

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Caracterización y Comportamiento Agronómico de 22 Poblaciones de Maíz de la
Región Norte del Estado de Puebla

Por:

MARIO HERNÁNDEZ CORDERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Caracterización y Comportamiento Agronómico de 22 Poblaciones de Maíz de la
Región Norte del Estado de Puebla

Por:

MARIO HERNÁNDEZ CORDERO

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. José Luis Herrera Ayala
Coasesor

Dr. Armando Muñoz Urbina
Coasesor

Dr. Gabriel Sallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2018

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo en primer lugar a mi inolvidable amigo Eduardo Jiménez Paulino†, por apoyarme en los momentos más difíciles que me tope durante mi carrera profesional y por cuidarme e iluminar mi camino. Siempre estarás en mi corazón.

A Dios por darme la fuerza y la esperanza en cada momento de mi vida.

A mis padres Mario Hernández Ramírez y Alicia Cordero Martínez, porque han guiado cada etapa de mi vida con sabios consejos y por su apoyo incondicional en la realización de un sueño más, un sueño que hoy es una realidad. Gracias por creer en mí.

A mis hermanos Raúl, Daniel Alejandro y Genoveva por el cariño que siempre me han brindado y motivarme para seguir adelante. Los amo.

A mis amigos Juan Carlos y Claudia Irais Lucas Ruiz, por brindarme su amistad y cariño durante toda la carrera. Los llevo muy dentro del corazón.

A mis amigos y roomies, Leonel Rosario y Eduardo Juárez por todos los momentos que hemos compartido juntos disfrutando las cosas que más nos gustan, alegrías y disgustos pasamos, pero siempre fiel a nuestra amistad.

A mí querido padrino y amigo, el licenciado Antonio Canales Cueva por su apoyo, confianza y amistad. Gracias por el apoyo otorgado durante mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores:

M.C. Ma Cristina Vega Sánchez por compartir sus conocimientos conmigo, su valioso tiempo y dedicación en la realización de este trabajo y sobre todo por la confianza y su amistad hacia mi persona.

Dr. Armando Muñoz Urbina por su invaluable apoyo en la realización de este trabajo y por sus conocimientos compartidos.

M.C. José Luis Herrera Ayala por compartir sus conocimientos conmigo, para la realización de mi tesis.

A mi ALMA MATER y a su benefactor Don Antonio Narro Rodríguez por hacer de esta institución un orgullo para México, con el principal objetivo de preparar jóvenes en una disciplina profesional para las labores del campo.

Andrea Gamez Espinoza y a su familia por la amistad y cariño que me han brindado en esta última etapa de mi carrera profesional y por estar conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias chaparra.

A los custodios de las razas de maíz que se mencionan en este trabajo.

**“DALE ALIMENTO AL HOMBRE Y COMERÁ POR UN DÍA,
ENSÉÑALE A PRODUCIR Y SE PODRÁ ALIMENTAR TODA SU VIDA”**

(Adaptación propia de un proverbio chino)

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
APÉNDICE.....	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	3
HIPÓTESIS:.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Descripción taxonómica del maíz	4
Descripción botánica del maíz	4
Origen y domesticación	5
Importancia del maíz.....	6
Usos del maíz	6
Importancia de la diversidad de maíz en México	8
Concepto de raza.....	10
Conservación de germoplasma	13
Conservación <i>in situ</i>	14
Conservación <i>ex situ</i>	15
Banco de germoplasma	15
Análisis de Conglomerados	16
Análisis de Componentes Principales.....	17
Estudios relacionados con el presente trabajo	17
Descripción de las razas de maíz bajo estudio.....	20
Palomero	20
Arrocillo.....	22
Cónico	23
Elotes cónicos	25

Chalqueño	26
Conejo	28
Tuxpeño.....	29
Características de los municipios.....	31
Atempan	31
Chignahuapan	31
Tetela de ocampo.....	32
Zacatlán.....	32
Xicotepec.....	33
Pantepec	34
Tenampulco.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
Material genético	35
Variables evaluadas para la caracterización.....	36
Características agronómicas evaluadas en las poblaciones.....	38
Análisis de varianza para el carácter de rendimiento.....	40
Análisis multivariados	41
Análisis de conglomerados.....	41
Análisis de componentes principales.....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
Caracteres cualitativos de las poblaciones	44
Caracteres cuantitativos de mazorca y grano	47
Análisis de Conglomerados	50
Análisis de Componentes Principales.....	53
Análisis de varianza (ANOVA) para rendimiento de mazorca y grano con promedios para las variables agronómicas	57
Georreferenciación de las parcelas de conservación <i>in situ</i> y su rendimiento.....	61
CONCLUSIONES	63
LITERATURA CITADA.....	65
APÉNDICE.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Poblaciones evaluadas <i>in situ</i> en la región norte del estado de Puebla.	35
Cuadro 2. Características cuantitativas evaluadas en 22 poblaciones de maíz del Estado de Puebla.	36
Cuadro 3. Características cualitativas evaluadas en 22 poblaciones de maíz.	46
Cuadro 4. Promedios de las 16 características evaluadas en las 22 poblaciones de maíz en el estado de Puebla.	48
Cuadro 5. Valores de distancia euclidiana y pasos enlace para 22 poblaciones de maíz y 16 características, método enlace completo.	50
Cuadro 6. Promedios de los siete grupos obtenidos en el Dendograma con las características evaluadas en las poblaciones de maíz.	53
Cuadro 7. Valores y vectores propios para los tres primeros componentes principales y 16 variables originales de mayor a menor influencia en la caracterización de las 22 poblaciones de maíz.	54
Cuadro 8. Cuadrado medios y coeficientes de variación para rendimiento de mazorca y grano de 22 poblaciones de maíz evaluadas <i>in situ</i> .	58
Cuadro 9. Comparación de medias para las variables de rendimiento de mazorca y grano al 15% de humedad.	58
Cuadro 10. Promedio de los datos agronómicos de las poblaciones evaluadas, ordenadas en relación al rendimiento de mazorca con la prueba de medias (DMS).	60
Cuadro 11. Relación de las razas y ubicación geográfica de las 22 parcelas de conservación <i>in situ</i> en el Estado de Puebla.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dendograma de 22 poblaciones de maíz construido mediante enlace completo con distancia euclidiana derivada de 16 variables morfológicas.	51
Figura 2. Distribución de las 16 variables y su relación con el peso de los vectores sobre los primeros componentes principales.	55
Figura 3. Distribución y agrupación de 22 poblaciones de maíz de acuerdo a sus características de mazorca y grano con respecto a los dos primeros componentes principales.	57
Figura 4. Georeferenciación de los municipios donde se ubican las parcelas <i>in situ</i> .	62

APÉNDICE

Anexo 1. Correlación de Pearson entre las variables	75
Anexo 2. Imágenes de las razas de Maíz evaluadas	76
Anexo 3. Relación de razas de maíz y sus custodios de la región norte del estado de Puebla, cooperantes en el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos	81

RESUMEN

Con la finalidad de conocer la diversidad de maíces nativos del Estado de Puebla, México, se realizó una recolección sistemática en siete municipios de la región norte de dicho estado, donde se evaluó la caracterización morfológica y agronómica *in situ* de 22 poblaciones de maíz pertenecientes a siete razas y una mezcla varietal, dicha recolección se localiza 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) esto con la finalidad de conservar de manera *ex situ* dichos materiales.

Se analizaron cuatro características cualitativas donde hubo variación significativa en cuanto a la textura y color de grano, esto por la gran diversidad genética existente entre las poblaciones. Para las características cuantitativas tanto para grano y mazorca la población 7 perteneciente a la raza Cónico fue la que registró el mayor número de hileras y peso de mazorca al 10% de humedad y la población 21 de la raza Tuxpeño fue quien presentó la mayor longitud de mazorca y el mayor número de granos por hilera.

Dentro de las características cuantitativas se analizaron 16 variables de cada colecta de maíz, con los cuales se realizó un análisis de multivariado que incluye el análisis de conglomerado para determinar los grupos raciales y el análisis de componentes principales (CP) que explica la variabilidad total de las variables correlacionadas. Como resultado del análisis de conglomerados se encontraron siete grupos donde difirieron en características morfológicas entre grupos, pero con características similares dentro de cada grupo. Los resultados del análisis de componentes principales mostraron que los dos primeros componentes explicaron el 61.1% de la variación total; las variables con mayor contribución fueron longitud de mazorca, número de granos por hilera y ancho de grano esto en el CP1 y para el CP2 las variables con mayor peso fueron diámetro de mazorca, longitud de grano, peso de mazorca y grano al 10% de humedad.

Palabras clave: maíz, razas, caracterización, conservación *in situ* y *ex situ*, análisis de conglomerados, componentes principales.

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz forma parte de nuestra alimentación diaria, es el cultivo de mayor presencia en el país, constituye un insumo para la ganadería y para la obtención de numerosos productos industriales, por lo que, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social, es el cultivo agrícola más importante (Hernández 1971, SIAP 2017). Es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo después del trigo en producción total (SNICS-SAGARPA, 2015).

Se reconoce a México como el centro de origen, diversificación y domesticación del maíz y como resultado de la expansión de la especie hacia la mayoría de los agroecosistemas, se ha diversificado en un gran número de razas. Diversos estudios de la variabilidad del maíz, tanto morfológica como genética, muestran que existe una gran diversidad en las poblaciones mexicanas. Actualmente se reportan para el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Vigouroux et al., 2008), y su diversidad genética en México se ha estudiado y clasificado en más de 59 razas.

Por sus profundas raíces históricas y culturales el maíz se cultiva en un mosaico de regiones agrícolas, socioeconómicas y tecnológicas de México, en estos sistemas de producción tradicional mexicano, los agricultores preservan *in situ* y en constante proceso de evolución bajo domesticación uno de los mayores acervos genéticos mundiales de maíz. Esta variación genética está influenciada por factores climáticos, edáficos, culturales y económicos asociados tanto a los nichos agroecológicos de producción como a las comunidades de agricultores. (SNICS-SAGARPA, 2015).

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, Wellhausen *et al.*, 1951), así como para describir la diversidad a nivel de paisaje (Perales y Golicher 2011). Sin embargo, cada raza puede comprender numerosas variantes diferenciadas en formas de mazorca, color y textura de grano, adaptaciones y diversidad genética. Las razas de maíz de México

se han agrupado, con base en caracteres morfológicos, de adaptación y genéticos (isoenzimas) en siete grupos o complejos raciales (Goodman y Mck Bird 1977, Ruíz *et al.* 2008, Sánchez *et al.* 2000).

El manejo del cultivo a pequeña escala por parte de los agricultores constituye una clave en la evolución del maíz y su diversidad (Pressoir y Berthaud, 2004), ya que, por lo general los agricultores conservan mezclas de dos o más variedades. Las prácticas de cultivo, que incluyen en muchas ocasiones el manejo de numerosas poblaciones diferentes de maíz en un área pequeña, han propiciado toda la variabilidad que existe *in situ*, en los sistemas de fincas tradicionales. Una de las mayores incógnitas en la evolución del maíz es cómo explicar la extraordinaria diversidad morfológica y genética que existe entre los maíces tradicionales (Matsuoka *et al.*, 2002); aspecto de gran interés para los investigadores y genetistas del cultivo.

En México el Estado de Puebla ocupa el octavo lugar en superficie cosechada de maíz (INEGI, 2010) y 93 % de esa área se cultiva en condiciones de temporal (INEGI, 2007). Gil *et al.* (2004) estudiaron la diversidad de maíz en 15 microrregiones del Estado de Puebla y encontraron una amplia variación en días a floración femenina, color de grano y características agronómicas. Esta diversidad también ha sido reportada para el Valle de Puebla (Hortelano *et al.*, 2008).

A partir del año 2008 el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos (PMMM) en el estado de Puebla inició la colecta de razas de maíz para su estudio, razas que se encuentran resguardadas en el Banco Nacional de Germoplasma de los Productores de Maíz de México (BNGPMM) con sede en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Por lo que el presente estudio está dirigido a la caracterización morfológica y agronómica lo que permitirá conocer su respuesta para su organización en el banco de germoplasma.

OBJETIVOS

General:

- Estudiar 22 poblaciones pertenecientes a siete razas de maíz, obtenidas de parcelas de conservación *in situ* de la región norte del Estado de Puebla.

Específicos:

- Caracterizar morfológicamente las poblaciones de maíz, realizando un análisis multivariado que agrupe las poblaciones en base a similitud de características.
- Evaluar el comportamiento agronómico de las poblaciones establecidas en parcelas de conservación *in situ*.

HIPÓTESIS:

- El estudio de las poblaciones de maíz permitirá conocer su diversidad genética y explicar su respuesta agronómica para organizar el material en el banco de germoplasma y así saber de su potencial para usos posteriores de mejoramiento genético.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción taxonómica del maíz

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Maydeae
Genero	Zea
Nombre científico	<i>Zea mays</i>

Descripción botánica del maíz

Tallo

El maíz es una planta de porte robusto y de hábito anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de dos a seis m, con pocos macollos o ramificaciones, aspecto que recuerda al de una caña por la presencia de nudos y entrenudos y su médula esponjosa.

Hoja

Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable.

Raíz

Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta (Jugenheimer, 1988).

Inflorescencias

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

Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se localizan en las yemas axilares de las hojas, son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen. La inflorescencia femenina (mazorca) puede formar alrededor de 400 a 1000 granos arreglados en promedio de 8 a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas (totomoxtle), los estilos largos saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso se conocen como pelo de elote; el jilote es el elote tierno (Reyes, 1990; Jugenheimer, 1988).

Origen y domesticación

México se considera como el centro de origen y diversidad del maíz, cultivo que ha estado prácticamente en toda su historia y desarrollo (Hellin y Keleman, 2013). Bedoya y Chávez (2010), señalan que en la actualidad la comunidad científica internacional acepta que el *teocintle* anual mexicano es el ancestro del maíz.

Aunque el período exacto de domesticación y los ancestros de los cuales surgió el maíz no son concluyentes. Se cree que hacia el año 3000 a.c. la domesticación de las plantas en el centro-sur de México era total y que la introducción del maíz al noroeste de México y el suroeste de E.U. puede atribuirse a la dispersión de grupos hablantes yuto-azteca que ocurrió durante los primeros siglos inmediatamente después del periodo Altitermal (Holoceno Medio), aproximadamente 1500 años

después de su domesticación inicial (Carpenter *et al.* 2005). Su evolución es producto de la interacción de los procesos biológicos y factores ecológicos con la dinámica cultural y los intereses del hombre (Benz, 1997).

Importancia del maíz

El maíz es el cultivo nacional presente en todos los estados, los climas y en todas las altitudes. Se siembran diversas variedades y se consume de distintas formas. Es el principal cultivo tanto por la superficie que se siembra como por el volumen de producción que se obtiene. En México ningún otro cultivo tiene tanta importancia como el maíz. Desde la perspectiva productiva, se ubica como el principal cultivo en comparación con el sorgo, trigo, cebada, arroz y avena, los cereales más cultivados en el territorio mexicano. El maíz grano representa 85% del volumen nacional de cereales y 2.8 de la producción mundial (SAGARPA-gob.mx, 2016).

En este contexto, en el país se pueden identificar claramente dos sistemas de producción del maíz, el sistema comercial y el de autoconsumo. La producción de autoconsumo, se relaciona con el minifundio. Se basa en el uso intensivo de la mano de obra familiar. Los estados con este sistema son Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Yucatán, entre los más importantes. Estas zonas productoras de autoconsumo presentan una correlación estrecha con las regiones de alta marginación y pobreza del país (SAGARPA-gob.mx, 2016).

El maíz es el cereal de mayor y más amplia distribución a nivel mundial y ocupa el tercer lugar en los estimativos de producción total, después del arroz y el trigo, que se produce en casi 100 millones de hectáreas en 125 países (González *et al.*, 2013).

