47.30
2	13.53	9.98	3.84	0.74	0.28	0.38	37.10	56.45
3	13.99	8.91	3.96	0.64	0.28	0.44	37.00	53.80
4	14.22	10.09	3.72	0.71	0.26	0.37	36.10	60.10
5	12.56	10.50	4.01	0.84	0.32	0.38	39.20	58.25
6	14.52	9.07	3.65	0.62	0.25	0.40	33.00	51.65
7	15.27	9.61	3.86	0.63	0.25	0.40	40.35	63.10
8	12.20	8.73	4.10	0.72	0.34	0.47	34.37	47.80
9	14.05	8.98	3.55	0.64	0.25	0.40	30.00	50.47
10	13.44	9.02	4.02	0.67	0.30	0.45	37.38	57.35
11	15.53	8.99	4.08	0.58	0.26	0.45	41.22	63.28
12	15.32	8.22	3.76	0.54	0.25	0.46	36.00	54.50
13	14.57	8.05	3.81	0.55	0.26	0.47	32.41	51.76
14	13.28	8.09	3.72	0.61	0.28	0.46	33.70	46.70
15	14.34	7.77	3.63	0.54	0.25	0.47	30.00	48.00
16	12.29	10.10	4.26	0.82	0.35	0.42	37.40	55.40
17	13.16	9.26	4.21	0.70	0.32	0.45	37.90	59.10
18	13.36	9.15	3.94	0.68	0.29	0.43	31.36	51.30
19	16.65	6.96	3.19	0.42	0.19	0.46	27.85	45.45
20	13.35	9.91	3.44	0.74	0.26	0.35	32.40	53.40
21	14.75	10.98	4.01	0.74	0.27	0.37	41.00	73.10
22	14.94	13.17	4.77	0.88	0.32	0.36	62.26	112.00
23	11.30	8.31	3.65	0.74	0.32	0.44	21.60	31.00
24	11.91	9.09	3.87	0.76	0.32	0.43	31.30	41.80
25	12.07	8.00	3.70	0.66	0.31	0.46	26.30	40.50
26	13.19	9.91	4.07	0.75	0.31	0.41	34.45	53.55
27	14.28	10.90	3.92	0.76	0.27	0.36	40.80	67.80
28	12.72	8.68	3.73	0.68	0.29	0.43	29.10	47.20
29	14.24	9.75	4.03	0.68	0.28	0.41	40.00	61.30
30	14.46	8.84	3.82	0.61	0.26	0.43	34.75	57.55
31	11.80	9.94	4.13	0.84	0.35	0.42	37.70	56.85
32	14.12	9.18	3.69	0.65	0.26	0.40	36.40	49.70
33	13.83	8.82	3.65	0.64	0.26	0.41	34.95	54.75
34	12.60	9.90	3.67	0.79	0.29	0.37	32.90	51.35
35	12.03	9.42	3.72	0.78	0.31	0.39	29.25	47.10
36	11.56	9.33	3.82	0.81	0.33	0.41	31.55	47.75

En la raza Pepitilla (17-20) la población 17 destacó en las características de A.G. (9.26 mm) y G.G (4.21 mm), las cuales contribuyeron para que presentara un alto P100G (37.9 g) y V100G (59.1 cc), la población 19 destacó por su L.G. (16.65 mm) superior al resto de las poblaciones.

Dentro de la raza Ancho (21-22) la población 22 obtuvo los más altos valores de A.G. (13.27 mm) y G.G. (4.27 mm) ésta población se caracterizó por concentrar los más altos promedios de P100G (62.26 g) y V100G (112.0 cc).

En la raza Elotes Cónicos (23-30) la población 27 destaca en sus promedios de L.G. (14.28 mm) y A.G. (10.90 mm) lo cual dio un alto P100G (40.8 g) y V100G (67.8 cc); y para la población 29 fueron de L.G. (14.24 mm), A.G. (9.75 mm) y G.G. (4.23 mm) con un alto valor en el P100G (40.0 g) y V100G (61.30 cc).

En cuanto a la raza Vandeño (31-32) la población 31 mostró una mayor L.G. (9.94 mm) y G.G. (4.13 mm) que nos dio como resultado un P100G (37.60 g) y V100G (56.85 cc).

De las poblaciones Olotillo, Tuxpeño y dos mezclas varietales, la Olotillo mostró características sobresalientes en cuanto a L.G. (13.86 mm), P100G (39.95 g) y V100G (54.75 cc).

Análisis de conglomerados

El presente análisis obtuvo la agrupación de las poblaciones de acuerdo a sus similitudes en relación de 16 variables evaluadas. En base a la distancia euclidiana se formaron seis grupos, a una distancia de 6.57 cuando la población 11 se une con la 12 (Anexo 3, del Apéndice). Al respecto Crossa *et al.* (1994) indican que el punto de corte del dendograma se basa sobre la utilidad de los grupos formados. En la Figura 2, se observa que los grupos G2, G3 y G4 concentraron el mayor número de poblaciones; en contraste en el G6 se ubicó una sola población.

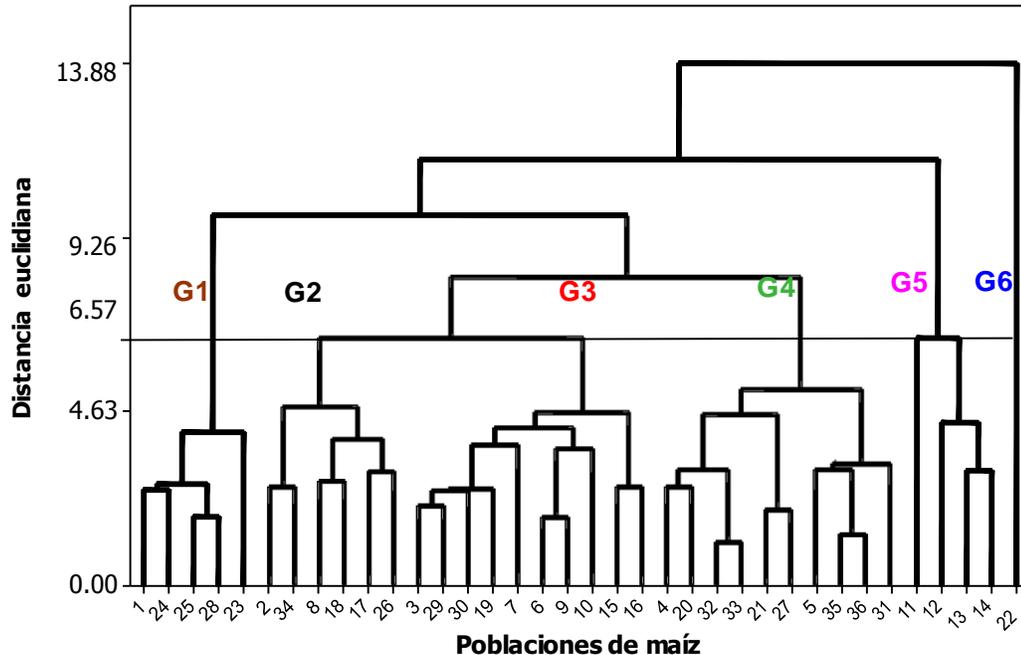


Figura 2. Dendrograma para la clasificación de 36 poblaciones de maíz basada en caracteres morfológicos de mazorca y grano.

En el Cuadro 5 se muestra los promedios de las 16 variables en base a los seis grupos de poblaciones formados en el dendrograma. En el G1 predominan poblaciones de la raza Elotes Cónicos que mostraron menor L.M. (13.6 cm), NGPH (27.53), PM10%H (89.0 g), en cuanto a las características del grano presentó el promedio más bajo que el resto de los grupos para el P100G (28.14 g) y V100G (41.56 cc).

En G2 se encuentra una diversidad de razas las cuales incluyen dos poblaciones de Pepitilla y una de Tuxpeño, este grupo sobresale por tener las poblaciones con mayor L.M. (15.82 cm) y un buen promedio de NGPH (34.09), en cuanto a los valores del grano obtuvo un buen promedio de A.G. (9.65 mm) y G.G. (4.03 mm).

El mayor número de poblaciones de la raza Cónico se encuentra en el G3, concentró un buen promedio en N.H. (11.98) y NGPH (30.63), en cuanto a características del grano este grupo obtuvo una buena L.G. (14.1 mm) debido que algunas poblaciones están mezcladas con Pepitilla.

Cuadro 5. Medias de seis grupos formados a un nivel de distancia de 6.574 del análisis de conglomerados para las 16 variables evaluadas.

GRUPO	POBLACIÓN	L.M.	D.M.	D.O.	N.H.	NGPH	PM10%H	PG10%H	Desgr.
		Cm	cm	cm			g	g	
G1	1,24,25,28,23	13.60	4.19	2.16	10.77	27.53	89.00	78.20	0.88
G2	2,34,8,17,18,26	15.82	5.16	3.07	12.48	34.09	179.10	143.47	0.80
G3	3,29,30,19,7,6,9 10,15,16	13.95	5.07	2.48	11.98	30.63	143.32	123.96	0.87
G4	4,20,32,33,21,27 5,35,36,31	15.35	4.55	2.37	9.66	35.43	139.12	119.47	0.87
G5	11,12,13,14	15.80	5.25	2.63	13.20	38.50	206.50	177.83	0.86
G6	22	15.37	5.04	2.73	8.10	29.05	157.00	129.00	0.82

GRUPO	POBLACIÓN	L.G.	A.G.	G.G.	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G	V100G
		mm	mm	mm				g	cc
G1	1,24,25,28,23	12.02	8.60	3.79	0.72	0.31	0.44	28.14	41.56
G2	2,34,8,17,18,26	12.83	9.65	4.03	0.75	0.32	0.42	35.69	53.94
G3	3,29,30,19,7,6,9 10,15,16	14.10	8.92	3.82	0.63	0.27	0.43	34.75	54.12
G4	4,20,32,33,21,27 5,35,36,31	13.25	9.91	3.81	0.75	0.29	0.39	35.94	56.88
G5	11,12,13,14	15.52	8.06	3.71	0.52	0.24	0.46	34.37	53.75
G6	22	14.94	13.17	4.77	0.88	0.32	0.36	62.26	112.00

En cuanto al G4 es donde se concentra todas las razas de estudio teniendo un buen promedio de L.M. (15.35 cm), NGPH (35.43), se obtuvo un alto promedio para A.G. (9.91 mm) el cual reflejo un buen promedio para V100G (56.88 cc).

El G5 concentro las mejores poblaciones de la raza Cónico, las cueles presentaron los más altos promedios para N.H. (13.2) y NGPH (38.5) mostrando el mayor PM10%H (206.5 g), características que se relaciona con un alto rendimiento (Barbón, 2017); además promediaron la mayor L.G. (15.52 mm) debido a la mezcla de estas poblaciones con la raza Pepitilla.

En el G6 se ubica la población 22 de la raza Ancho, el cual se utiliza para el pozole debido a que tiene granos muy grandes y endospermo que absorbe bien la humedad y que revienta (CONABIO, 2010), sobresaliendo del resto de los grupos por tener el mayor P100G (62.26 g) y V100G (112.0 cc).

Análisis de componentes principales

En el análisis de Componentes Principales se utilizó la matriz de correlaciones debido a que las variables se encuentran en diferentes unidades. Los tres primeros componentes principales presentan valores propios mayores a la unidad (Cuadro 6), los cuales son más relevantes debido a que aportan una mayor explicación a la variación total. Estos tres componentes explicaron el 78.0% de la variación total de los datos (proporción acumulada).

Cuadro 6. Valores y vectores propios para los tres primeros componentes principales de 16 variables evaluadas en 36 poblaciones de maíz.

	CP1	CP2	CP3
Valor propio	5.121	4.813	2.552
Proporción (%)	32.0	30.1	16.0
Acumulada (%)	32.0	62.1	78.0
Variables	Vectores propios		
L.M.	0.291	-0.041	-0.100
D.M.	0.283	-0.218	-0.074
D.O.	0.300*	-0.085	-0.355*
N.H.	-0.015	-0.356*	-0.322*
NGPH	0.192	-0.216	0.130
PM10%H	0.337*	-0.276	-0.057
PG10%H	0.308*	-0.303*	-0.011
Desgr.	-0.217	-0.035	0.348*
L.G.	0.165	-0.254	0.400*
A.G.	0.276	0.330*	0.146
G.G.	0.280	0.244	-0.178
AG/LG	0.107	0.404*	-0.147
GG/LG	0.026	0.311*	-0.426*
GG/AG	-0.142	-0.248	-0.317*
P100G	0.362*	0.150	0.178
V100G	0.337*	0.156	0.253

* Cargas del vector propio > 0.300, indican las variables con mayor peso.

En los vectores propios, el primer componente principal (PC1) indica que las variables con mayor peso son: P100G, V100G, PM10%H y PG10%H. En el segundo componente principal (PC2) las variables con mayor importancia fueron: N.H. A.G. y AG/LG. El tercer componente (PC3) estuvo fuertemente influenciado por las variables: D.O., Desgr., L.G. y GG/LG

En la Figura 3 se observan los dos primeros componentes que en conjunto explican el 62.1% de la varianza total de los datos, donde los vectores de mayor longitud corresponden a las variables de mayor importancia; los vectores con ángulos agudos indican correlaciones positivas, ángulos obtusos corresponden a correlaciones negativas y ángulos rectos indican que no hay correlación entre las variables (Balzarini *et al*, 2006). En el Anexo 4 del Apéndice se presentan los valores de correlación y significancia entre las variables.