Usos del maíz

Desde la época precolombina los antiguos pobladores hacían uso del teocintle y el maíz del que tal vez se bebía el jugo dulce de la caña. Por selección humana, se llegó a producir un maíz primitivo, que se consumía de diversas maneras. Una de

ellas era sencillamente calentarlo hasta que la semilla explotara en la forma que hoy conocemos como “palomita de maíz” es probable que también se moliera hasta producir harina. Sin duda, el proceso de nixtamalización para la elaboración de la masa para tortillas y tamales es uno de los grandes logros de las culturas mesoamericanas, al favorecer la bio-disposición del calcio, aminoácidos y la niacina (Iltis, 2000; Vargas, 2007).

La caña se utiliza en la construcción como también en el tallado de bellas figuras (incluyendo algunos Cristos presentes en iglesias), se le utiliza como medicina, ha servido de envoltura, abono, combustible, bebida refrescante o embriagante. La hoja sirve como envoltura de tamales, para fabricar objetos rituales o artesanales como recipientes y para amarrar manojos de hierbas y especias, por muchos años los cigarrillos venían envueltos en hojas de totomoxtle. El olote, corazón de la mazorca se emplea como combustible y alimento para animales, como herramienta para desgranar las mazorcas, pulir madera y piezas de alfarería, o como tapón de recipientes. El maíz también se emplea con propósitos medicinales, para curar diversos males del cuerpo y del alma. En fin, sus usos tradicionales parecerían infinitos (Esteva, 2003).

Por otro lado, se le considera un recurso energético renovable, ya que de él se obtiene el etanol, un alcohol derivado de la fermentación del almidón del maíz que se utiliza principalmente como combustible de automóviles y camiones (Esteva, 2003).

Siendo el cultivo básico de la dieta mesoamericana la diversidad de platillos es muy amplia. En 1982, el Museo de Culturas Populares, editó un recetario que contiene 605 recetas provenientes de todos los estados. Posteriormente Alarcón *et al.*, (2001), revisaron las publicaciones sobre la gastronomía indígena y popular de México editadas por el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes de 23 pueblos indios. Unificó la información, agrupando las recetas en los siguientes temas: tamales, dulces, caldos, guisos, bebidas, tortillas, lácteos, platillos ceremoniales, platillos medicinales, panes, salsas y atoles.

Entre los usos modernos del maíz destacan harinas industrializadas, aceite, almidón, cereales, industria para botanas y pigmentos. El maíz se puede transformar en productos como almidón, fructosa, dextrosa; en forma de grits para la elaboración de bebidas (cerveza, whisky), etanol (para bebidas o como parte de gasolina para vehículos) y una gran cantidad de productos y subproductos que posteriormente pueden ser usados por diversas industrias como la alimentaria, farmacéutica, electrónica, textil, minera, etc.

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

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

Importancia de la diversidad de maíz en México

La forma cultivada del género *Zea* (maíz), está representada en México por casi 50 razas, con características especiales de uso y adaptación a las diferentes condiciones ambientales y sistemas de producción (Benz *et al.*, 1993). Otros autores señalan que son 41 las razas puras de maíz (Ortega *et al.*, 1991) en tanto que Sánchez *et al.* (2000) mencionan que son 59 razas de maíz. Louette (1996) destaca que la diversidad genética del maíz en México es un proceso dinámico, existiendo

miles de variedades de más de 30 razas que se transportan e intercambian constantemente entre localidades y regiones a veces separadas por grandes distancias. Altieri (1991), Altieri y Masera (1993), y Altieri (1993) señalan que la diversidad genética depende del manejo directo que el hombre tiene con respecto a los cultivos, como por ejemplo las prácticas agrícolas desarrolladas por culturas particulares y a las formas de conocimiento complejo que éstas representan.

Las investigaciones sobre el maíz en México que se han revisado hasta el momento se han enfocado en aspectos morfológicos del maíz, así como en demostrar como la biodiversidad del maíz se explica por las prácticas de cultivo y la presencia de localidades rurales en el país por el lado social. En términos biológicos, son la presencia de plantas y animales asociadas al cultivo del maíz las que explican la diversidad del mismo. En resumen, la diversidad del maíz está explicada por los sistemas ambientales que convergen en los sitios donde se cultiva maíz, así como de las formas de producción (ACAAN, 2004).

Hellin y Bellon (2007) comentan que las prácticas tradicionales de manejo de las semillas de maíz incluyen el uso de las que proceden de la última cosecha o que se obtienen de familiares o amigos. Por ello, resulta importante conocer el papel que juega el agricultor en la selección, manejo y almacenamiento de la semilla a través de variables como: rendimiento, facilidad de manejo y sabor. A su vez, es una característica común entre los agricultores tener más de una variedad local de un mismo sistema de cultivo, lo cual no es exclusivo del maíz. Esta es una manera de lidiar con el estrés y los altos riesgos que implica la producción agrícola en ambientes marginales.

En ambientes poco favorables, los agricultores no han adoptado fácilmente las variedades mejoradas de maíz, debido a que no cumplen con las características especiales para la producción y el consumo requeridas, y además con frecuencia son demasiado caras. En estas zonas que generalmente son las más tradicionales, los agricultores continúan cultivando variedades locales. Sin embargo, la situación está cambiando por la evolución de las prácticas agrícolas y porque las semillas de maíz son más fáciles de conseguir. (Henlli y Bellon, 2007).

Entre las características físicas que determinan el uso de semillas criollas se puede señalar a que este tipo de especies poseen mejores capacidades de adaptación tanto a sequías, suelos pobres y condiciones climáticas extremas incluso son más resistentes a plagas (Perales *et al.*, 2003). Otro aspecto que favorece la diversidad del maíz es la existencia de platillos tradicionales como pozole, tamales y pinoles que en cada región del país usan diferentes tipos de maíz (Smale *et al.*, 2001) que determinan la selección de una variedad de maíz según sus condiciones de sabor y vista.

Por otra parte, Escobar (2006), señala que la pérdida de las variedades de maíces criollos se debe en gran parte a que: el maíz blanco tiene mejor precio que otros maíces criollos de colores, la introducción de semillas mejoradas por parte de los gobiernos locales que son más productivas en los sistemas de monocultivo y el incremento de la migración en las localidades rurales.

Zietz y Seals (2006) trataron de analizar como la introducción comercial de variedades modificadas de este grano afectan a la diversidad del maíz en México, teniendo en cuenta que los productores y los hogares son las principales herramientas para la conservación de la diversidad.

Concepto de raza

Para entender su amplitud de adaptación ambiental y características morfológicas apropiadas para diversos usos, las poblaciones de maíz se agrupan con base en la categoría de raza. El término raza se ha utilizado en el maíz y en las plantas cultivadas para agrupar individuos o poblaciones que comparten características en común, de orden morfológico, ecológico, genético y de historia de cultivo, que permiten diferenciarlas como grupo (Anderson y Cutler 1942, Harlan y de Wet 1971, Hernández y Alanís 1970).

Las razas se agrupan a su vez 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 y McK. Bird 1977, Ruíz *et al.* 2008, Sánchez 1989, Sánchez *et al.* 2000).

El concepto y la categoría de raza es 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, Wellhausen *et al.*, 1957), así como para describir la diversidad a nivel de paisaje (Perales y Golicher 2011). Sin embargo, cada raza puede comprender numerosas variantes diferenciadas en formas de mazorca, color y textura de grano, adaptaciones y diversidad genética.

Las razas se nombran a partir de distintas características fenotípicas (Cónico, por la forma de la mazorca), tipo de grano (Reventador, por la capacidad del grano para explotar y producir palomitas), por el lugar o región donde inicialmente fueron colectadas o son relevantes (Tuxpeño de Tuxpam, Veracruz; Chalqueño, típico del Valle de Chalco) o por el nombre con que son conocidas por los grupos indígenas o mestizos que las cultivan (Zapalote Chico en el Istmo de Oaxaca o Apachito en la Sierra Tarahumara) (McClintock *et al.*, 1981, Wellhausen *et al.*, 1957).

En América Latina se han descrito cerca de 220 razas de maíz (Goodman y McK. Bird. 1977), de las cuales 64 (29%) se han identificado, y descrito en su mayoría, para México (Anderson 1946, Wellhausen *et al.* 1951, Hernández y Alanís 1970, Ortega 1985, Sánchez 1989, Sánchez *et al.* 2000).

De las 64 razas que se reportan para México, 59 se pueden considerar nativas y 5 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. (CONABIO 2010).

El estudio sistemático de la variación racial del maíz existente en México se inició con Vavilov (1951) y Anderson y Cutler (1942). Posteriormente con la formación de la institución Estudios Especiales (SAG-Fundación Rockefeller) en 1943 se llevó a cabo una recolección de muestras de maíz de todo el territorio mexicano y con el estudio

de ese material se hizo la primera publicación sobre la variación racial y su distribución geográfica del maíz en México (Wellhausen *et al.* 1951).

Importancia de la caracterización

Para comenzar debemos tener en cuenta la definición de caracterización: es un conjunto de observaciones que permiten distinguir a una población de plantas que constituyen una variedad vegetal.

Una de las primeras clasificaciones del maíz (*Zea mays* L.) fue la realizada por Sturtevant (1899), quien propuso siete grupos principales (dentado, cristalino, dulce, harinoso, reventón, ceroso y tunicado), cinco de los cuales se basaron en la composición del endospermo de los granos. Posteriormente, Anderson y Cutler (1942) consideraron que la clasificación de Sturtevant era muy artificial porque estos grupos no eran indicativos de relaciones naturales entre ellos, por lo que propusieron una clasificación basada en la constitución genética total que incluyera características de espiga, mazorca y grano.

Por décadas varios investigadores han señalado a las variables morfológicas como una herramienta útil para la clasificación racial en maíz (Anderson y Cutler, 1942; Anderson, 1945; Wellhausen *et al.*, 1951; Goodman y Paterniani, 1969; Hernández y Alanís, 1970). Por tanto, para lograr una caracterización racial correcta es necesario conocer de manera detallada la variación existente dentro de las razas (Castillo, 1993), lo que implica valorar la diversidad de poblaciones consideradas como variantes de una raza, con el propósito de diseñar el aprovechamiento de algunas formas dentro de la diversidad genética regional de la especie.

Con respecto a la caracterización de las razas nativas, cabe mencionar que durante mucho tiempo la investigación se ha centrado en el rendimiento de materia seca del grano y otros rasgos agronómicos (Turrent *et al.* 2012).

Los estudios de la diversidad del maíz de la parte central de México han incluido escasas muestras representativas de las razas reportadas en la región (Wellhausen *et al.* 1951; Ortega y Sánchez, 1989), o bien se han concentrado en una sola raza (Romero *et al.* 2002; Herrera *et al.* 2004; Mijangos *et al.* 2007) la mayor parte de los

estudios realizados hasta ahora se han hecho desde una perspectiva muy global, abarcando al mismo tiempo todas o la gran mayoría de las razas pero con un número de poblaciones muy limitado de cada una de ellas, dando como resultado una idea muy limitada de la amplitud de la diversidad existente dentro de cada una de las razas; tampoco se han determinado los caracteres más apropiados para la sistematización de la diversidad de estos maíces en particular.

Por todo lo anterior, la protección, caracterización y conservación del germoplasma nativo, así como los saberes y conocimientos tradicionales asociados, son acciones impostergables, sobre todo ante las evidencias que existen de pérdida y extinción de algunas poblaciones (Lazos y Chauvet, 2011; Ortega, 2003; Ortega *et al.*, 2011), situación que podría agudizarse ante los efectos del cambio climático (Bellon *et al.*, 2011).

Conservación de germoplasma

Las plantas se conservan dependiendo de su necesidad y/o utilidad actuales y futuras. Los recursos fitogenéticos se pueden conservar en sus hábitats naturales (*in situ*), en condiciones diferentes a las de su hábitat natural (*ex situ*), o combinando los métodos *in situ* y *ex situ*, es decir, de manera complementaria. La selección de uno o varios métodos depende de las necesidades, las posibilidades y la especie objetivo.

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

La conservación de los recursos fitogenéticos es una labor continua, de largo plazo, que implica inversiones importantes en tiempo, personal, instalaciones y operación,

justificables en función de las necesidades no del deseo o conveniencia de conservar un material. Las razones para conservar y las especies objetivo se deben definir con base en criterios lógicos, científicos y económicos como la necesidad, el valor y uso de las especies, y la factibilidad de conservarlas (Maxted *et al.* 1997).

Conservación *in situ*

Se basa en la conservación a través del manejo de áreas naturales que alojan muchas especies y diversidad ecológica, necesitándose de la participación activa del gobierno y de la comunidad local (Watson y Holt, 2001). Ciertamente, todos los conservacionistas coinciden en que la preservación del hábitat es la mejor manera de conservar la biodiversidad; sin embargo, la asignación de grandes terrenos de tierra sin interferencia de humanos puede verse como imposible, debido a las realidades del mundo actual y futuro (Soulé, 1992; Watson y Holt, 2001).

Una política *in situ* debe ser responsabilidad explícita de la nación para la conservación y el desarrollo de la biodiversidad y la agrobiodiversidad. Jarvis *et al.*, (2000), definen la conservación *in situ* como “la conservación de ecosistemas, hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de las especies en sus entornos naturales y en el caso de las especies domesticadas o cultivadas, en el entorno donde han desarrollado”.

De acuerdo a investigaciones actuales se sabe que las razas de maíz poseen una mejor adaptación específica a ciertas condiciones locales que las variedades mejoradas. Estas diferencias se acentúan en ambientes desfavorables, por lo que se espera que las razas de maíz aporten diversidad genética relacionada con la adaptación de estrés ambiental, incluyendo condiciones de sequía. Especialmente en centros de origen y diversidad de los cultivos, como lo es México para el maíz, se cree que las razas conservadas *in situ* son más rústicas, toleraran y se adaptaran al cambio climático (Ruíz *et al.* 2013).

Conservación *ex situ*

Es la conservación de genes o genotipos de plantas fuera de su ambiente de ocurrencia natural, para uso actual o futuro (Hoyt, 1988 citado por Engle, 1992). La conservación *ex situ* pertenece al importante conjunto de actividades que componen el manejo de los recursos fitogenéticos. Se considera complementaria de la *in situ* por cuanto no es posible conservar *ex situ* todas las especies.

La conservación *ex situ* busca mantener germoplasmas fuera de sus ambientes originales, ya sea en forma de plantas enteras (jardines botánicos) o en bancos de genes, semillas, tubérculos o propágulos (bancos de germoplasma) (Hong *et al.*, 1998, Franco, 2008). La conservación *ex situ* es valiosa para realizar estudios sobre distintos aspectos de la biología o conducta de las especies, el desarrollo de vacunas para prevenir enfermedades tanto en poblaciones silvestres como en individuos para reintroducirlos al medio silvestre (Wandeler *et al.* 1988; Williams *et al.* 1995; Davis y Elzer, 2002) y el desarrollo de técnicas de fertilización o reproducción *in vitro*.

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

Banco de germoplasma

Los bancos de germoplasma son los sitios de conservación de material biológico por excelencia, cuyo objeto es la conservación de la biodiversidad. Son recintos clave para evitar que se pierda la diversidad genética por la presión de factores ambientales, físicos y biológicos, y las actividades humanas. La constitución de bancos de germoplasma es relativamente reciente a nivel mundial. Podríamos decir

que inicia en 1894 cuando Nicolai Vavilov, científico ruso, describiera los centros de origen de la agricultura. Vavilov llamó la atención señalando la importancia que tiene la conservación de los ancestros de plantas cultivadas como fuentes de variación para el fitomejoramiento. (CICY, 2013).

Los bancos de germoplasma desempeñan un papel fundamental en la conservación, la disponibilidad y el uso de una amplia diversidad fitogenética para la mejora de los cultivos y con ello la seguridad alimentaria y nutricional. Sirven de puente entre el pasado y el futuro, asegurando la disponibilidad continua de los recursos fitogenéticos para la investigación, la reproducción y la mejora del suministro de semillas para un sistema agrícola sostenible y resiliente. La conservación y el uso sostenible de los recursos fitogenéticos dependen de una gestión eficaz de los bancos de germoplasma mediante la aplicación de normas y procedimientos. (FAO, 2014).