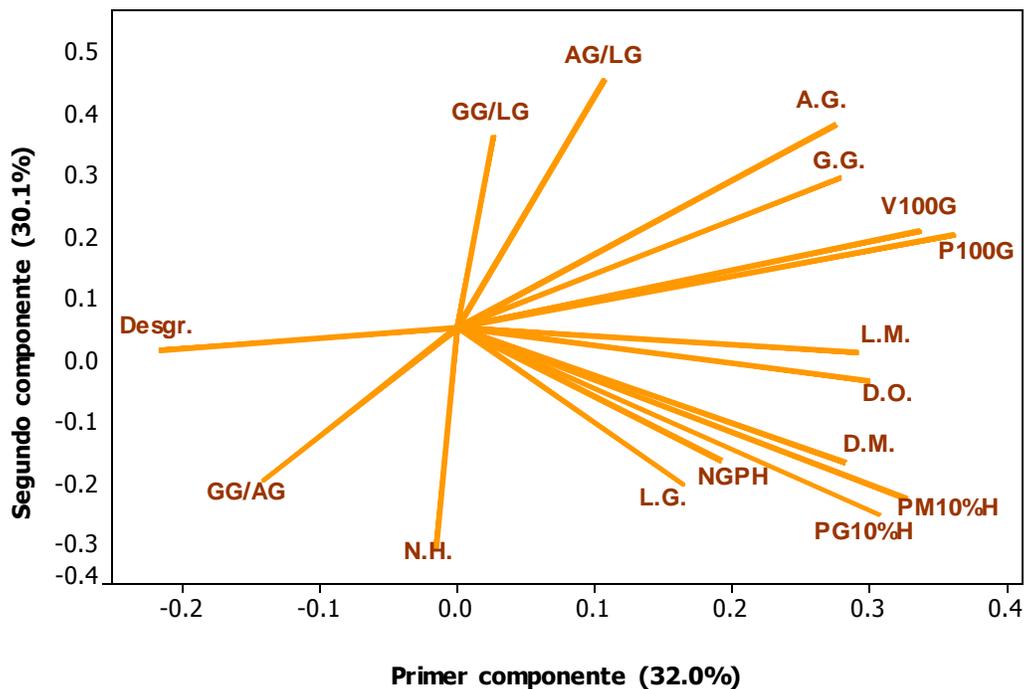


Figura 3. Distribución de 16 variables cuantitativas y su relación con el peso de los vectores sobre los dos primeros componentes.

Las variables PM10%H y PG10%H situadas en lado derecho del primer componente principal se correlacionaron positiva y significativamente ($r= 0.978^{**}$), por otra parte el V100G está altamente correlacionado con A.G. ($r=0.802^{**}$) y con G.G. ($r=0.673^{**}$). La variable Desgr. Situada en el lado izquierdo, se relacionó negativa y significativamente con D.O. ($r= -0.647^{**}$) esto nos indica que mazorcas con menor D.O. presentan mayor porcentaje de semilla por mazorca.

En cuanto al segundo componente principal se aprecia que N.H. situada en el lado inferior de la gráfica se correlaciono negativa y significativamente con A.G. ($r = -0.685^{**}$), indicándonos que la raza Ancho presentó el menor N.H., pero el mayor A.G.

En la gráfica de componentes principales de la Figura 4 se presentan los seis grupos de poblaciones de maíz y su distribución en base a los dos primeros componentes.

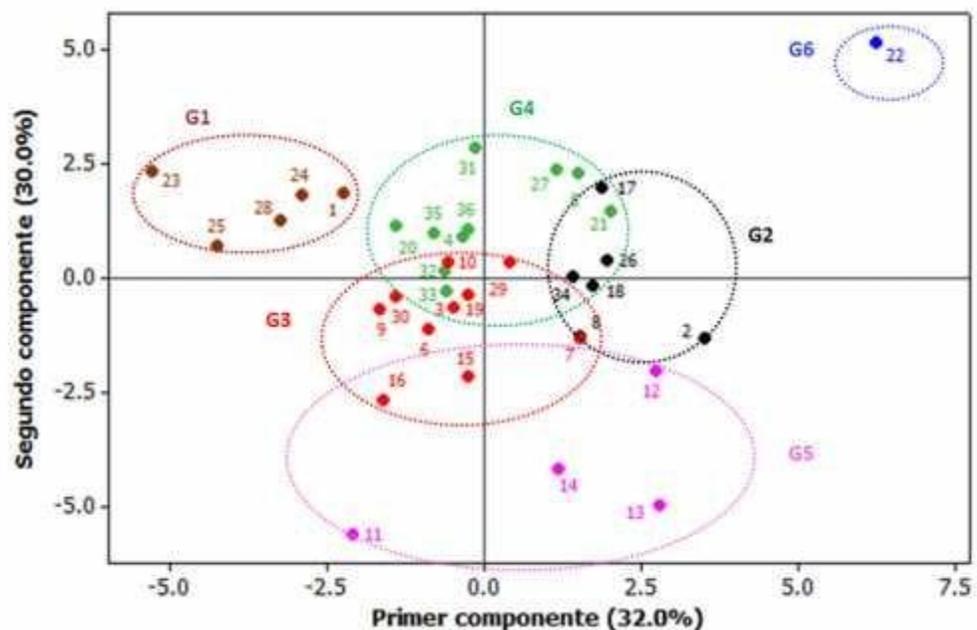


Figura 4. Agrupación de poblaciones de maíz del estado de Puebla en base a los dos primeros componentes principales.

En el primer componente (CP1) se observa que en el lado derecho de la gráfica se sitúan el grupo G6 el cual representa la población con los más altos promedios de P100G y V100G con valores de 62.26 g y 112.0 cc, respectivamente, en contraste el G1 tuvo los más bajos promedios de P100G (28.14 g) y V100G (41.56 cc) y se ubica en el lado izquierdo de la gráfica.

Para el caso del segundo componente (CP2) el G5 obtuvo los promedios más altos para las variables N.H. (13.2), NGPH (38.50) y PM10%H (206.5 g) y se ubica en el

En el municipio de Ahuehuetitla se localizaron las poblaciones 1 (Cónico) y 18 (Pepitilla) a una altitud de 1167 y 1166 msnm, respectivamente, las cuales corresponden a poblaciones de grano de color blanco.

Las poblaciones 2 (Cónico), 24 (E. Cónicos x Ancho), 28 (Elotes Cónicos) y 34 (Tuxpeño) se ubican en San Pablo Anicano a un rango de altitud de 1130 a 1146 msnm. Las poblaciones 2 y 34 son de grano de color blanco y las poblaciones 24 y 28 de color azul.

En el municipio San Pedro Yeloixtlahuaca se encuentran las poblaciones 3 (Cónico), 17 y 19 (Pepitilla) y 25 (E. Cónicos x Ancho) a una altitud de 1115 a 1463 msnm, En donde las tres primeras poblaciones son de color de grano blanco y la última de color azul.