Análisis de Conglomerados

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

Análisis de Componentes Principales

La técnica de análisis de componentes principales (ACP), simplifica el número de variables en donde un parámetro como rendimiento o calidad pueden estar determinando por un gran número de variables y ninguna de ellas por si sola expresa adecuadamente en forma global estos parámetros, el ACP comprende un procedimiento matemático, que transforma un conjunto de variables correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables correlacionadas, llamadas componentes principales (Wiley, 1981). El primer paso es calcular los valores propios, los cuales definen la cantidad total de variación, que está desplegada sobre los ejes del componente principal. El primer componente explica la mayoría de la variabilidad presente en los datos originales relativos a todos los componentes remanentes, y el segundo componente explica otra parte del complemento del total de la variabilidad, no considerada por el primer componente (CP); en ambos casos, dichos componentes no están correlacionados y así en adelante. El ACP puede ser mejorado por dos tipos de matrices de datos: una matriz de varianza-covarianza, y otra por la matriz de correlaciones. Con caracteres de diferentes escalas es preferida la matriz de correlación estandarizada de los datos originales, si los caracteres son de la misma escala, puede usarse la matriz de varianza-covarianza (Johnson, 2000).

Estudios relacionados con el presente trabajo

Sevilla (1991), anota que reactivar los estudios de las poblaciones locales de maíz es indispensable si se quiere ampliar la base genética del cultivo para el mejoramiento genético. La selección realizada por los agricultores durante siglos y la gran diversidad de usos de maíz lo han forzado a crecer en muy diversos ambientes, y poblaciones fenotípicamente parecidas pertenecen ahora a razas distintas, ya que no pueden compartir por falta de adaptación, el mismo ambiente ecológico.

Bird y Goodman (1977) estudiaron la variabilidad entre 219 razas y subrazas de maíz de Latinoamérica, utilizando la taxonomía numérica sobre 20 caracteres morfológicos y datos geográficos incluidos en catálogos de razas de maíz. Cuando consideraron

todos los caracteres se formaron 14 grupos; al observar solo ocho caracteres del grano (CG) y caracteres de la mazorca (CM) encontraron que las razas Palomero y el complejo Cuzco quedaron bien separadas de todas las otras razas, éstas últimas formaron 19 grupos con poca sobre posición entre ellas, por lo que sería interesante conocer si la variabilidad entre las poblaciones de maíz para caracteres cuantitativos podría ser explicada particularmente por CM.

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

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

Rincón *et al.* (2010) señalan que los caracteres de la mazorca de maíz han sido de gran utilidad en la descripción y clasificación racial del maíz encontrando que las relaciones de poblaciones con base a los caracteres de la mazorca, son congruentes con las clasificaciones realizadas. En el análisis de Componentes Principales (ACP), efectuado con maíces nativos de Coahuila, con los primeros dos componentes se explicó el 57.01% de la variación acumulada en los 15 caracteres, la variación en el primer componente fue determinada por la longitud y diámetro de mazorca, longitud y

peso seco de grano; el segundo componente por el ancho de grano y las relaciones diámetro de olote/mazorca y ancho/largo de grano. Para el análisis de Conglomerados a una distancia de 1.25 se formaron dos grandes grupos, identificados como el complejo mazorca cónica y el otro del tipo de mazorca cilíndrica.

En estudios realizados del Banco Nacional de Germoplasma de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Ramírez (2015) estudió 35 poblaciones de maíz del Estado de México utilizando un análisis multivariado donde clasificó 9 grupos dentro del Análisis de conglomerado, por otra parte menciona que con los dos primeros componentes principales explica el 51.3% de la variación total, donde las características de peso de grano y diámetro de mazorca tuvieron mayor peso sobre el CP1 y para el CP2 las características que sobresalen son de grano, tanto en grosor, grosor/longitud y grosor/ancho. Casiano (2015) analizó 13 poblaciones de maíz nativo del estado de Tlaxcala encontrando 3 grupos a una distancia euclidiana de 6.30, las características de mayor influencia para el CP1 fueron Ancho de Grano, peso y volumen de 100 granos y para el CP2 las características con mayor peso son Longitud de Mazorca y Número de Granos por Hilera, con los dos primeros componentes principales explicaron el 73.9% de la variación total de los datos. Barbón (2017) en 44 poblaciones de maíz del estado de Puebla el análisis de conglomerados arrojó 7 grupos y en el análisis de componentes principales los dos primeros explicaron el 69.3% siendo las variables de mayor peso en el CP1 peso y volumen de 100 granos y en el CP2 las variables de mayor peso son número de hileras y ancho de grano. Hernández (2018) en su estudio de 24 poblaciones de maíz identificó una gran diversidad entre ellas, identificando 7 grupos, en el análisis de componentes principales, los dos primeros componentes explicaron el 69.5% de la variación total de los datos para el CP1 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 (2016) al evaluar agronómicamente 33 poblaciones de maíz de la región norte del estado de Puebla en parcelas de conservación *in situ* bajo condiciones de

temporal durante 2008 y 2009 y bajo condiciones de riego en 2009 con densidad de siembra, fertilización uniforme, control de maleza y plagas del suelo y cultivo concluye que al evaluar las razas de maíz que cuentan con atributos agronómicos, estos expresan su potencial al mejorar el ambiente de crecimiento, lo que se puede lograr con estas parcelas de conservación *in situ* si a los custodios de las razas se les reconoce sus innovaciones y se les apoya con asistencia para la producción y conservación de sus poblaciones criollas y sus razas de maíz.

Descripción de las razas de maíz bajo estudio

Palomero

Es considerada una de las razas antiguas de México. Se caracteriza por sus mazorcas pequeñas de numerosas hileras y grano puntiagudo y reventador (Wellhausen *et al.* 1951)

Con aparente centro de distribución en el Valle de Toluca (2,600 m), aunque se han colectado formas similares en otras regiones aisladas de la Mesa Central (Michoacán, Puebla), en altitudes que varían de 2,000 a 2,800 msnm. (Hernández *et al.*, 2010, Ortega *et al.*, 2011, Wellhausen *et al.* 1951). En la región del valle de Toluca su cultivo está ligado a grupos indígenas, aspecto que influye en que aún se siga cultivando (CONABIO 2011).

Esta raza se considera adecuada para la elaboración de palomitas, por el carácter reventador del grano, pero no se ha hecho selección científica a partir de estos caracteres en México. Puede ser una fuente importante para mejoramiento en zonas templadas y frías por las condiciones donde se desarrolla (Ortega 2011, CONABIO 2010, Wellhausen *et al.* 1951).

Derivación del nombre. "Palomero" es el nombre empleado comúnmente en la Mesa Central. Para los maíces reventadores de los que se hacen "palomitas" o "rositas". Se desconoce el origen este nombre. Debido a que esta raza de maíz se cultiva más en el Valle de Toluca, se le dio el nombre de Palomero Toluqueño.

Plantas muy cortas, aproximadamente 1.7 m. de altura; precoces; con pocos "hijos", pero éstos casi de la misma altura que el tallo principal; gran tendencia al acame debido al poco desarrollo del sistema radicular; pocas hojas, un promedio de 12.2 por planta, caídas, angostas y cortas pero relativamente largas en proporción a su anchura; índice de venación bajo; con color rojo sol y pubescencia pronunciada; muy resistentes a las razas de *Puccinia sorghi* que se encuentran en la Mesa Central de México; número de nudos cromosómicos bajo, variando de 0 a 4, promedio 1 a 2.

Espigas. Muy cortas; con grueso raquis central; con pocas ramificaciones, éstas en promedio de 3.6 por espiga y dispuestas dentro de un corto espacio del raquis central, ramificaciones secundarias desde muy pocas hasta ninguna, ramificaciones terciarias ausentes; índice de condensación entre los más altos de todas las razas.

Mazorcas. Caracteres Externos. Longitud corta a muy corta; de forma cónica, con un adelgazamiento agudo y uniforme de la base al ápice; número de hileras elevado, de 20 o más; frecuentemente con las unidades del par de espiguillas separadas de tal forma que queda un espacio ancho entre los pares de hileras; color ausente en la parte mediana del olote; diámetro pequeño del pedúnculo; granos del tipo de maíz reventador con forma de arroz, pequeños, tanto angostos como delgados, pero relativamente largos en proporción a su espesor y anchura, agudos y frecuentemente con prolongación formando un pico; sin depresión; estrías causadas por las nervaduras de las brácteas, ausentes o muy pocas en los granos. De la base de la mazorca; endospermo muy córneo, de color blanco grisáceo; aleurona, sin color y comúnmente con el factor inhibidor; pericarpio sin color.

Mazorcas. Caracteres Internos. Diámetro de la mazorca 30-36 mm.; diámetro del olote 17-22 mm.; diámetro del 10-11 mm.; longitud del grano 10-13 mm.; longitud calculada de la raquilla 0.4 mm.; índice del olote/raquis mediano, 1.88; índice de la gluma/grano bajo, 0.4; índice de la raquilla/grano muy bajo, 0.04; pelos del pedicelo ausentes; pelos de la copilla intermedios en número y longitud; prolongación de la copilla ninguna; glumas inferiores por lo general con textura de papel, alrededor de la tercera parte de su superficie transparente, con pocos pelos marginales, superficie glabra o con pocos pelos, el margen angulado; glumas superiores con tejidos

delgados como papel, nervaduras prominentes, arrugadas, pelos del margen pocos o ausentes; alelo tunicado, del raquis esponjosos; influencia genética del teocintle poca o ninguna.

Arrocillo

Raza caracterizada por mazorcas pequeñas y de grano semi-cristalino, apiculado (puntiagudo), a semi-dentado (Wellhausen *et al.* 1951). Se cultiva en la regiones templadas-frías con alta nubosidad de la Sierra Norte de Puebla y áreas aledañas del estado de Veracruz, en terrenos de ladera y marginales. En esta región es sostén de muchas comunidades nahuas, totonacas y mestizas (CONABIO 2010).

Se han reportado también poblaciones de esta raza, o emparentadas con ella, en algunas áreas altas de la Mesa Central (partes altas de Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México y Michoacán) y Oaxaca (CONABIO 2011, Hernández 2010). En las primeras colectas predominaba el color amarillo en el grano (Wellhausen *et al.* 1951), pero posteriormente se han colectado variantes de numerosos colores (Ortega *et al.* 1991).

Las variantes de grano blanco y amarillo se utilizan predominantemente para tortilla, las formas de color oscuro, con alto contenido de antocianinas -tanto en el pericarpio como en la aleurona del grano-, se usan para antojitos o para variar la dieta; algunas formas o variantes de grano predominantemente cristalino y de carácter reventador pueden ser adecuadas para la producción de palomitas (Ortega 2011 com. pers., CONABIO 2010).

Derivación del nombre. Arrocillo se refiere al tipo característico del grano; amarillo al color del grano.

Plantas. Aun no estudiadas bajo cultivo. Adaptado a altitudes de 1,600 a 2,000 metros; distribución, el noroeste de Puebla.

Espigas. Aun no estudiadas.

Mazorcas. Caracteres Externos. Muy cortas, amarillas y cónicas con un número mediano de hileras; promedio de 15.4 hileras. Granos del tipo reventador, pequeños, muy angostos y delgados, redondeados, en forma de cuña, sin depresión; estrías ligeras en toda la mazorca; endospermo muy córneo, amarillo; aleurona sin color; pericarpio sin color. Prolífico, produce por lo regular dos o tres mazorcas en cada tallo.

Mazorcas. Caracteres Internos. Diámetro de la mazorca 26-28mm.; diámetro del olote 14-17 mm.; diámetro del raquis 7-9 mm.; promedio longitud del grano 8.4 mm.; longitud calculada de la raquilla 0.3 mm.; índice olote/raquis mediano, 1.86; índice gluma grano bajo, 0.41; índice raquilla/grano muy bajo, 0.03; pelos del pedicelo pocos o ausentes; pelos de la copilla, variables; prolongación de la copilla ausente; glumas inferiores carnosas o ligeramente córneas, pelos de la superficie pocos, cortos, o ausentes, pelos del margen; en pocos, cortos, márgenes de la gluma anchamente unguados; glumas superiores con textura de papel, nervaduras débiles, arrugadas, pelos de la superficie pocos o ausentes, pelos del margen pocos, cortos, o ausentes; tejidos del raquis varían de esponjosos a córneos; alelo tunicado, ligera influencia genética de teocintle.

Cónico

La raza Cónico, como su nombre lo indica, 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 tonalidades de amarillo, morados y rojos; en textura de grano son principalmente semi cristalinos y semi dentados. Su longitud de ciclo de vida es de medio a precoz (CONABIO 2011, Ortega 2011, CONABIO 2010, 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 m, aunque predomina entre los 1,800 y 2,800 m (CONABIO 2011, Wellhausen *et al.* 1951). 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 (Ortega 2011, CONABIO 2010).

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 (CONABIO 2011, Eagles y Hardacre 1990, Eagles y Lothrop 1994, Ortega 2011, CONABIO 2010, Wellhausen *et al.* 1951).

Derivación del nombre. El nombre que se le ha aplicado a esta raza es muy apropiado puesto que la característica más sobresaliente de las mazorcas es su forma cónica.

Plantas. Cortas a intermedias, con un promedio de 1.7 metros, muy precoces; pocos "hijos"; sistema radicular débilmente desarrollado y con gran tendencia al acame; hojas escasas y caídas, con pubescencia prominente; índice de venación bajo; altamente resistente a las razas de chahuixtle que prevalecen en la Mesa Central de México; número de nudos cromosómicos muy bajo. Se adapta a altitudes elevadas, 2,200 a 2,800 metros.

Espigas. Cortas, con muy pocas ramificaciones dispuestas en un corto espacio del grueso raquis central, secundarias pocas, terciarias ausentes; índice de condensación, el más elevado de las razas.

Mazorcas. Caracteres Externos. Cortas, cónicas en forma, con adelgazamiento pronunciado y uniforme de la base al ápice; número medio de hileras, 16; pedúnculo pequeño; color en la parte media del olote, en aproximadamente 39% de las mazorcas; granos medianamente pequeños, siendo largos en relación con el espesor y anchura, moderadamente puntiagudos y dentados; estrías ligeras a ausentes; endospermo desde moderadamente duro a duro y de color blanco sucio; aleurona y pericarpio sin color, con el gen inhibidor del color en la aleurona, frecuente.

Mazorcas. Caracteres Internos. Diámetro de la mazorca de 34 a 47 mm.; diámetro del olote de 17 a. 21 mm.; diámetro del raquis de 9 a 10 mm.; longitud del grano de 11 a 16 mm.; longitud calculada de la raquilla 1.6 mm.; índice olote/raquis mediano,

1.98; índice gluma/grano bajo, 0.32; índice raquilla/grano bajo, 0.11; pelos del pedicelo desde intermedios a muchos; pelos de la copilla desde pocos a muchos; prolongación de la copilla intermedia a prominente; glumas inferiores carnosas, pelos de la superficie pocos, , forma del margen acorazonada; glumas superiores con textura de papel, con margen con textura de papel transparente. venación marcada, forma arrugada, pelos de la superficie principalmente en la base y largos, pelos del margen en número y longitud intermedios; alelo tunicado, tejido del raquis esponjoso; ninguna influencia de teocintle.

Elotes cónicos

Una sub-raza del Cónico con características similares, con excepción de la aleurona azul, pericarpio con color y endospermo amiláceo. Esta raza fue considerada inicialmente como sub-raza de Cónico, derivada de ésta con posible introgresión de Cacahuacintle (Wellhausen *et al.* 1951), posteriormente se maneja como raza separada (Ortega y Sánchez 1989, Sánchez *et al.* 2000).

Esta raza se caracteriza por sus mazorcas con granos semi-harinosos 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, Wellhausen *et al.* 1951)

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, Hernández *et al.* 2010, Wellhausen *et al.* 1951).

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, Wellhausen *et al.* 1951).

Chalqueño

Una de las razas más productivas. Se caracteriza por sus plantas de porte alto, mazorcas grandes y cónicas con alto número de hileras. Presenta alto vigor de germinación y emergencia, ciclo largo y resistencia a la sequía en etapas medias de crecimiento (CONABIO 2010, Wellhausen *et al.* 1951).

Domina en las partes altas, arriba de 1,800 m en suelos volcánicos que retienen humedad de las precipitaciones invernales, y en terrenos con riego, donde no hay maíces mejorados adecuados en los valles altos del centro de México. También es fundamental para siembras en suelos de humedad en lugares altos de Durango, Zacatecas y en la Mixteca Oaxaqueña. (Hernández *et al.* 2010, Muñoz 2003, CONABIO 2010, Wellhausen *et al.* 1951).

Producen gran cantidad de biomasa debido a sus plantas vigorosas y mazorcas grandes, aunque esta característica, aunada a la debilidad de las raíces, propicia la caída de las plantas –acame- ante los vientos fuertes. Tienen hojas péndulas (caídas) que toleran las granizadas. Sus mazorcas presentan una alta proporción de desgrane debido a sus hileras numerosas, olote de grosor medio y grano grande. (CONABIO 2010, Wellhausen *et al.* 1951).

Raza polimórfica por sus variantes de textura (harinosa semi dentados y semi cristalinos) y coloración de grano (blanco, amarillo, rojo, rosado, azul). En el valle de Chalco-Amecameca se distinguen, con base en estos caracteres, los tipos: “crema”, de grano semi cristalino con coloraciones amarillo claro a blanco; “palomo”, de textura semi harinosa y grano blanco; “azul”, de grano semi harinoso, morado a azul oscuro; “colorado”, de textura semi harinosas y coloración rosado a rojo; y “amarillo”, ya en baja frecuencia, de textura semi cristalina. (Antonio *et al.* 2004, Hernández *et al.* 2010, Herrera *et al.* 2004, CONABIO 2010).

Las diferentes variantes de esta raza se asocian a usos específicos: los tipos “crema” principalmente para tortillas; “palomo” para harina de tamal; “azules” y “rojos” – colores presentes en la aleurona y pericarpio- para antojitos, golosinas (“burritos” – maíz tostados y adheridos con piloncillo”) y pinole; amarillos, para tortilla y forraje. Todas las variantes de esta raza se usan como forraje tanto en planta entera ensilada como en rastrojo (plantas después de cosechar). El totomoxtle de esta raza es muy apreciado para envolver tamales y para elaboración de artesanías (Antonio *et al.* 2004, Hernández *et al.* 2010, Herrera *et al.* 2004, CONABIO 2010).

Es una de las principales fuentes en la formación de maíces mejorados para valles y partes altas del centro de México, junto con materiales de la raza Cónico y en menor proporción de la raza Bolita (Gámez *et al.* 1996, Muñoz 2003, CONABIO 2010).

Esta raza pudo haber derivado de la cruce de Cónico con Tuxpeño (Wellhausen *et al.* 1951). En la actualidad se considera como formas altamente desarrolladas de Cónico, adaptadas a buenas condiciones de suelo y humedad, y algunas de sus variantes (“palomo”) con posible intervención de Cacahuacintle (Antonio *et al.* 2004, Herrera *et al.* 2004).

Derivación del nombre. Tomado del nombre de Chalco, pueblo en el Valle de México, que. Se encuentra más o menos a. 35 kilómetros al sudeste de la Ciudad de México. Es en esta región donde la raza ha obtenido su mayor popularidad y donde se le cultiva casi exclusivamente.

Plantas. Medianas hasta muy altas, de 2 a 5 metros; generalmente su período vegetativo es. Mediano, de 5 a 6 meses; número reducido o mediano de “hijos”; número mediano de hojas, relativamente anchas y de longitud mediana; índice de venación mediano, 2.93; color mediano; pubescencia mediana; altamente resistente a las razas de chahuixtle; promedio de nudos cromosómicos, 6.8. Adaptado a altitudes elevadas, 1,800 a 2,300 metros.

Espigas. Largas, con pocas ramificaciones y con un bajo porcentaje de secundarias, terciarias ausentes; índice de condensación alto, 2.55.

Mazorcas. Caracteres Externos. Longitud mediana, gruesas; promedio de hileras .16.6; adelgazamiento medianamente brusco y uniforme de la base al ápice; diámetro del pedúnculo mediano; color de la parte media del olote en 30% de las mazorcas examinadas; granos medianamente angostos y delgados, largos, con tendencia a ser punteados y con dentación mediana o fuerte; estrías ausentes; endospermo medianamente suave, de color blanco sucio; aleurona y pericarpio sin color.

Mazorcas. Caracteres Internos. Diámetro de la mazorca 49 a 52 mm.; diámetro del olote 26 a 30 mm.; diámetro del raquis 15 mm.; longitud del grano 15 a. 16 mm.; longitud calculada de la raquilla 2.7 mm.; índice olote/raquis mediano, 1.89; índice gluma/grano bajo, 0.43; índice raquilla/grano bajo, 0.18; pelos del pedicelo muchos y largos; pelos de la copilla muchos, de longitud mediana o larga; prolongación de la copilla intermedia; glumas inferiores carnosas, algunas con márgenes transparentes, pelos de la superficie pocos y largos, forma del margen acorazonada; glumas superiores con textura de papel y márgenes transparentes, arrugadas, pelos de la superficie muchos y largos, pelos del margen pocos o ausentes; alelos tunicados; tejidos del raquis córneos; influencia de teocintle, intermedia.

Conejo

Maíces de pronta maduración, por lo que es conocido en sus áreas de cultivo como “tresmesino”, “maíz temprano”, “maíz cuarenteño”. Es una raza prolífica en producción de mazorcas (“cuatero”); las mazorcas son delgadas y semicilíndricas, de grano cristalino a semi dentado, en las variantes azules semi harinoso, con una amplia variación de colores, aunque predomina el blanco. (Benz 1986, CONABIO 2010 y 2011, Wellhausen *et al.* 1951).

Está adaptada a suelos delgados de las regiones costeras y laderas del trópico seco o tierra caliente de los estados de Oaxaca, Guerrero y Michoacán, principalmente en altitudes bajas (< 1,000m), aunque recientemente se han obtenido colectas en la

Montaña de Guerrero a altitudes mayores, alrededor de 2,000 m. (Aragón *et al.* 2006, Benz 1986, Carrera 2008, Gómez *et al.* 2010, Wellhausen *et al.* 1957).

Debido a su precocidad es de los primeros que producen elotes y grano, y por lo tanto su producción permite esperar otras variantes de maíces tardíos en las regiones donde se cultiva (CONABIO 2010). Wellhausen *et al.* (1951) postularon al germoplasma de Nal-Tel y probablemente Tabloncillo como progenitores de Conejo.

Tuxpeño

Esta raza se caracteriza por sus mazorcas grandes, cilíndricas, de grano dentado, predominando los colores blancos, 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, Wellhausen *et al.* 1951).

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 y áreas con disposición de riego permiten su cultivo en el ciclo otoño-invierno.

Tanto por sus atributos como por su empleo en el mejoramiento genético está ampliamente distribuida en el país, como raza pura, en combinación con otras razas o como híbrido acriollado, generalmente en altitudes por debajo de los 1,500 m; también se relaciona con muchas razas, (CONABIO 2010, 2011). Tiene un amplio uso y variado, para tortilla, elote, pozol (bebida fermentada muy apreciada en las zonas tropicales del país), tamales, etc., (CONABIO 2011).

Muy importante a nivel nacional y la más utilizada para mejoramiento. 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, Gámez *et al.* 1996, Goodman 1999, Mafuru *et al.* 1999, Morris y López 2000, Ortega 1985, Wellhausen *et al.* 1951).

De acuerdo con Wellhausen *et al.* 1951, esta raza figura “entre las antecesoras de las razas más productivas y agronómicamente satisfactorias de México, tales como Celaya, Chalqueño y Cónico Norteño” y “ha sido fuente del plasma germinal de los maíces dentados del sur de los Estados Unidos de Norteamérica”.

Derivación del nombre. Del nombre de la ciudad de Tuxpan, Veracruz, situada en la Llanura Costera del Golfo al norte de la Ciudad de Veracruz. Se escogió este nombre debido a que Tuxpan se encuentra aproximadamente en el centro de distribución de la raza.

Plantas. Altas, 3 a 4 metros en su hábitat nativo; muy tardío; pocos "hijos"; numerosas hojas, anchas, especialmente en relación con su longitud; índice de venación medianamente alto; color ligero; pubescencia muy ligera; moderadamente susceptible a las razas de chahuixtle; promedio de nudos cromosómicos 6.1. Adaptado a bajas altitudes.

Espigas. Largas, numerosas ramificaciones, aproximadamente el 20% de ellas secundarias; ramificaciones terciarias infrecuentes; índice de condensación mediano.

Mazorcas. Caracteres Externos. De longitud mediana y larga, medianamente delgada, cilíndrica; número de hileras 12 a 14; pedúnculo grueso; color en la parte media del olote en el 58%, de las mazorcas examinadas. Granos anchos, medianamente gruesos, de longitud mediana, con fuerte depresión; estrías poco profundas; endospermo blanco, con dureza mediana; aleurona y pericarpio generalmente sin color.

Mazorcas. Caracteres Internos. Diámetro de la mazorca 44 a 48mm.; diámetro del olote 25 a 28 mm.; diámetro del raquis 16 a 17 mm.; longitud del grano 12.8 mm.; longitud calculada de la raquilla 2.2 mm.; índice olote/raquis bajo, 1.61; índice gluma/grano bajo 0.39; índice raquilla/grano mediano 0.17; pelos del pedicelo variables, ausentes hasta numerosos y largos; pelos de la copilla pocos, variables en longitud; prolongación de la copilla débil; glumas inferiores córneas, pelos en la

superficie pocos y cortos, pelos del margen numerosos y de longitud mediana., forma del margen hondamente acorazonada; glumas superiores, carnosas, tiesas, glabras o con pocos pelos, las márgenes sin pelos o con unos cuantos; alelo tunicado; tejidos del raquis córneos óseos; fuerte influencia de teocintle.

Características de los municipios

La descripción de los siguientes municipios fue tomada del Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) con apartado en la Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México (Estado de Puebla)

Atempan

El Municipio de Atempan se localiza en la parte Noroeste del Estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 46' 48" Y 19° 50' 48" de latitud Norte y los meridianos 97° 23' 18" y 97° 26' 42" de longitud Occidental.

Colindancias

Al norte: con Teteles de Avila Castillo, al sur: con Tlatlauquitepec, al este: con Chignautla y al oeste con Tlatlauquitepe.

El municipio se localiza en las zonas de clima templado de la Sierra Norte, presenta un solo clima. Clima Templado Húmedo con abundantes lluvias en verano.

En su territorio se presenta un solo tipo de suelo: el andosol.

Chignahuapan

El municipio de Chignahuapan, se localiza en la parte del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos 19° 39' 42" y 19° 58' 48" de latitud norte y los meridianos 97° 57' 18" y 98° 18' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Zacatlán, al Sur con el Estado de Tlaxcala, al Oeste con Zacatlán y Aquixtla y al Poniente con el Estado de Hidalgo. El municipio se localiza dentro de la zona de los templados de la sierra norte; se identifican dos climas:

Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual entre 5 y 12°C; temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C; precipitación del mes más seco menor de 40 milímetros; la precipitación invernal con respecto a la anual es entre 5 y 10.2 por ciento.

El templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual entre 12 y 18°C; temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C; precipitación del mes más seco menor de 40 milímetros; la precipitación invernal con respecto a la anual es entre 5 y 10.2 por ciento.

Tetela de ocampo

El municipio de Tetela de Ocampo se localiza en la parte Norte del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 43' 00" y 19° 57' 06" de latitud norte y los meridianos 97° 38' 42" y 97° 54' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Cuautempan y Tepetzintla, al Sur con Ixtacamaxitlán, al Oeste con Xochiapulco y Zautla, y al Poniente con Aquixtla, Zacatlán e Ixtacamaxitlán.

Se ubica dentro de la zona de climas templados de la Sierra Norte; conforme se avanza de sur a norte, se incrementa la humedad, identificándose los siguientes climas: clima templado subhúmedo con lluvias en verano; temperatura media anual entre 12 y 18°C; precipitación del mes más seco menor de 40 milímetros. Clima templado húmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual entre 12 y 18°C; temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros. Clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 18°C; temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros.

Zacatlán

Se localiza en la parte Noroeste del estado, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 50' 06" y 20° 08' 12" de latitud norte de los meridianos 97° 51' 06 y 98° 12' 36", de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Chiconcuautla y Huauchinango, al Sur con Aquixtla y Chignahuapan, al Oeste con Ahuacatlán,

Tepetzintla y Tetela de Ocampo y al Poniente con Ahuazotepec y el estado de Hidalgo.

Se localiza dentro de la zona de los climas templados; presenta un incremento de humedad conforme se avanza de sur a norte; se identifican los siguientes climas: clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media anual entre 12 y 18°C; se presenta al extremo suroeste y extremo sureste. Clima templado húmedo, con abundantes lluvias en verano; temperatura media anual entre 12 y 18°C, precipitación del mes más seco menor de 40 milímetros. Clima templado húmedo, con lluvias todo el año, temperatura media anual entre 12 y 18°C. Precipitación del mes más seco, mayor de 40 milímetros. Clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año temperatura media anual mayor de 18°C.

Xicotepec

El municipio de Xicotepec de Juárez, se localiza en la parte Noroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 14' 18" y 20° 26' 12" de latitud norte y los meridianos 97° 45' 00" y 98° 03' 06" de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con Jalpan, al Sur con Juan Galindo y Zihuateutla, al Oeste con Zihuateutla y al Poniente con Tlacuilotepec.

En el municipio se presenta la transición de los climas templados de la sierra norte, a los cálidos del declive del Golfo; se identifican dos climas: clima semicálido subhúmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 18°C; temperatura del mes más frío entre -3° y 18°C; precipitación del mes más seco mayor de 40 milímetros.

Clima cálido-húmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 22°C; temperatura del mes más frío mayor de 18°C; la lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18 por ciento; la precipitación del mes más seco es mayor de 60 milímetros.

Pantepec

El municipio de Pantepec se localiza en la parte Norte del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 28' 53" y 20° 38' 48", de latitud norte y los meridianos 97° 45' 42" y 97° 47' 06", de longitud occidental. Sus colindancias son al Norte con los municipios de Francisco Z. Mena, al Sur con Jalpan, al Oeste con Venustiano Carranza y al Poniente con Francisco Z. Mena y el Estado de Hidalgo.

El municipio se ubica dentro de la zona de climas cálidos de la mayor parte del declive del Golfo; se identifican dos climas: clima cálido húmedo con lluvias todo el año; temperatura media anual mayor de 22°C; temperatura del mes más frío mayor de 18°C; por ciento de lluvia invernal con respecto a la anual menor de 18; precipitación del mes más seco mayor de 60 milímetros.

Tenampulco

Se localiza en la parte noroeste del Estado de Puebla. Sus coordenadas son los paralelos 19° 08' 30" y 20° 14' 54" de latitud Norte y los meridianos 97° 20' 00" y 97° 30' 00" de longitud Occidental. Colindancias al Norte: con el estado de Veracruz, al Este: con Hueytamalco y Ayotoxco de Guerrero, al Sur: con Cuetzalán del Progreso y al Oeste: con Jonotla.

El municipio se localiza en la zona de los climas cálidos, del declive del Golfo; presentando un sólo clima: Clima cálido-húmedo con abundantes lluvias en el verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Los materiales utilizados en el presente trabajo corresponden a 22 poblaciones de las cuales ocho corresponden a la raza Cónico, siete de la raza Elotes Cónicos, tres de la raza Tuxpeño, una muestra de las razas Chalqueño y Conejo, una Mezcla Varietal, dos cruza; Arrocillo con influencia de Cónico y Palomero con influencia de Arrocillo. Dichas poblaciones se establecieron en parcelas de conservación *in situ* ubicadas en siete municipios de la región norte del Estado de Puebla, las cuales se cultivaron en el ciclo agrícola primavera-verano del 2009. En el Cuadro 1. Se enlistan la clave, las razas primaria y secundaria (en su caso), de las poblaciones bajo estudio. Se anexa en el Apéndice 2 las fotografías de los materiales evaluados.