Las poblaciones 4 (Cónico x Ancho), 21 (Ancho x E. Cónicos) y 22 (Ancho) se ubican en el municipio de Albino Zertuche a una altitud de 1281 a 1295 msnm, las poblaciones 4 y 22 teniendo color de grano blanco y azul para la 21.

En el municipio de Chila las poblaciones 5 (Cónico x Ancho), 16 (Cónico x Pepitilla), 26 (E. Cónicos x Ancho) se encuentran a una altitud de 1670 a 1855 msnm, con color de grano blanco, cremoso y azul, respectivamente.

Las poblaciones 6, 7 y 8 (Cónico x Pepitilla), 30 (Elotes Cónicos) están a una altitud de 1196 a 1348 msnm, situadas en el municipio de Acatlán, presentando grano de color blanco excepto la 30 que es de color azul.

En San Jerónimo Xayacatlán las poblaciones 9 y 10 (Cónico x Pepitilla) con color de grano blanco y 29 (Elotes Cónicos) con color de grano morado, se localizan a una altitud de 1274 a 1287msnm.

En el municipio de Totoltepec de Guerrero las poblaciones 11, 12, 13, 14 y 15 (Cónico x Pepitilla) y 23 (E. Cónicos x Ancho) se encuentran a un rango de altitud de 1350 a 1459 msnm, de las cuales solo la 23 es grano azul.

Las poblaciones 20 (Pepitilla x Zapalote), 27 (E. Cónicos x Ancho), 32 (Vandeño) y 33 (Olotillo), presentaron grano de color blanco, morado, y amarillo, respectivamente y se ubican en el municipio de Tehuiztingo a una altitud de 1039 a 1071 msnm.

Por último el municipio de Axutla se localiza, la población 31 (Vandeño), 35 y 36 (Mezcla Varietal) situadas a una altitud de 861 a 945 msnm, presentaron color de grano amarillo, mezclado y blanco, respectivamente.

Cuadro 7. Razas y ubicación geográfica de 36 parcelas de conservación *in situ*, estado Puebla.

Población	Raza	Municipio	Latitud N 00°00'00"	Longitud O 00°00'00"	Altitud msnm
1	Cónico blanco	Ahuehuetitla	18°12'57"	98°12'58"	1176
2	Cónico blanco	San Pablo Anicano	18°07'48"	98°04'15"	1130
3	Cónico blanco	San Pedro Yeloixtlahuaca	18°05'04"	98°05'49"	1201
4	Cónico x Ancho	Albino Zertuche	18°00'13"	98°32'10"	1295
5	Cónico x Ancho	Chila	17°56'43"	97°53'28"	1855
6	Cónico x Pepitilla	Acatlán	18°17'35"	98°05'04"	1348
7	Cónico x Pepitilla	Acatlán	18°15'03"	98°00'30"	1204
8	Cónico x Pepitilla	Acatlán de Osorio	18°13'43"	98°02'28"	1196
9	Cónico x Pepitilla	San Jerónimo Xayacatlán	18°12'48"	97°55'22"	1274
10	Cónico x Pepitilla	San Jerónimo Xayacatlán	18°12'56"	97°55'02"	1287
11	Cónico x Pepitilla	Totoltepec de Guerrero	18°13'25"	97°52'27"	1397
12	Cónico x Pepitilla	Totoltepec de Guerrero	18°13'47"	97°51'56"	1415
13	Cónico x Pepitilla	Totoltepec de Guerrero	18°14'25"	97°51'57"	1459
14	Cónico x Pepitilla	Totoltepec de Guerrero	18°13'31"	97°51'44"	1353
15	Cónico x Pepitilla	Totoltepec de Guerrero	18°13'17"	97°52'04"	1376
16	Cónico x Pepitilla	Chila	17°57'19"	97°51'31"	1670
17	Pepitilla	San Pedro Yeloixtlahuaca	18°05'22"	98°05'45"	1115
18	Pepitilla	Ahuehuetitla	18°13'18"	98°13'21"	1166
19	Pepitilla	San Pedro Yeloixtlahuaca	18°03'31"	98°02'39"	1463
20	Pepitilla x Zapalote	Tehuizingo	18°19'06"	98°18'37"	1071
21	Ancho x E. Cónicos	Albino Zertuche	18°00'33"	98°32'08"	1281
22	Ancho	Albino Zertuche	18°00'12"	98°32'07"	1288
23	E. Cónicos x Ancho	Totoltepec de Guerrero	18°12'59"	97°51'01"	1350
24	E. Cónicos x Ancho	San Pablo Anicano	18°08'20"	98°05'17"	1146
25	E. Cónicos x Ancho	San Pedro Yeloixtlahuaca	18°05'08"	98°05'38"	1122
26	E. Cónicos x Ancho	Chila	17°57'27"	97°51'27"	1679
27	E. Cónicos x Ancho	Tehuizingo	18°24'40"	98°20'23"	1039
28	Elotes Cónicos	San Pablo Anicano	18°08'25"	98°04'19"	1137
29	Elotes Cónicos	San Jerónimo Xayacatlán	18°12'56"	97°55'02"	1287
30	Elotes Cónicos	Acatlán	18°17'35"	98°05'04"	1347
31	Vandeño	Axutla	18°11'23"	98°23'42"	861
32	Vandeño	Tehuizingo	18°26'32"	98°17'12"	1056
33	Olotillo	Tehuizingo	18°26'01"	98°17'20"	1050
34	Tuxpeño	San Pablo Anicano	18°07'49"	98°04'16"	1132
35	Mezcla Varietal	Axutla	18°11'54"	98°23'11"	867
36	Mezcla Varietal	Axutla	18°11'57"	98°21'37"	945

CONCLUSIONES

De la información obtenida en relación con la caracterización morfológica de las poblaciones de maíz estudiadas se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Los caracteres cualitativos estudiados muestran que la forma de mazorca cilíndrica-cónica, se presentó en las razas Ancho, Vandeño, Olotillo, Tuxpeño y en la Mezcla Varietal; y para las formas cónica y cilíndrica-cónica predominó en las razas Cónico, Pepitilla y Elotes Cónicos. El tipo de grano harinoso y semiharinoso fue característico de las razas Ancho y Elotes Cónicos, respectivamente, mientras que en el resto de las razas predominó el tipo dentado. La raza Olotillo tuvo color de grano amarillo, mientras que la de Elotes Cónicos mostró color azul y un alto porcentaje de la colectas presentó color blanco.
- Para los caracteres cuantitativos la población 12 (Cónico x Pepitilla) obtuvo los mejores promedios para L.M, NGPH., PM10%H y PG10%H. La población 19 (Pepitilla) destacó por tener la mayor L.G., y la población 22 (Ancho) obtuvo el más alto promedio para P100G y V100G.
- El análisis de conglomerados definió seis grupos de poblaciones indicando que existe una amplia variación entre los materiales locales de maíces evaluados, sobresaliendo el G5 para los atributos de mazorca y el G6 en las características de grano.
- El análisis de componentes principales estableció que las variables con mayor influencia para explicar la variación observada fueron: P100G, V100G y PM10%H en el CP1 y las variables A.G., AG/LG y N.H. en el CP2, además se observó una correlación positiva y altamente significativa entre P100G y V100G ($r=0.995^{**}$) y una correlación negativa y altamente significativa entre A.G. y N.H. ($r= -0.685^{**}$).
- De las 36 poblaciones estudiadas en 10 municipios del estado de Puebla, las más sobresalientes fueron la 11, 12, 13 y 14 (G5) que se ubican en el municipio de Totoltepec de Guerrero y la población 22 (G6) que se localiza en el municipio de Albino Zertuche.