Cuadro 1. Poblaciones evaluadas *in situ* en la región norte del estado de Puebla

Población	Clave	Raza
1	UAAANIsP-053	Arrocillo x Cónico
2	UAAANIsP-038	Palomero x Arrocillo
3	UAAANIsP-052	Cónico
4	UAAANIsP-148	Cónico
5	UAAANIsP-019	Cónico
6	UAAANIsP-036	Cónico
7	UAAANIsP-017	Cónico
8	UAAANIsP-018	Cónico
9	UAAANIsP-108	Cónico
10	UAAANIsP-109	Cónico
11	UAAANIsP-002-1	Elotes Cónicos
12	UAAANIsP-002-2	Elotes Cónicos
13	UAAANIsP-003	Elotes Cónicos
14	UAAANIsP-114	Elotes Cónicos
15	UAAANIsP-116	Elotes Cónicos
16	UAAANIsP-107	Elotes Cónicos
17	UAAANIsP-004	Chalqueño
18	UAAANIsP-120	Mezcla Varietal
19	UAAANIsP-113	Conejo
20	UAAANIsP-150	Tuxpeño
21	UAAANIsP-173	Tuxpeño
22	UAAANIsP-115	Tuxpeño

Explicando la Mezcla Varietal la cual se estableció *in situ* en el municipio de Pantepec este material corresponde a la formación que el productor realiza para obtener materiales con calidades diferentes dependiendo de sus propias necesidades, por ejemplo, pueden ser resistentes a la sequía, vientos, etcétera. Estas mezclas se conocen como mezclas varietales relevantes, dado que el propio productor le da las características que son importantes para él.

Variables evaluadas para la caracterización

Las variables mostradas en el Cuadro 2, comprenden características cuantitativas tanto de la mazorca como de grano éstas son de gran importancia para la caracterización de las razas de maíz. Estas características cuantitativas se utilizan como criterio de reconocimiento, descripción y clasificación de razas de maíz (Sánchez *et al.*, 1993; Ruiz *et al.*, 2001).

Cuadro 2. Características cuantitativas evaluadas en las 22 poblaciones de maíz del Estado de Puebla.

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

Por su parte Rincón *et al.* (2010) señalan que los caracteres de la mazorca de maíz han sido de gran utilidad en la descripción y clasificación racial del maíz encontrando que las relaciones de poblaciones con base a los caracteres de la mazorca, son congruentes con las clasificaciones realizadas.

El procedimiento para la caracterización de los materiales colectados se describe a continuación en el cual se evaluaron 16 variables medidas en 20 mazorcas de plantas con competencia completa y con características propias de la raza en conservación. Dichas mazorcas 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 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), donde se estabilizó el material en un asoleadero protegiéndolo de plagas y para lograr la humedad conveniente para su manejo.

Con respecto a las características de la mazorca se midieron las variables de longitud de mazorca, diámetro de la parte central de la mazorca, diámetro de olote número de hileras, número de granos por hilera, peso de mazorca y grano, se determinó la humedad de la muestra con un determinador de humedad manual (DICKEY – John), posteriormente se uniformizó el peso seco para después transformarlo al 10% de humedad y por último se determinó el porcentaje de desgrane.

En cuanto a las variables para la caracterización del grano se determinaron el peso de 100 granos y su 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.

Para la determinación de las características cualitativas del grano se consideraron 1) forma de la mazorca: cónica, cilíndrica cilíndrica-cónica; 2) tipo de grano: harinoso, semiharinoso, dentado, semidentado, cristalino, semicristalino; 3) forma de la superficie del grano de acuerdo a la clasificación: contraído, dentado, plano, puntiagudo; 4) color de grano: blanco, cremoso, amarillo, anaranjado, morado, azul y rojo.

Dentro de las variables evaluadas para la caracterización de las colectas se utilizaron los descriptores para maíz de International Board for Plant Genetic Resources (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).

Características agronómicas evaluadas en las poblaciones

Las variables evaluadas en las poblaciones provienen de las parcelas de los productores las cuales se cultivan de manera tradicional y bajo temporal dichas variables comprenden tres repeticiones por parcela.

- 1) Altura de planta (A.P.): Se midieron al azar 10 plantas desde la base de la planta hasta la inserción de la hoja bandera, se promedió y se expresó en cm.
- 2) Altura de mazorca (A.M.): Se midieron al azar 10 plantas desde la base de la planta hasta el nudo de la inserción de la mazorca principal, se promedió y se expresó en cm.
- 3) Acame de tallo (A.T.): se determinó contando el número de plantas que presentaron tallos quebrados abajo del nudo donde se inserta la mazorca principal, pero no más arriba, expresando en porcentaje respecto al número de plantas presentes.
- 4) Acame de raíz (A.R.): los datos sobre el acame de tallo y de raíz se tomaron al final del ciclo, justo antes de la cosecha. Se registró el número de plantas con una inclinación de 30 grados o más a partir de la base de la planta, donde comienza la zona radical, expresando en porcentaje respecto al número de plantas presentes.
- 5) Mala cobertura (M.C.): se registró el número de mazorcas de cada parcela que antes de la cosecha tengan expuesta alguna parte de la mazorca, se expresa en porcentaje en relación al número de plantas cosechadas.

6) *Fusarium* en planta (F.P.): para obtener una calificación precisa de la severidad de la enfermedad, se tomó nota del daño causado en las etapas finales del ciclo de cultivo, pero antes de que las hojas se tornaran de color café, y se expresó en porcentaje.

7) *Fusarium* en mazorca (F.M.): en cada parcela, se calificó la incidencia de pudriciones de mazorca y de grano causadas por *Fusarium* spp, expresada en porcentaje en base a mazorcas cosechadas.

8) Mazorcas podridas (M.P.): se calificó la incidencia de pudriciones de mazorca y se expresó en porcentaje en base a mazorcas cosechadas.

9) Calificación de mazorca (C.M.): Después de la cosecha, pero antes de tomar una muestra para determinar la humedad, se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se calificó características tales como daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado del grano y uniformidad de las mazorcas según una escala de 1 a 5, donde 1 es óptimo y 5 muy deficiente.

10) Índice de prolificidad (I.P.): está basado en el número de mazorcas cosechadas obtenidas de las plantas que comprendieron la parcela útil, se interpola a 100 plantas bajo la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de prolificidad} = \frac{\text{Mazorcas cosechadas} \times 100}{\text{Plantas cosechadas}}$$

11) Rendimiento de mazorca (R.M.) y grano (R.G.): el proceso para obtener el rendimiento de mazorca y de grano en toneladas por hectárea y al 15% de humedad es el siguiente:

1) Se obtiene el Peso Campo (PC) de mazorcas en kg se desgrana una parte de cada una de las mazorcas y se toma una muestra y se determina la humedad (%).

2) Se obtiene el peso seco (PS) de las muestras para uniformizarlas, restando a uno (1) el contenido de humedad (H) y multiplicando éste por el (PC).

$$PS = (1-H) \times PC$$

Dónde:

PS= Peso seco de la muestra

H= Contenido de humedad en base a 1

PC= Peso de campo de la muestra

3) El rendimiento de mazorcas (y grano en su caso) en ton ha⁻¹ al 15% de humedad, se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = PS \times FC$$

4) El factor de conversión (FC) se obtiene con la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{10,000m^2}{APU \times 1000 \times 0.85}$$

Dónde:

FC = Factor de conversión a ton ha⁻¹ de mazorca al 15 % de humedad

10,000 = Constante para obtener el rendimiento por ha.

APU = Área de parcela útil, derivada de la distancia entre surcos (m) por la distancia de 10 metros lineales

1,000 = Constante para obtener el rendimiento en toneladas

0.850 = Constante para reportar el rendimiento al 15% de humedad

Análisis de varianza para el carácter de rendimiento

Para el análisis de rendimiento de mazorca y grano de las parcelas de conservación *in situ*, se utilizó el diseño Completamente al azar con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = es la respuesta (variable de interés o medida)

μ = es la media general del experimento.

T_i = es el efecto de tratamiento.

ε_{ij} = es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij} .

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (repeticiones)

El coeficiente de variación mide la eficiencia del experimento, se expresa en porcentaje y se estima mediante la siguiente fórmula:

$$C. V. (\%) = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100$$

Dónde:

C.V. (%) = Coeficiente de variación.

CMEE. = Cuadrado medio del error experimental.

\bar{X} = Media general de tratamientos.

100 = Constante para expresar el C.V. en porcentaje.

Pruebas de medias para las variables de rendimiento

Se realizó la prueba de rango múltiple diferencia mínima significativa (DMS.), mediante la siguiente fórmula:

$$DMS = t(\alpha, g/ee) (2CMEE/r)^{1/2}$$

Dónde:

$t(\alpha, g/ee)$ = valor de tablas del error experimental

CMEE = cuadrado medio del error experimental

r = número de repeticiones

En el análisis de rendimiento de mazorca y grano se utilizó el paquete estadístico Minitab 16 (Minitab Inc., 2009).

Análisis multivariados

Análisis de conglomerados

Se utilizó el Análisis de Conglomerados (AC), un método multivariado que se utiliza en el estudio de la diversidad genética de poblaciones en bancos de germoplasma y para formar subgrupos base, agrupando las poblaciones con base en características similares en grupos homogéneos (Carrera *et al.*, 2012).

Para el análisis de conglomerados (AC) se utilizó el paquete estadístico Minitab 16 (2009), lo que el análisis básicamente realiza es una implementación del siguiente algoritmo (Padrón *et al.*, 2010).

Paso 1. Examina la matriz de entrada para el par de poblaciones, (i,j) que son más similares.

Paso 2. Une estos objetos en un nuevo grupo.

Paso 3. Usa la matriz para reflejar la supresión del par de objetos, i y j , que fueron unidos y la adición del nuevo objeto correspondiente al nuevo grupo.

Se regresa al paso 1, si el tamaño de la nueva matriz es mayor 2×2 , de lo contrario el proceso termina.

En el proceso se debe observar que dos objetos son suprimidos y uno más es añadido en cada paso hasta que el algoritmo concluye.

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

$$E_{ij} = \{\sum K (X_{Ki} - X_{Kj})^2\}^{1/2}$$

Análisis de componentes principales

Análisis de Componentes Principales (ACP): comprende un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables originales correlacionadas de respuesta en un conjunto menor de variables no correlacionadas llamadas componentes principales (Johnson, 2000). Esas nuevas variables son combinaciones lineales de las variables originales y se derivan en orden decreciente de importancia (varianza), de tal manera que el primer componente explica la mayoría de la

variabilidad presente en los datos originales relativos a todos los componentes remanentes y el segundo componente explica otra parte del complemento del total de la variabilidad no considerada por el primer componente principal.

El Análisis de Componentes Principales 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 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:

- 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:

$$\text{Var}(Y_1) > \text{Var}(Y_2) > \dots > \text{Var}(Y_p).$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracteres cualitativos de las poblaciones

Los caracteres como lo son el tipo de grano, la textura y el color de grano muestran una gran importancia en la caracterización de las razas de maíz, muchas de estas características influyen en el uso que el productor le da. Además de estas características se presenta la forma de la mazorca también como una variable de importancia, mostrando los resultados en el Cuadro 3.

En las poblaciones 1 y 2 (Cuadro 3) muestran características de tipo de grano cristalino y forma de la superficie puntiaguda (el endospermo duro típico del maíz palomero y de los maíces de mazorcas pequeñas (Mauricio *et al.*, 2004). Todas estas razas, como su ancestro, producen granos reventadores y por ello se usan para elaborar palomitas o rosetas).

De las poblaciones 3 a la 10 (Cónico) presentan en su mayoría el tipo de grano dentado y semidentado además de la forma en su superficie dentada, predominando en el color de grano amarillo. Este tipo de color se debe a los carotenoides que son pigmentos naturales solubles en grasa, el β -caroteno es un importante precursor de vitamina A, cuya deficiencia es la principal causa de muerte prematura en naciones en desarrollo, particularmente entre los niños (Salinas *et al.*, 2008), el principal uso de esta raza es la elaboración de tortilla y para forraje (Carrera *et al.*, 2011)

En cuanto a las poblaciones 11 a la 16 (Elotes Cónicos) para el tipo de grano presenta en su totalidad la textura semiharinosa, con la forma de la superficie dentada, predominando los colores azul y morado en el grano, el maíz azul usado como fuente de antocianinas. Las antocianinas, además de ser colorantes inocuos para el consumo humano, poseen importantes actividades biológicas como antioxidantes, antimutagénicas y anticancerígenas (López-Martínez *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2009), por lo que son de interés para la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética además de ser muy apreciado para hacer tortillas, tostadas y botanas (Salinas *et al.*, 2007; De la Parra *et al.*, 2007).

Para la población 17 (Chalqueño) siendo una de las razas modernas sirve para elaborar tortilla, harinas y forraje (Vázquez *et al.*, 2010) muestra forma de la mazorca cilíndrica-cónica en comparación a los materiales descritos anteriormente con un tipo de grano dentado y superficie contraída.

En la población 18 (Mezcla Varietal) y 19 (Conejo) predominan en cuanto tipo de grano el dentado y la forma de superficie la dentada, siendo para la Mezcla varietal el color de grano cremoso y blanco para la raza Conejo. La raza Conejo es apreciada por su precocidad (Carrera *et al.*, 2011) por producir los primeros elotes y granos en el ciclo agrícola. Por su parte, Aragón *et al.* 2006, reportaron que su grano es de muy alto contenido de germen (13.5 a 19.6 %), lo que le confiere ventajas como fuente de energía en alimentos balanceados.

Las poblaciones 20, 21 y 22 corresponden a raza Tuxpeño siendo una de las características principales la forma de su mazorca en forma cilíndrica teniendo además el tipo de grano dentado y la forma de su superficie dentada con el color de grano blanco. La buena calidad tortillera de las razas Pepitilla y Tuxpeño ha sido confirmada por varios autores (Vázquez *et al.*, 1990; Antuna *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2010).

Los granos con alto valor agregado como los son los Elotes Cónicos, Palomero, Arrocillo presentan características especiales de calidad que aumentan el beneficio para el usuario (Gómez *et al.*, 2006a; 2006b).

Cuadro 3. Características cualitativas evaluadas en 22 poblaciones del estado de Puebla.

Población	Accesión UAAAN	Forma de la mazorca	Tipo de Grano	Forma de la superficie	Color de Grano
1	IsP-053	cónica	Cristalino	dentada	Blanco
2	IsP-038	cónica	semicristalino	puntiaguda	Blanco
3	IsP-052	cónica	Dentado	dentada	amarillo
4	IsP-148	cónica	semidentado	dentada	amarillo
5	IsP-019	cónica	semiharinoso	contraída	amarillo-naranja
6	IsP-036	cónico	Dentado	dentada	amarillo
7	IsP-017	cónica	Dentado	dentada	amarillo
8	IsP-018	cónica	Dentado	dentada	Rojo
9	IsP-108	cilíndrica-cónica	semidentado	dentada	Blanco
10	IsP-109	cilíndrica-cónica	semicristalino	dentada	Blanco
11	IsP-002-1	cónica	semiharinoso	dentada	Azul
12	IsP-002-2	cónica	semiharinoso	dentada	Azul
13	IsP-003	cilíndrica-cónica	semiharinoso	dentada	guinda
14	IsP-114	cónica	semiharinoso	dentada	morado
15	IsP-116	cilíndrica-cónica	harinoso	plana	morado
16	IsP-107	cónica	semiharinoso	dentada	Azul
17	IsP-004	cilíndrica-cónica	dentado	contraída	blanco
18	IsP-120	cilíndrica	dentado	dentada	cremoso
19	IsP-113	cilíndrica-cónica	dentado	dentada	blanco
20	IsP-150	cilíndrica	dentado	dentada	blanco
21	IsP-173	cilíndrica	dentado	dentada	blanco
22	IsP-115	cilíndrica	dentado	dentada	blanco

Caracteres cuantitativos de mazorca y grano

Dentro de los caracteres cuantitativos siete pertenecen a la mazorca y nueve para el grano (Cuadro 4) éstas son importantes para la caracterización de las razas de maíz y están estrechamente relacionadas con el rendimiento grano (Reyes *et al.*, 2017). Dichas variables se describen a continuación y se analizan de acuerdo a la raza a la que pertenece cada población.

Las dos primeras poblaciones son mezclas de las cuales Arrocillo y Palomero pertenecen a las razas indígenas antiguas (Wellhausen *et al.*, 1951), estas presentan mazorcas y grano de tamaño pequeño contrastando con el resto de las demás poblaciones al presentar el menor promedio para P100G (20.15 g) y V100G (28.5 cc) estos promedios corresponden a la población 2.

En las poblaciones de la raza Cónico (3 a 10) se puede resaltar que la población 7 presenta características sobresalientes para N.H. (16.8), peso M10%H (239.0 g) y peso G10%H (164.0 g). Otra de las poblaciones importantes es la 6 por presentar una mayor longitud de mazorca (17.84 cm) y mayor NGPH (36.9).

Dentro de la raza de Elotes Cónicos (11 a 16) la población 16 muestra un mayor N.H. (16.3), peso de M10%H (172.0 g) y peso de G10%H (156.0 g), también se puede observar la población 11 cuyas características de L.G. (15.76 mm), G.G. (5.36 mm) le confieren obtener un mayor P100G (41.2 g) y V100G (71.2 cc) superando en estas variables al resto de la poblaciones.

Para la población 17 perteneciente a la raza Chalqueño presentó un valor intermedio en cuanto al N.H. (13.3) y un mayor porcentaje para el F.D. (92.62) superando al resto de las poblaciones, mostrando una L.G. (14.82 mm) y G.G. (4.53 mm) lo que contribuye a obtener un buen V100G. (52.15 cc).

En cuanto a la Mezcla Varietal (población 18) mostró un buen promedio para las variable NGPH (33.35), A.G. (8.9 mm) y peso de M10%H (137.0 g) siendo estas características las más sobresalientes para esta población.

Para la población 19 (Conejo) cabe resaltar que tiene una buena L.M. (17.68 cm) y un menor D.M. (3.8 cm) por lo tanto, son mazorcas delgadas y de forma semicilíndricas (CONABIO, 2010), esto conlleva a que esta población presentara un alto NGPH (41.3).

En las poblaciones 20, 21 y 22 (Tuxpeño) la cual es una de las razas más productivas de México (CONABIO, 2010), se observó que de estas poblaciones la más sobresaliente es la población 21 que mostró la mayor L.M. (20.97 cm) y un buen NGPH (44.25) esto se refleja en el peso de M10%H (197.0 g).

Cuadro 4. Promedios de las 16 características evaluadas en las 22 poblaciones de maíz en el estado de Puebla.

Población	L.M. cm	D.M. cm	DM/LM	N.H.	NGPH	F.D. %	L.G. mm	A.G. mm
1	12.11	4.08	0.34	15.80	28.00	88.39	12.30	6.32
2	11.45	3.56	0.31	14.50	28.30	87.95	11.31	6.27
3	13.12	4.30	0.33	12.70	28.80	89.47	15.78	8.47
4	12.41	4.37	0.35	14.30	27.50	91.43	14.66	6.99
5	15.90	4.54	0.29	13.50	35.80	91.03	14.88	7.42
6	17.84	4.37	0.25	15.30	36.90	86.96	12.86	7.21
7	16.51	4.91	0.30	16.80	32.95	68.62	13.76	7.26
8	13.70	4.48	0.33	14.90	27.05	87.91	13.24	7.38
9	13.93	4.02	0.29	9.20	26.05	86.09	13.02	9.70
10	16.88	4.33	0.26	12.70	25.55	87.39	13.07	7.79
11	13.30	5.11	0.38	14.70	24.30	90.20	15.76	7.70
12	11.20	4.25	0.38	14.20	24.35	61.05	13.85	6.76
13	12.97	4.49	0.35	13.40	23.20	87.38	13.69	7.40
14	12.98	4.09	0.31	10.00	32.85	84.16	10.33	9.04
15	15.93	4.14	0.26	10.30	36.70	85.11	11.97	9.27
16	14.79	4.85	0.33	16.30	29.45	90.70	14.16	6.84
17	13.76	4.26	0.31	13.30	29.30	92.62	14.82	7.40
18	16.70	4.07	0.24	11.30	33.35	86.86	12.00	8.90
19	17.68	3.80	0.21	10.40	41.30	87.50	11.70	8.60
20	18.60	4.85	0.26	14.10	41.05	87.63	12.63	8.06
21	20.97	4.29	0.20	13.80	44.25	87.31	13.10	8.35
22	18.70	4.26	0.23	10.60	44.60	87.50	14.23	9.71

Continuación Cuadro 4....

Población	G.G. mm	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G g	V100G cc	PM10%H g	PG10%H g
1	4.20	0.51	0.34	0.66	24.90	34.95	112.00	99.00
2	4.20	0.55	0.37	0.67	20.15	28.50	83.00	73.00
3	5.30	0.54	0.34	0.63	33.62	52.10	133.00	119.00
4	4.15	0.48	0.28	0.59	25.25	45.95	105.00	96.00
5	3.91	0.50	0.26	0.53	30.20	51.35	156.00	142.00
6	4.73	0.56	0.37	0.66	31.00	44.25	138.00	120.00
7	4.80	0.53	0.35	0.66	31.05	46.00	239.00	164.00
8	4.62	0.56	0.35	0.63	31.54	46.08	91.00	80.00
9	5.12	0.75	0.39	0.53	41.40	66.85	115.00	99.00
10	5.12	0.60	0.39	0.66	33.20	53.55	111.00	97.00
11	5.36	0.49	0.34	0.70	41.20	71.20	153.00	138.00
12	4.32	0.49	0.31	0.64	27.00	44.80	95.00	58.00
13	4.61	0.54	0.34	0.62	31.45	53.65	103.00	90.00
14	4.61	0.88	0.45	0.51	27.41	41.51	101.00	85.00
15	3.81	0.77	0.32	0.41	31.04	44.30	141.00	120.00
16	4.55	0.48	0.32	0.67	31.95	49.90	172.00	156.00
17	4.53	0.50	0.31	0.61	32.65	52.15	122.00	113.00
18	4.20	0.74	0.35	0.47	34.05	50.00	137.00	119.00
19	3.80	0.74	0.32	0.44	27.85	44.90	120.00	105.00
20	4.10	0.64	0.32	0.51	32.20	50.20	194.00	170.00
21	4.20	0.64	0.32	0.50	33.60	50.35	197.00	172.00
22	4.03	0.68	0.28	0.42	37.05	57.50	184.00	161.00

Análisis de Conglomerados

El objetivo del Análisis de Conglomerados es formar grupos tal que los elementos de un grupo sean más parecidos entre sí que con los elementos de otro grupo (Balzarini *et al.*, 2006). Este análisis se basó en la agrupación de las poblaciones de acuerdo a sus similitudes en relación a las variables cuantitativas de mazorca y grano, midiendo la distancia euclidiana entre las poblaciones.

Los resultados obtenidos en este análisis se presentan en el Cuadro 5, en el cual se observa que el punto de corte de gráfica se realizó en el paso 15 donde se forman siete conglomerados a un nivel de distancia euclidiana de 5.3099 cuando la población 3 se enlaza con la 6, al respecto Crossa *et al.* (1994) indican que el punto de corte del dendograma se basa sobre la utilidad de los grupos formados. En el dendograma de la Figura 1 se presentan las poblaciones que constituyen cada uno de los 7 grupos.

Cuadro 5. Valores de distancia euclidiana y pasos enlace para 22 poblaciones de maíz y 16 características, método de enlace completo.

Paso	Número conglomerados	Nivel de distancia	Conglomerados incorporados	No. de poblaciones en el conglomerado	
1	21	1.46310	8	13	2
2	20	1.86080	15	18	2
3	19	2.25605	20	21	2
4	18	2.37467	3	17	2
5	17	2.53411	15	19	3
6	16	2.55480	1	2	2
7	15	2.86794	6	10	2
8	14	2.88267	4	8	3
9	13	3.39386	5	16	2
10	12	3.69606	20	22	3
11	11	4.07375	3	4	5
12	10	4.49160	3	5	7
13	9	4.81115	15	20	6
14	8	5.14814	9	14	2
15	7	5.30990	3	6	9
16	6	5.56142	1	12	3
17	5	6.04044	7	11	2
18	4	6.32554	3	7	11
19	3	7.59734	9	15	8
20	2	9.33932	1	3	14
21	1	9.37533	1	9	22

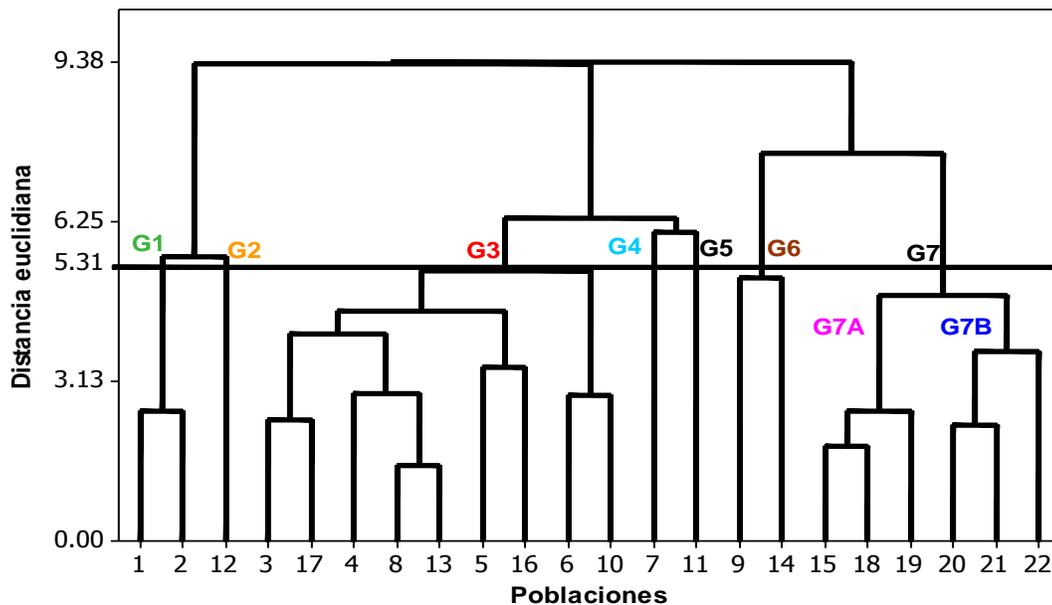


Figura 1. Dendrograma de 22 poblaciones de maíz construido mediante enlace completo con distancia euclidiana derivada de 16 variables morfológicas.

Este análisis detectó siete grupos de los cuales el grupo 7 se subdividió en dos (7A y 7B) los cuales se describen a continuación. Para los cuales en el Cuadro 6 se presentan los promedios de dichos grupos.

El G1, formado por dos poblaciones Arrocillo x Cónico y Palomero x Arrocillo, este grupo se diferencia del resto de los grupos por tener una longitud de mazorca pequeña L.M. (11.78 cm) al igual un menor diámetro de mazorca D.M. (3.82 cm) por ser estos de grano pequeño propician a tener un bajo peso y volumen de 100 granos. En concordancia por lo señalado por Wellhausen *et al.* (1951) quienes mencionaron que estas razas Palomero y Arrocillo tienen un parentesco muy estrecho que se refleja en casi todas las características de mazorca.

El G2 se conformó por la población 12 (Elotes Cónicos) esta población tiene características semejantes al G1, pero a diferencia de estas tuvo el más bajo porcentaje en cuanto a factor de desgrane F.D. (61%) lo cual repercutió en obtener a diferencia de los otros grupos el menor peso de mazorca y grano al 10% de humedad (95 g y 58 g, respectivamente).

El G3 está integrado por nueve poblaciones (seis Cónicos, dos Elotes Cónicos y un Chalqueño) siendo este grupo el más numeroso, las razas de este grupo tienen en común mazorcas de forma cónica, un alto número de hileras N.H. (14); ancho de grano A.G. (7.43 mm) una de las características sobresaliente de este grupo es el presentar un alto factor de desgrane F.D. (90%).

En el G4 se ubicó la población 7 (Cónico) presentando un valor intermedio en cuanto longitud de mazorca L.M. (16.51cm), este grupo se caracterizó por tener la población con el más alto peso de mazorca y grano al 10% de humedad (239.0 g y 164.0 g, respectivamente).

El G5 al igual que los grupos G2 y G4 se constituyó solo por una población 11 (Elotes Cónicos) esta población se diferencia del resto por haber presentado el mayor diámetro de mazorca D.M. (5.11cm) y una mayor longitud de grano L.G. (15.76 mm) y grosor de grano G.G. (5.36 mm) lo cual influyó en obtener un alto peso y volumen de 100 granos (41.2 g y 71.2 cc, respectivamente).

Para el G6 solo integró dos poblaciones 9 y 14 (Cónico, Elotes Cónicos), este grupo a diferencia de los demás, presentó el más bajo número de hileras N.H. (9.6) pero contando con el mayor ancho de grano A.G. (9.37 mm) en comparación al resto de los grupos, lo cual le confiere valores razonables en cuanto a peso de 100 granos y volumen de 100 granos (34.41 g y 54.18 cc respectivamente).

En el Grupo 7 se observan dos subgrupos: el Subgrupo 7-A que aglomeró las poblaciones 15, 18 y 19 (Elotes Cónicos, Mezcla varietal y Conejo); al igual que subgrupo 7-B predomina una alta longitud de mazorca L.M (16.77 cm), pero cabe mencionar que obtuvo el menor grosor de grano G.G. (3.94 mm). El Subgrupo 7-B congregó a tres poblaciones de la raza Tuxpeño (20, 21 y 22) en las que predominaron mazorcas de mayor longitud (19.42 cm) el mayor número de hileras N.H. (43.30), De acuerdo con Wellhausen *et al.* (1951) esta raza se caracteriza por sus mazorcas grandes, cilíndricas, un alto número de hileras y granos por hilera, lo que la hace una de las razas más productivas de México, por sus atributos es mayormente empleada en el mejoramiento genético.

Cuadro 6. Promedios de los siete grupos obtenidos en el dendograma con las características evaluadas en las poblaciones de maíz.

Grupos	Poblaciones	L.M. cm	D.M. cm	DM/LM	N.H.	NGPH	F.D. %	L.G. mm	A.G. mm
G1	1,2	11.78	3.82	0.33	15.2	28.15	88.0	11.81	6.30
G2	12	11.20	4.25	0.38	14.2	24.35	61.0	13.85	6.76
G3	3,17,4,8,13,5,16,6,10	14.60	4.44	0.31	14.0	29.28	90.0	14.13	7.43
G4	7	16.51	4.91	0.30	16.8	32.95	68.0	13.76	7.26
G5	11	13.30	5.11	0.38	14.7	24.30	90.0	15.76	7.70
G6	9,14	13.46	4.06	0.30	9.6	29.45	85.0	11.68	9.37
G7A	15,18,19	16.77	4.00	0.24	10.7	37.12	86.0	11.89	8.92
G7B	20,21,22	19.42	4.47	0.23	12.8	43.30	87.0	13.32	8.71

Grupos	Poblaciones	G.G. mm	AG/LG	GG/LG	GG/AG	P100G G	V100G cc	M10%H g	G10%H g
G1	1,2	4.20	0.53	0.36	0.67	22.53	31.73	97.50	86.00
G2	12	4.32	0.49	0.31	0.64	27.00	44.80	95.00	58.00
G3	3,17,4,8,13,5,16,6,10	4.61	0.53	0.33	0.62	31.21	49.89	125.67	112.56
G4	7	4.80	0.53	0.35	0.66	31.05	46.00	239.00	164.00
G5	11	5.36	0.49	0.34	0.70	41.20	71.20	153.00	138.00
G6	9,14	4.87	0.82	0.42	0.52	34.41	54.18	108.00	92.00
G7A	15,18,19	3.94	0.75	0.33	0.44	30.98	46.40	132.67	114.67
G7B	20,21,22	4.11	0.65	0.31	0.48	34.28	52.68	191.67	167.67

Análisis de Componentes Principales

El análisis de Componentes Principales se realizó con la opción de matriz de correlaciones que se utiliza cuando las variables están en diferentes unidades, este análisis mostró que los tres primeros componentes en conjunto explicaron 78.7 % (Cuadro 7) de la variación observada (proporción acumulada), con valores propios de 5.60, 4.18 y 2.81 y contribución específica de 35.0, 26.1 y 17.6% de la variabilidad total, respectivamente.