LITERATURA CITADA

- Aragón, F.**, S. Taba, J. M. Hernández, J. D. Figueroa, V. Serrano y F. H. Castro. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. Libro Técnico 6. INIFAP. México D. F.
- Balzarini, M.**, A. Arroyo, C. Bruno y J. Di Rienzo. 2006. Análisis de datos de marcadores con Info-Gen. XXXV Congreso Argentino de Genética, San Luis. Argentina.
- Barbón H. E.** 2017. Caracterización morfológica y comportamiento agronómico de 44 pertenecientes a 5 razas de maíz del estado de Puebla. Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Bellon, M. R.** and J. Risopolous. 2001. Small-scale expand the benefits of improved maize germplasm: a case study from Chiapas. World Development 29(5):799-811.
- Bellon, M. R.**, M. Adato, J. Becerril and D. Mindek. 2005. Impact of improved maize germplasm on poverty alleviation: The case of Tuxpeño-derived materials in Mexico. CIMMYT. México, D. F. 64 p.
- Benz, B. F.** 1986. Taxonomy and evolution of Mexican maize. Ph. D. Diss., University of Wisconsin, Madison. 433 p.
- CDB**, 1992., Convenio sobre la Diversidad Biologica., disponible en:
<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- CONABIO**, 2010. Argumentación para conservar las razas de maíces nativos de México. Taller con especialistas en maíces nativos, realizado los días 17 y 18 de marzo de 2010 en las instalaciones de la CONABIO. México, D. F.
- CONABIO**, 2011. Razas de Maíz en México. Disponible en.
<https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/grupos/conico.html>
- Crossa, J.**, S. Taba, S.A. Eberhart, and P. Bretting. 1994. Practical considerations for maintaining germplasm in maize. Theor Appl Genet. 89: 89-95.
- Cuadras, M.C.** 2018. Nuevos métodos de análisis multivariante. CMC editions. Barcelona. Pp 13.
- Engle, L.M.** 1992. Introduction to concepts of germplasm conservation. En: Germplasm collection, evaluation, documentation and conservation (M.L. Chadna, A.M.K. Anzad Hossain y S.M. Monowar Hossain, comp.). Memorias

del curso realizado en Bangladesh por el Asian Vegetable Research and Development Center, el Bangladesh Agricultural Research Council y el Bangladesh Agricultural Research Institute, mayo 4-6 de 1992. Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan.p. 11-17.

FAO, 2010. Usos del Maíz. Disponible en: www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s08.htm

Fernández, L., J. Crossa, Z. Fundora-Mayor, A.L. Castiñeiras, G. Gálvez, M. García, y C. Giraudy. 2010. Identificación y caracterización de razas de maíz en sistemas campesinos tradicionales de dos áreas rurales de Cuba. Revista Biociencias. 1: 4-8.

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.

Franco T.L., y R. Hidalgo. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.

Fuentes, F. S. 2011. Análisis Conglomerados. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid. 01 p.

Fussell, B. 1992. The story of corn. New York, NY, USA, Alfred A. Knopp.

Gómez, M., N. O., B. Coutiño E. y A. Trujillo C. 2010. Proyecto FZ016 “Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008- 2009”. Informe final de la región Pacífico Sur. INIFAP, Campo Experimental Iguala. Iguala, Guerrero, México. 21 p.

Goodman, M. M. and R. McK. Bird. 1977. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin American races. Economic Botany 31:204-221.

Hernández X., E. y G. Alanís F. 1970. Estudio morfológico de cinco razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticos y fitogeográficas. Agrociencia 5 (1): 3–30.

Hernández, R., J. 2018. Caracterización Morfológica e Interacción Genotipo Ambiente de 24 Poblaciones Pertenecientes a Cuatro Razas de Maíz del Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. UAAAN Saltillo Coahuila. 89 p.

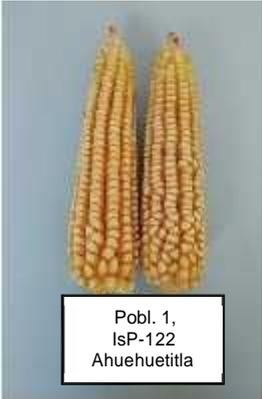
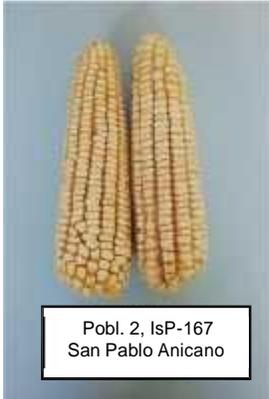
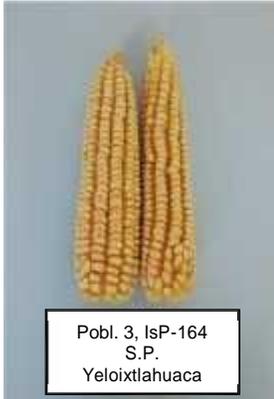
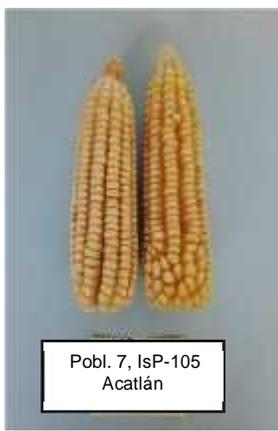
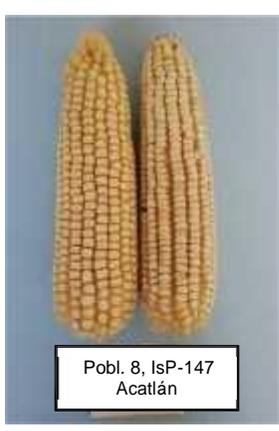
- Hernández, C., M.** 2018. Caracterización y Comportamiento Agronómico de 22 Poblaciones de Maíz de la Región Norte del Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. UAAAN Saltillo Coahuila. 81 p.
- Hidroponía,** 2017. ¿Por qué es importante el maíz en México? . Disponible en: <https://hidroponia.mx/por-que-es-importante-el-cultivo-de-maiz-en-mexico/>
- Hidalgo, R.** 1991. Conservación ex situ. En: Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales (R. Castillo, J. Estrella y C. Tapia, eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador. 71-87.
- IBPGR** (International Board for Plant Genetic Resources). 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)-(IBPGR), Roma, Italia. 88 p.
- INAFED,** 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación. Gobierno del estado de Puebla. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21190a.html>
- INEGI,** (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2006. Anuario de estadísticas por entidad federativa. INEGI, México. 286 p.
- INEGI,** (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria. ENA 2017. Conociendo el campo de México Resultados. 41 p.
- Izquierdo, N. G.** 2013. Usos del Maíz. Efectos del ambiente y del manejo sobre la composición del grano. Artículo. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. La plata, Buenos Aires. 89p.
- Jaramillo, S. y M. Baena.** 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Johnson, E.D.** 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. New York, U.S.A.
- Larinde, M.** 2006, Manual para Manejos de Semillas de Bancos de Germoplasma. Disponible: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Manual_para_el_manejo_de_semillas_en_bancos_de_germoplasma_1261_01.pdf