De acuerdo con los vectores propios, en el primer componente las variables originales con mayor peso fueron: Relación GG/AG, DM/LM, AG/LG, NGPH, A.G. y L.M. En el segundo componente las variables originales de mayor importancia fueron: D.M., L.G., peso de M10%, peso de G10%H, peso y volumen de 100 granos. El tercer componente estuvo fuertemente influido por las variables: G.G., peso y volumen de 100 granos.

Cuadro 7. Valores y vectores propios para los tres primeros componentes principales y 16 variables originales de mayor influencia en la caracterización de las 22 poblaciones de maíz.

	CP1	CP2	CP3
Valor propio	5.602	4.181	2.810
Proporción (%)	35.0	26.1	17.6
Acumulada (%)	35.0	61.1	78.7
Variables	Vectores propios		
L.M.	0.339*	0.176	-0.144
D.M.	-0.084	0.419*	-0.003
DM/LM	-0.374*	0.032	0.115
N.H.	-0.275	0.200	-0.320*
NGPH	0.360*	0.047	-0.265
L.G.	-0.145	0.383*	0.062
A.G.	0.344*	-0.009	0.315*
G.G.	-0.178	0.166	0.419*
AG/LG	0.320*	-0.232	0.209
GG/LG	-0.030	-0.216	0.319*
GG/AG	-0.381*	0.098	0.004
P100G	0.142	0.313*	0.387*
V100G	0.076	0.325*	0.392*
PM10%H	0.189	0.353*	-0.185
PG10%H	0.217	0.368*	-0.164
F.D.	0.068	0.045	0.064

* Cargas del vector propio > 0.300, indican las variables con mayor peso. CP= Componente Principal

En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales donde se observa los dos primeros componentes que explican el 61.1% de la variabilidad total, donde los vectores de mayor longitud corresponden a las variables de mayor importancia, esto según Balzarini *et al.* (2006) donde mencionan que 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.

Las variables más importantes para definir el primer componente principal en base a la longitud y posición de los vectores en primeras dimensiones (Figura 2) fueron: LM, NGPH y A.G. situadas en el lado positivo de la gráfica, de las cuales se presentó una correlación positiva y altamente significativa entre L.M. y NGPH ($r= 0.836^{**}$, Anexo 1

del apéndice). Las más importantes con valores negativos fueron: relación GG/AG y DM/LM con una correlación positiva y altamente significativa entre las dos variables ($r= 0.668^{**}$).

Las variables más importantes en la definición del segundo componente principal fueron, con valores positivos: D.M., L.G., peso de mazorca y grano al 10% de humedad, peso y volumen de 100 granos, teniendo una relación altamente significativa entre el peso de M10%H y el peso de G10%H ($r= 0.946^{**}$), (Anexo 1) también hubo una relación altamente significativa entre el V100G y P100G ($r= 0.933^{**}$), (Anexo 1). Las más importantes con valores negativos fueron: relación GG/AG y AG/LG con una correlación positiva y altamente significativa entre las dos variables ($r= 0.762^{**}$), (Anexo 1).

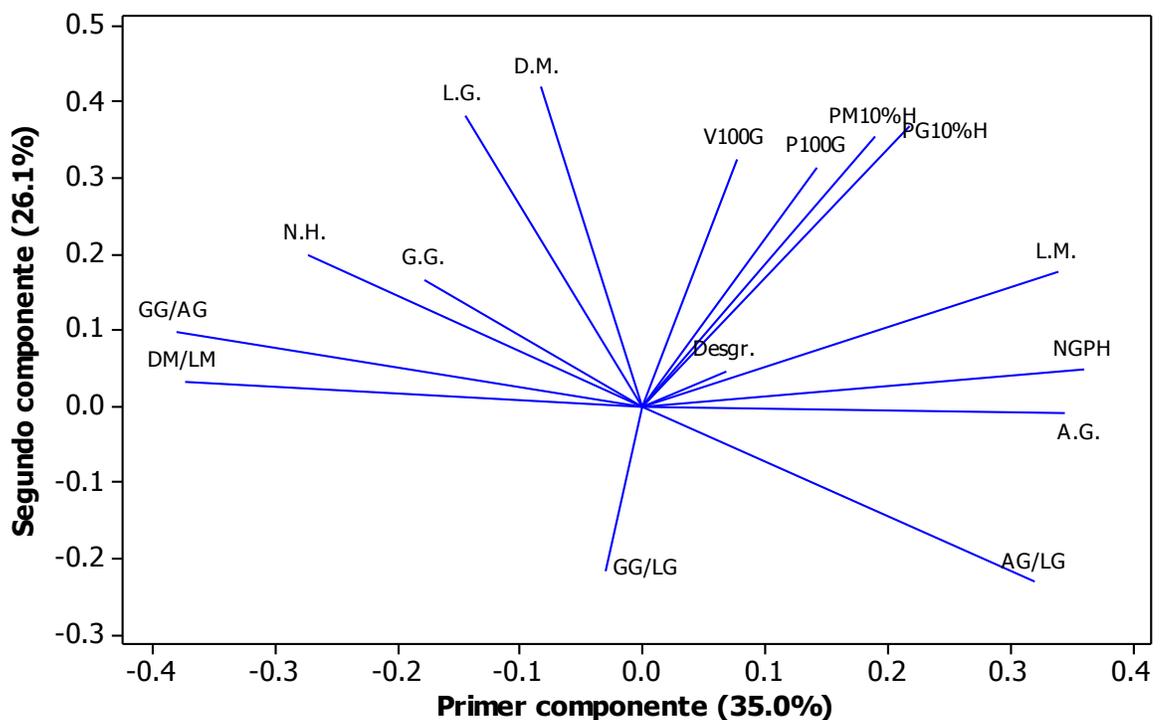


Figura 2. Distribución de las 16 variables y su relación con el peso de los vectores sobre los dos primeros componentes principales.

La dispersión de las poblaciones obtenidos en al análisis de componentes principales (CP) se muestra en la Figura 3, donde se relacionan los grupos con las variables de mayor importancia.

Las poblaciones de la raza Tuxpeño se ubicaron en el cuadrante positivo de ambos componentes (CP1 y CP2), este grupo presentó los más altos valores en cuanto L.M. y NGPH. En el cuadrante positivo para el CP1 y negativo para el CP2 se localizaron dos grupos G6 y G7A que incluyen las poblaciones Cónico, Elotes Cónicos, Mezcla Varietal y Conejo las cuales mostraron los promedios más altos para A.G. y su relación AG/LG. Los promedios para cada una de las variables se muestran en el Cuadro 6.

En el cuadrante positivo para CP2 negativo para el CP1 incluye al grupo G4 (población 7) el cual se distingue por contar con el mayor D.M., N.H., peso de M10%H y G10%H. Para este mismo cuadrante se incluye al G5 (población 11) el cual destacó por tener altos valores para D.M., L.G., G.G., V100G y P100G. En la porción intermedia, se observan poblaciones en su mayoría de las razas Cónico, Elotes Cónicos y un Chalqueño pertenecientes al G3, las cuales presentan valores sobresalientes para la mayoría de las variables destacando por su alto F.D. y L.G.

En el G1 se consideran las poblaciones 1 y 2 ubicados en el cuadrante negativo tanto para el CP1 y CP2, la variable más relevante para este grupo es su alto N.H. característico de estas razas (Palomero y Arrocillo) descritas por (Wellhausen *et al.* 1951), al ser éstas de grano pequeño presentaron valores más bajos con respecto al P100G, V100G, peso de M10%H y G10%H. En este mismo cuadrante se incluye el G2 población 12 que pertenece a raza de Elotes Cónicos que al estar sometido a condiciones de estrés presentó características similares al G1, pero contando con el valor más bajo en cuanto al F.D.

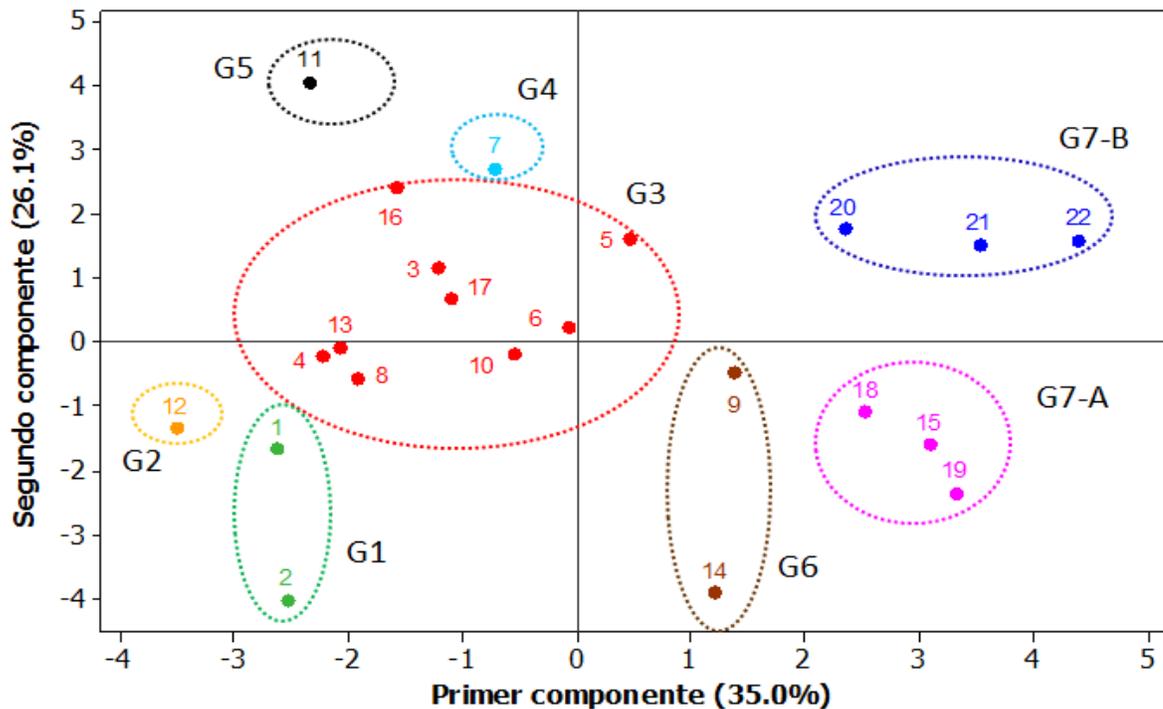


Figura 3. Distribución y agrupación de 22 poblaciones de maíz de acuerdo a sus características de mazorca y grano con respecto los dos primeros componentes principales.

Análisis de varianza (ANOVA) para rendimiento de mazorca y grano con promedios para las variables agronómicas

De las variables agronómicas se efectuó un análisis de varianza para las variables rendimiento de mazorca y grano bajo un diseño completamente al azar (Cuadro 8). En los resultados de este análisis, dichas variables presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos (poblaciones) debido a la diferencia entre grupos raciales ya que en este trabajo se cuenta con materiales de grano pequeño como Arrocillo y Palomero y materiales de grano grande tales como el Tuxpeño. En los análisis de varianza se obtuvieron coeficientes de variación para mazorca y grano de 34.6 y 36.0%, respectivamente, estos coeficientes están dentro del rango permitido para este tipo de experimentos ya que no se tiene un control del ambiente ni de los sistemas de producción.

Cuadro 8. Cuadrados medios y coeficientes de variación para rendimiento de mazorca y grano de 22 poblaciones maíz evaluadas *in situ*.

Fuente	GL	CMRM ¹	CMRG ²
Tratamientos	21	4.06**	3.359**
Error	44	0.752	0.625
Total	65		
C.V.		34.6% %	36.0% %
\bar{X}		2.501 T ha ⁻¹	2.200 T ha ⁻¹

**Alta significancia al nivel de probabilidad de 0.05; ¹CMRM=cuadrado medio de rendimiento de mazorca en Ton ha⁻¹ al 15% de humedad; ²CMRG= cuadrado medio de rendimiento de grano en Ton ha⁻¹ al 15% de humedad.

En el Cuadro 9 se presenta la prueba de medias (DMS_{0.05}) donde se observa la agrupación de las poblaciones ordenadas en relación al rendimiento de mazorca y grano. Con respecto al orden de los tratamientos éste es muy similar para el peso de mazorca y grano ya que existe una correlación positiva y altamente significativa ($r=0.966^{**}$) entre las dos variables.

Cuadro 9. Comparación de medias para las variables rendimiento de mazorca y grano al 15% de humedad.

Rendimiento de mazorca (Ton ha ⁻¹)			Rendimiento de grano (Ton ha ⁻¹)		
Tratamientos	Media*	Agrupación	Tratamientos	Media	Agrupación
6	4.875	A	6	4.238	A
7	4.314	AB	10	3.945	AB
10	4.264	AB	7	3.777	AB
17	3.600	ABC	17	3.229	ABC
1	3.570	ABCD	1	3.190	ABCD
9	3.351	BCDE	9	2.967	ABCDE
5	3.276	BCDE	5	2.886	BCDE
16	3.178	BCDE	16	2.882	BCDE
11	2.487	CDEF	4	2.253	CDEF
4	2.465	CDEF	11	2.122	CDEFG
21	2.243	CDEFG	2	1.971	CDEFGH
2	2.175	CDEFG	21	1.950	CDEFGH
18	2.149	DEFG	3	1.892	DEFGH
22	2.125	EFG	18	1.866	EFGH
3	2.116	EFG	22	1.784	EFGH
12	2.021	EFG	12	1.770	EFGH
20	1.566	FG	20	1.271	FGH
13	1.121	FG	15	0.943	GH
15	1.108	FG	13	0.923	GH
8	1.088	FG	8	0.895	GH
14	0.985	G	14	0.829	GH
19	0.944	G	19	0.814	H
DMS (0.05) =1.426			DMS (0.05) =1.300		

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (P < 0.05).

El Cuadro 10 muestra los promedios de las variables agronómicas consideradas para este estudio, así como la prueba de DMS (0.05) para las variables de rendimiento de mazorca y grano. En los resultados de esta prueba, la población 6 grupo (a) superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) al resto de las poblaciones en las dos variables contando con un rendimiento de mazorca de 4.875 t ha^{-1} . A pesar de no contar con características sobresalientes para las variables agronómicas esta población presentó buenas características en cuanto al N.H., A.G. y F.D. (Cuadro 4) lo cual le favoreció para posicionarla como la más sobresaliente. La segunda población en importancia dentro de este grupo fue la 7 en cuanto a las variables agronómicas registró un buen I.P. (82.229 %), además de presentar características morfológicas sobresalientes en cuanto a D.M., N.H. y peso de M10%H y G10%H estas favorecieron a que obtuviera un rendimiento de mazorca de 4.315 t ha^{-1} . Cabe mencionar que dentro de este grupo la población 10 obtuvo un rendimiento de mazorca de 4.624 t ha^{-1} , destacando una buena sanidad para esta población.

En el grupo g se ubicaron las poblaciones 14 y 19 presentando los valores más bajos en rendimiento de mazorca (0.985 y 0.945 t ha^{-1} , respectivamente) esto debido a la presencia de una mala cobertura de mazorca lo que contribuyó a la presencia del hongo *Fusarium spp.*, además de contar con un bajo índice de prolificidad (59.9 y 53.3%, respectivamente). Con respecto a las características morfológicas estas poblaciones presentaron un bajo P100G esto a causa de las condiciones ambientales y al manejo agronómico que se presentaron durante el ciclo agrícola.