- McClintock, B., T. A. Kato Y. and A. Blumenschein.** 1981. Chromosome constitution of races of maize: its significance in the interpretation of relationships between race and varieties in the Americas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico. 521p.
- Minitab, Inc.** 2009. Minitab Statistical Software, Versión 16 para Windows, State College, Pennsylvania. Minitab® es una marca comercial registrada de Minitab, Inc.
- Ortega, R. y J. J. Sánchez G.** 1989. Aportaciones al estudio de la diversidad de maíz de las partes altas de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 12: 105–119.
- Pardey, C., M. A. García y N. Moreno.** 2016. Caracterización de maíz procedente del departamento del Magdalena, Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*. 17: 167-190.
- Rocandio, M., A. Santacruz, L. Córdova, H. López, F. Castillo, R. Lobato, J.J. García y R. Ortega.** 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México.
- Ron, J., J. J. Sánchez G., A. A. Jiménez C., J. A. Carrera V., J. G. Martín L., M. M. Morales R., L. de la Cruz L., S. A. Hurtado de la P., S. Mena M. y J. G. Rodríguez F.** 2006. Maíces nativos del Occidente de México 2004. *Scientia-CUCBA* 8(1):1-139.
- Ruiz, C., J. A.; N. Duran; J. J. Sánchez; J. Ron; D. R. Gonzales; J. B. Holland.** 2008. Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 Mexican races. *Crop. Sci.* 48:15022-1512.
- Sánchez, G. J. J., M. M. Goodman and J. O. Rawling.** 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Econ. Bot.* 47:44-59.
- Sánchez J, J., M. M. Goodman and C. W. Stuber.** 2000. Isozymatic and morphological diversity in the Races of maize of México. *Economic Botany*. 54(1): 43–59.
- SAGARPA.** 2015. Producción e Importación de Maíz en México. Disponible en: <http://foroendefensadelmaiz.galeon.com/productos365415.html>.
- SAGARPA.** 2010. Maíz Situación Actual y Perspectiva 1996-2010. Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 01 p.

- SIAP.** 2012. Usos del Maíz. Disponible en: <http://siaprendes.siap.gob.mx/contenidos/2/03-maiz/contexto-5.html>
- Serratos, H.J.A.** 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace. Ciudad de México, .33 p.
- SNICS-CP.** 2009. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de maíz (Zea maíz L.), servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Colegio de Postgraduados (CP), SAGARPA. 118 p.
- SNICS-SAGARPA.** 2009. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y alimentación (SAGARPA). 32 p.
- Taba, S., V. H. Chávez T., M. Rivas y M. Rodríguez A.** 2008. Proyecto FZ007 “Monitoreo y recolección de la diversidad de razas de maíz criollo en la región de la Huasteca en México para complementar las colecciones de los Bancos de Germoplasma de maíz de INIFAP y CIMMYT”. Informe final. CIMMYT. El Batán, Texcoco, México. 17 p.
- Torres, D. A. P.** 2016. La mayor diversidad del maíz es mexicana, con 64 razas en el país, de las 220 existentes en América Latina. Disponible en: <https://masdemx.com/2016/05/estas-son-las-64-razas-de-maiz-en-mexico/>
- Vega, S. Ma.** 2008. Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Vicente, J.** 2006. Introducción al análisis de clúster. Departamento de Estadística. Universidad de Salamanca. 22 p. Disponible en internet: <http://biplot.usal.es/ALUMNOS/CIENCIAS/2ESTADISTICA/MULTIVAR/>
- Watson, S.A.** 1988. Corn marketing, processing, and utilization. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. Corn and corn improvement, p. 882-940. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X.,** en colaboración con P. C. Mangelsdorf. 1951. Razas de maíz en México, su origen, Características y Distribución. Folleto Técnico no.5. Oficina de Estudios Especiales, Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. 237p.

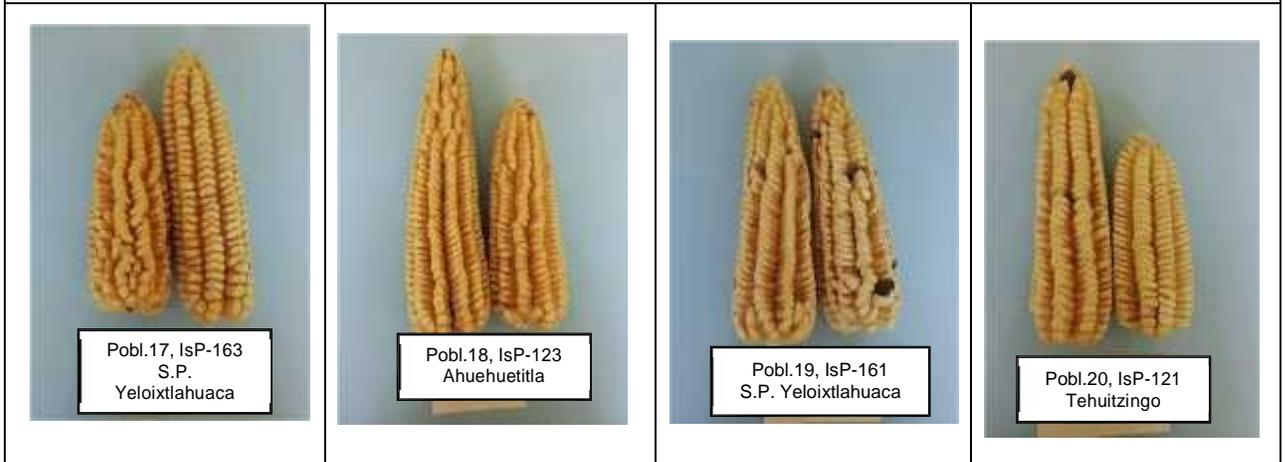
APÉNDICE

Anexo 1. Fotografías de las 36 poblaciones de maíz evaluadas en el estudio

CONICOS			
 <p>Pobl. 1, IsP-122 Ahuehuetitla</p>	 <p>Pobl. 2, IsP-167 San Pablo Anicano</p>	 <p>Pobl. 3, IsP-164 S.P. Yeloixtlahuaca</p>	 <p>Pobl. 4, IsP-137 Albino Zertuche</p>
 <p>Pobl. 5 IsP-145 Chila</p>	 <p>Pobl. 6, IsP-102 Acatlán</p>	 <p>Pobl. 7, IsP-105 Acatlán</p>	 <p>Pobl. 8, IsP-147 Acatlán</p>
 <p>Pobl.9, IsP-126 S.P. Yeloixtlahuaca</p>	 <p>Pobl.10, IsP-132 S.P. Yeloixtlahuaca</p>	 <p>Pobl. 11, IsP-127 Totoltepec de Guerrero</p>	 <p>Pobl. 12, IsP-128 Totoltepec de Guerrero</p>

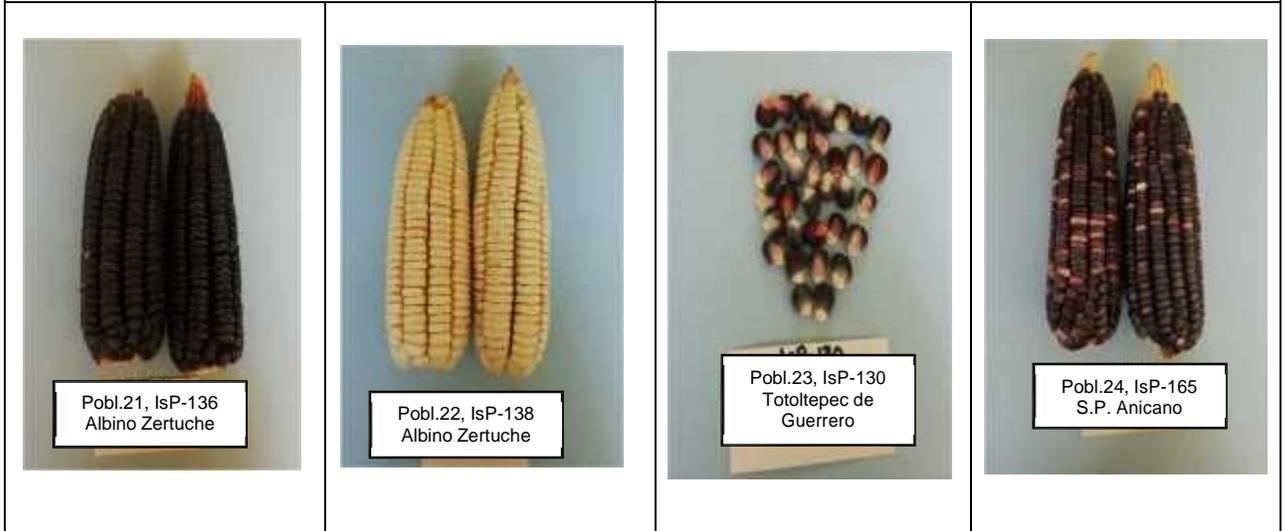


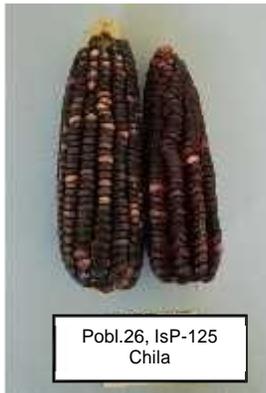
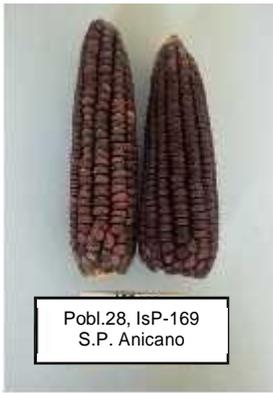
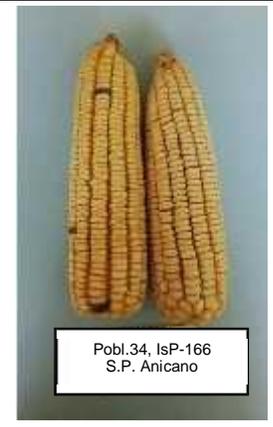
PEPITILLA



ANCHO

ELOTES CONICOS



 <p>Pobl.25, IsP-162 S.P. Yeloixtlahuaca</p>	 <p>Pobl.26, IsP-125 Chila</p>	 <p>Pobl.27, IsP-089 Tehuizingo</p>	 <p>Pobl.28, IsP-169 S.P. Anicano</p>
 <p>Pobl.29, IsP-131 S.J. Xayacatlán</p>	 <p>Pobl.30, IsP-103 Acatlán</p>	<p>OLOTILLO</p>  <p>Pobl.33, IsP-101 Tehuizingo</p>	<p>TUXPEÑO</p>  <p>Pobl.34, IsP-166 S.P. Anicano</p>
<p>MEZCLA VARIETAL</p>		<p>VANDEÑO</p>	
 <p>Pobl.35, IsP-143 Axutla</p>	 <p>Pobl.36, IsP-144 Axutla</p>	 <p>Pobl.31, IsP-142 Axutla</p>	 <p>Pobl.32, IsP-100 Tehuizingo</p>

Anexo 2. Relación de razas de maíz y sus custodios de la región Mixteca del estado de Puebla, cooperantes en el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos.

Pob.	Adiciones	Raza	Nombre del custodio	Municipio
1	UAAANIsP-122	Cónico blanco	Benedicta Modesto Calixto	Ahuehuetitla
2	UAAANIsP-167	Cónico blanco	Ramona Galeano Gil	San Pablo Anicano
3	UAAANIsP-164	Cónico blanco	Josefina Ariza Rendón	S.P. Yeloixtlahuaca ²
4	UAAANIsP-137	Cónico x Ancho	Senén Martínez Rojel	Albino Zertuche
5	UAAANIsP-145	Cónico x Ancho	Rodolfo García Guzmán	Chila
6	UAAANIsP-102	Cónico x Pepitilla	Pedro Marín Rojas	Acatlán
7	UAAANIsP-105	Cónico x Pepitilla	Aurelia Ramírez Maceda	Acatlán
8	UAAANIsP-147	Cónico x Pepitilla	Edilberto Herrera Ramos	Acatlán
9	UAAANIsP-126	Cónico x Pepitilla	Wenceslao Cardozo Martínez.	S.J. Xayacatlán ³
10	UAAANIsP-132	Cónico x Pepitilla	Macario Villanueva Martínez	S.J. Xayacatlán
11	UAAANIsP-127	Cónico x Pepitilla	Emmanuel Valle Marcial	Totoltepec de Gro. ⁴
12	UAAANIsP-128	Cónico x Pepitilla	Emperador Santos Peralta	Totoltepec de Gro.
13	UAAANIsP-129	Cónico x Pepitilla	David Marcial Gómez	Totoltepec de Gro.
14	UAAANIsP-171	Cónico x Pepitilla	Aristeo Martínez Duarte	Totoltepec de Gro.
15	UAAANIsP-172	Cónico x Pepitilla	Micaela F. Lara Rodríguez	Totoltepec de Gro.
16	UAAANIsP-124	Cónico x Pepitilla	Rafael Ramos Crespo	Chila
17	UAAANIsP-163	Pepitilla	Cecilia G. Tapia Ambrosio	S.P. Yeloixtlahuaca
18	UAAANIsP-123	Pepitilla	Patricia Navarrete Onofre	Ahuehuetitla
19	UAAANIsP-161	Pepitilla	Dionisio Velázquez Herrera	S.P. Yeloixtlahuaca
20	UAAANIsP-121	Pepitilla x Zapalote	Elías Sánchez Lucero	Tehuiztingo
21	UAAANIsP-136	Ancho x E. Cónicos	Serafín C. Salas Ventura	Albino Zertuche
22	UAAANIsP-138	Ancho	Senén Martínez Rojel	Albino Zertuche
23	UAAANIsP-130	E. Cónicos ¹ x Ancho	Ángela Catarino Martínez	Totoltepec de Gro.
24	UAAANIsP-165	E. Cónicos x Ancho	Ernestina Saavedra Sánchez	San Pablo Anicano
25	UAAANIsP-162	E. Cónicos x Ancho	Catalina C. Vivar Crisanto	S.P. Yeloixtlahuaca
26	UAAANIsP-125	E. Cónicos x Ancho	María Martínez Bravo	Chila
27	UAAANIsP-089	E. Cónicos x Ancho	Epifanio Flores Leal	Tehuiztingo
28	UAAANIsP-169	Elotes Cónicos	Carolina Rivera Méndez	San Pablo Anicano
29	UAAANIsP-131	Elotes Cónicos	Clara Lara Romero	S.J. Xayacatlán
30	UAAANIsP-103	Elotes Cónicos	Agustina Martínez Herrera	Acatlán
31	UAAANIsP-142	Vandeño	Silvestre Enríquez Zúñiga	Axutla
32	UAAANIsP-100	Vandeño	Alfredo Hernández Mendoza	Tehuiztingo
33	UAAANIsP-101	Olotillo	Alberto Bello Moreno	Tehuiztingo
34	UAAANIsP-166	Tuxpeño	Macario G. Galeano Gil	San Pablo Anicano
35	UAAANIsP-143	Mezcla Varietal	Cleofás Hernández Gómez	Axutla
36	UAAANIsP-144	Mezcla Varietal	Marcos F. Leal Delgado	Axutla

¹E. Cónicos= Elotes Cónicos; ²S.P. Yeloixtlahuaca= San Pedro Yeloixtlahuaca, ³S.J. Xayacatlán= San Jerónimo Xayacatlán, ⁴Totoltepec de Gro.=Totoltepec de Guerrero.

Anexo 3. Valores de distancia euclidiana y pasos de enlace para las 36 poblaciones y 16 variables, método enlace completo.

Paso	Número de Conglomerados	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados		Poblaciones en el Conglomerado
1	35	1.099	32	33	2
2	34	1.303	35	36	2
3	33	1.783	6	9	2
4	32	1.821	25	28	2
5	31	2.007	21	27	2
6	30	2.094	3	29	2
7	29	2.496	3	30	3
8	28	2.566	1	24	2
9	27	2.576	3	19	4
10	26	2.588	15	16	2
11	25	2.588	4	20	2
12	24	2.610	2	34	2
13	23	2.723	1	25	4
14	22	2.747	8	18	2
15	21	3.005	17	26	2
16	20	3.049	5	35	3
17	19	3.054	4	32	4
18	18	3.064	13	14	2
19	17	3.219	5	31	4
20	16	3.625	6	10	3
21	15	3.742	3	7	5
22	14	3.858	8	17	4
23	13	4.068	1	23	5
24	12	4.166	3	6	8
25	11	4.318	12	13	3
26	10	4.528	4	21	6
27	9	4.596	3	15	10
28	8	4.754	2	8	6
29	7	5.200	4	5	10
30	6	6.574	11	12	4
31	5	6.605	2	3	16
32	4	8.220	2	4	26
33	3	9.862	1	2	31
34	2	11.333	1	11	35
35	1	13.884	1	22	36

Anexo 4. Valores de correlación fenotípica entre las variables consideradas en el análisis de componentes principales.

Variable	L.M.	D.M.	D.O.	N.H.	NGPH	PM10%H	PG10%H	Desgr.
D.M.	0.221							
D.O.	0.418*	0.645**						
N.H.	0.015	0.479**	0.437**					
NGPH	0.690**	0.259	0.203	0.092				
PM10%H	0.602**	0.682**	0.650**	0.468**	0.092			
PG10%H	0.587**	0.686**	0.592**	0.481**	0.717**	0.978**		
Desgr.	-0.285	-0.325	-0.647**	-0.207	0.021	-0.357*	-0.204	
L.G.	0.047	0.499**	0.005	0.143	0.326	0.490**	0.548**	0.112
A.G.	0.251	0.056	0.205	-0.685**	-0.036	0.010	-0.054	-0.263
G.G.	0.342*	0.238	0.424**	-0.267	-0.246	0.111	0.066	-0.416*
AG/LG	0.193	-0.274	0.155	-0.600**	-0.189	-0.283	-0.368*	-0.277
GG/LG	0.172	-0.234	0.236	-0.203	-0.359*	-0.290	-0.360*	-0.330*
GG/AG	-0.079	0.126	0.054	0.705**	-0.169	-0.070	0.121	0.032
P100G	0.399*	0.371*	0.281	-0.369*	0.078	0.339*	0.326	-0.213
V100G	0.258	0.337*	0.217	-0.431**	0.054	0.270	0.253	-0.184
Variable	L.G.	A.G.	G.G.	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G	
A.G.	-0.026							
G.G.	-0.130	0.666**						
AG/LG	-0.655**	0.764**	0.568**					
GG/LG	-0.836**	0.345*	0.635**	0.794**				
GG/AG	-0.026	-0.792**	-0.088	-0.584**	0.020			
P100G	0.382*	0.783**	0.758**	0.338*	0.101	-0.409*		
V100G	0.449**	0.802**	0.673**	0.306	-0.001	-0.485**	0.995**	

*Significativo al 0.05 de probabilidad; **Altamente significativo al 0.01 de probabilidad.