El hecho que existan rendimientos bajos en los materiales evaluados en este trabajo no significa que no puedan usarse para un posible mejoramiento en el futuro, ya que estos materiales cuentan con características especiales que para el productor son de gran valor económico y cultural, por ejemplo materiales con buena textura de nixtamalización, colores atractivos para la elaboración de atoles, tortillas, etc., granos reventadores, granos con pigmentaciones que sirven en la industria cosmética, todas estas características hacen que cada raza de maíz sea de gran importancia tanto para el productor o custodio como para el fitomejorador y es por eso que la caracterización y la conservación de estos materiales sea una tarea importante tanto

para las instituciones públicas como las privadas, además es necesario establecer programas de asesoría técnica para los productores y así mejorar la calidad y cantidad de sus cosechas, que es esto lo que al productor en verdad le importa.

Cuadro 10. Promedios de los datos agronómicos de las poblaciones evaluadas, ordenadas en relación al rendimiento de mazorca (R.M.) con la prueba de medias (DMS).

Pobl.	A.P.	A.M.	A.R.	A.T.	M.C.	F.P.	F.M.	M.P	C.M. ¹	I.P.	R.M. ²	R.G. ³
	cm	cm	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(1-5)	(%)	T ha ⁻¹	T ha ⁻¹
6	296	221	---	---	8.663	0.000	5.486	12.522	3.000	65.349	4.875 a	4.238 a
7	294	184	14.003	9.625	4.167	0.000	6.667	5.294	3.000	82.294	4.315 a	3.777 a
10	262	178	9.002	8.569	3.193	0.000	0.000	0.000	3.000	78.478	4.264 a	3.946 a
17	220	149	6.828	14.380	3.671	0.000	1.010	7.403	3.000	60.435	3.600 a	3.230 a
1	414	300	0.775	2.222	10.914	0.000	4.833	8.592	3.000	62.578	3.570 a	3.190 a
9	246	159	18.124	14.750	2.662	0.000	0.980	2.941	3.000	71.926	3.352 b	2.967 a
5	318	218	6.988	36.959	17.442	0.000	8.223	31.669	3.000	88.289	3.277 b	2.886 b
16	280	188	19.824	10.843	5.118	4.219	7.550	20.133	3.000	59.178	3.179 b	2.883 b
11	223	155	17.266	4.104	10.101	0.000	7.053	7.780	3.000	69.444	2.487 c	2.122 c
4	---	---	1.709	4.765	3.376	0.000	14.676	33.841	3.000	64.754	2.465 c	2.254 c
21	299	166	1.282	5.238	2.473	0.000	5.458	10.916	3.000	76.172	2.243 c	1.950 c
2	412	297	8.081	4.850	15.011	0.000	1.449	9.198	3.000	63.221	2.175 c	1.971 c
18	254	141	6.893	2.775	10.882	0.000	5.242	13.266	3.000	81.608	2.149 d	1.866 e
22	---	---	0.000	0.000	7.021	0.000	8.165	11.201	3.000	96.825	2.125 e	1.785 e
3	171	95	28.102	11.183	14.719	0.000	6.730	20.127	3.000	74.062	2.116 e	1.893 d
12	154	74	7.997	12.229	0.000	0.000	1.667	9.697	3.000	58.174	2.022 e	1.771 e
20	298	212	0.000	0.000	23.492	0.000	9.365	13.968	3.000	100.000	1.566 f	1.271 f
13	156	80	0.813	2.701	4.802	0.000	3.274	9.325	3.000	48.071	1.122 f	0.924 g
15	246	151	0.000	0.000	5.179	1.190	0.000	3.036	3.000	85.773	1.108 f	0.943 g
8	255	167	1.905	10.722	0.000	0.000	4.233	14.550	3.000	58.355	1.088 f	0.896 g
14	---	---	33.617	18.255	13.617	0.000	1.587	8.389	3.000	59.934	0.985 g	0.829 g
19	---	---	3.504	0.000	81.026	0.000	29.174	21.093	3.000	53.333	0.945 g	0.814 h
\bar{x}	267.0	174.7	11.687	8.283	11.251	0.246	6.037	12.497	3.000	70.830	2.501	2.200
DMS (0.05)											1.426	1.300

¹ calificación escala 1-5, donde: 1 mayor uniformidad, 5 mayor variabilidad. RM², RG³ = rendimiento de mazorca y grano en Ton por hectárea al 15% de humedad

Georreferenciación de las parcelas de conservación *in situ* y su rendimiento

La ubicación geográfica del estado de Puebla se sitúa entre los 17° 50' y 20° 50' de latitud norte y entre los 90° 40' y 99° 05' de longitud oeste (INEGI, 2006). Dentro de la Región Norte del estado de Puebla se encuentran las parcelas evaluadas en su lugar de origen georreferenciadas (Figura 4). En el Anexo 2 del Apéndice se muestran imágenes de las razas de acuerdo a las poblaciones evaluadas en el presente trabajo. En el Cuadro 11 se muestra la relación de las razas y su ubicación geográfica. En el municipio de Atempan se localizaron dos poblaciones 1 (Arrocillo x Cónico), 2 (Palomero x Arrocillo) a una altitud de 1967-2084 msnm con un rendimiento de mazorca de 3.570 y 2.175 t ha⁻¹, respectivamente.

Para el municipio de Chignahuapan se localizan seis poblaciones 3 y 4 (Cónico), 11, 12 y 13 (Elotes Cónicos) y 17 (Chalqueño) a un rango de altitud 2400-2600 msnm, sobresaliendo la población 17 con un rendimiento de mazorca de 3.600 t ha⁻¹. En municipio de Zacatlán se encuentran cinco poblaciones 7, 8, 9 y 10 de la raza Cónico y 16 (Elotes Cónicos) con un rango de altitud de 2100- 2500 msnm destacando la población 7 con un rendimiento promedio de 4.314 t ha⁻¹. En Tetela de Ocampo a una altitud entre 1800-1900 msnm se registran dos poblaciones 5 y 6 (Cónico) sobresaliendo la población 6 con un rendimiento 4.875 t ha⁻¹.

En el municipio de Xicotepec en rango de altitud de 160-180 msnm se ubican cuatro poblaciones 14 y 15 (Elotes Cónicos), 19 (Conejo) y 22 (Tuxpeño) destacando la población 22 con 2.125 t ha⁻¹. En Pantepec se registró una Mezcla Varietal a una altitud de 200 msnm con un rendimiento promedio de 0.944 t ha⁻¹ siendo el rendimiento más bajo en comparación al resto de las poblaciones. Por último, en el Municipio de Tenampulco a una altitud de 190 msnm se ubican las poblaciones 20 y 21 de la raza Tuxpeño siendo la más rendidora la población 21 con un promedio en su rendimiento de 2.243 t ha⁻¹.

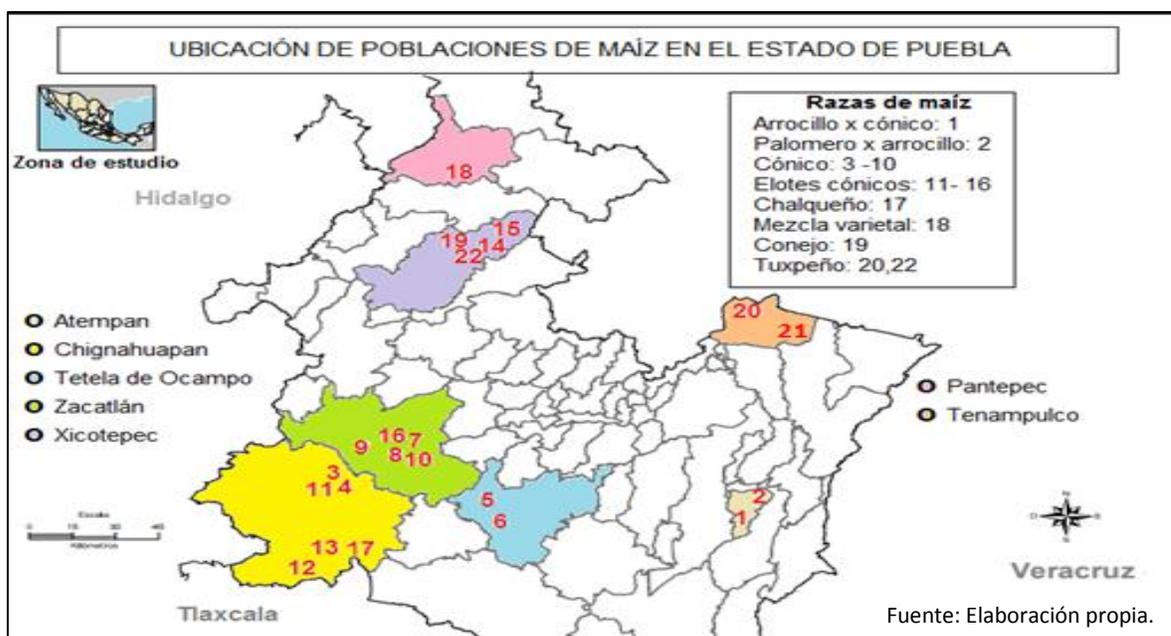


Figura 4. Georreferenciación de los municipios donde se ubican las parcelas *in situ*.

Cuadro 11. Relación de razas y ubicación geográfica de las 22 parcelas de conservación *in situ*, estado de Puebla.

Pobl.	Clave	Raza	Municipio	Latitud N 00°00'00"	Longitud O 00°00'00"	Altitud msnm
1	UAAANIsP-053	A x C ¹	Atempan	19°50'16"	97°27'09"	1967
2	UAAANIsP-038	P x A ²	Atempan	19°48'55"	97°26'45"	2084
3	UAAANIsP-052	Cónico	Chignahuapan	19°52'46"	98°04'55"	2556
4	UAAANIsP-148	Cónico	Chignahuapan	19°54'18"	98°04'37"	2483
5	UAAANIsP-019	Cónico	Tetela de Ocampo	19°49'14"	97°51'28"	1805
6	UAAANIsP-036	Cónico	Tetela de Ocampo	19°58'47"	97°53'06"	1940
7	UAAANIsP-017	Cónico	Zacatlán	19°58'28"	97°58'29"	2176
8	UAAANIsP-018	Cónico	Zacatlán	19°57'48"	97°58'55"	2258
9	UAAANIsP-108	Cónico	Zacatlán	19°57'24"	98°01'02"	2531
10	UAAANIsP-109	Cónico	Zacatlán	19°57'24"	97°59'27"	2395
11	UAAANIsP-002-1	Elotes Cónicos	Chignahuapan	19°51'41"	98°04'14"	2400
12	UAAANIsP-002-2	Elotes Cónicos	Chignahuapan	19°43'48"	98°04'36"	2610
13	UAAANIsP-003	Elotes Cónicos	Chignahuapan	19°43'48"	98°04'36"	2610
14	UAAANIsP-114	Elotes Cónicos	Xicotepéc	20°25'52"	97°46'31"	174
15	UAAANIsP-116	Elotes Cónicos	Xicotepéc	20°25'42"	97°46'52"	178
16	UAAANIsP-107	Elotes Cónicos	Zacatlán	19°58'14"	97°58'17"	2150
17	UAAANIsP-004	Chalqueño	Chignahuapan	19°43'49"	98°03'56"	2560
18	UAAANIsP-120	Mezcla Varietal	Pantepec	20°30'14"	97°53'19"	202
19	UAAANIsP-113	Conejo	Xicotepéc	20°25'50"	97°46'54"	173
20	UAAANIsP-150	Tuxpeño	Tenampulco	20°13'05"	97°25'37"	196
21	UAAANIsP-173	Tuxpeño	Tenampulco	-	-	-
22	UAAANIsP-115	Tuxpeño	Xicotepéc	20°25'46"	97°46'02"	163

Pobl.: Población, IsP: *in situ* Puebla, A x C¹: Arrocillo x Cónico, P x A²: Palomero x Arrocillo

CONCLUSIONES

- Se concluye que hubo una variación significativa en cuanto a la textura y color de grano, siendo en textura cristalina para las razas Arrocillo y Palomero, semiharinosa para la raza Elotes Cónicos y dentada para los demás materiales (Cónico, Chalqueño, Mezcla Varietal, Conejo y Tuxpeño). El color de grano pigmentado se presentó en Elotes Cónicos y en la raza Cónico granos de color amarillo.
- En los caracteres cuantitativos se concluye que la mejor población para N.H. y peso de M10%H es la población 7 perteneciente a la raza Cónico y la mejor en cuanto a V100G es para la población 11 de la raza Elotes Cónicos, por último, el material con mejores características en cuanto a L.M. y NGPH es para la población 21 que representa a la raza Tuxpeño.
- En análisis de conglomerados se identificaron siete grupos que difirieron en características morfológicas entre grupos, pero con características similares dentro de cada grupo.
- Con el análisis de componentes principales se explicó el 61.1% de la variación total de los datos, con este análisis se 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.
- En el análisis de componentes principales destacan los grupos G3, por contar con las poblaciones con características sobresalientes para el F.D., el G4 se caracteriza por tener la población con el valor más alto de L.M., N.H. peso de M10%H y G10%H, por último, el G5 resalta por tener valores altos para L.G., G.G. P100G y V100G. Estas características son esenciales para un futuro mejoramiento genético de las poblaciones.

- Respecto a las características agronómicas con el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para rendimiento de mazorca y grano. En cuanto a la prueba de medias (DMS $_{0.05}$) las poblaciones 6, 7 y 10 sobresalieron estadísticamente ($P \leq 0.05$) tanto para el rendimiento de mazorca como de grano, favorecidas por presentar buena sanidad.

LITERATURA CITADA

- Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN)** 2004. Cooperación Ambiental en el TLCAN y perspectivas para el TLCCA-EEUU. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/20445/R866.pdf>
- Alarcón**, Ch. P.; M. Olivo y L. Solís. 2001. Diversidad gastronómica de los pueblos indios de México. *Etnoecológica* 6(8):100-102.
- Altieri**, M.A. 1991. Traditional Farming in Latin America. *The Ecologist* 21:93-96.
- Altieri**, M.A. and O. Masera 1993. Sustainable rural development in Latin America: building from the bottom up. *Ecological Economics* 7: 93-121.
- Altieri**, M. A. 1993. Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46 ppElsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 257-272.
- Anderson**, E. and H. C. Cutler. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 29:69-88.
- Anderson**, E. 1945. Maize in the new world. *In: New Crops in the New World*. C. M. Wilson (ed). McMillan Co. New York. pp:27-42.
- Anderson** E. 1946. Maize in Mexico. A preliminary survey. *Annals of Missouri Botanical Garden* 33: 147- 247.
- Antonio**, M. M., J. L. Arellano V., G. García de los S., S. Miranda C., J. A. Mejía C. y F. V. González C. 2004. Variedades criollas de maíz Azul raza Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. *Revista Fitotécnica Mexicana* 27(1):9-15.
- Antuna**, G. O., S. A. Rodríguez H., G Arámbula V., A. Palomo G., E Gutierrez A., A. Espinoza B., E. F. Navarro O., E. Andrio E. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera de maíces criollos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31 (Esp. 3):23-27.
- Aragón**, Cuevas F., S. Taba, J. M. Hernández C., J. de D. Figueroa C., V. Serrano A., F. H. Castro García. 2006. Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. Libro Técnico No. 6. INIFAP-SAGARPA. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 343 p.
- Aragón**, C F, J D C Figueroa, M Flores Z, M Gaytán M, M J J Véles (2012) Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca. Libro Técnico No. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Santo Domingo Barrio Bajo, Etlá, Oaxaca, México. 249 p.
- 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.
- Barbon** 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.
- Bedoya**, C., V. Chávez. 2010. Teocintle el ancestro del maíz. *Revista. Claridades Agropecuarias*. No. 201.

- Bellon**, M.R., M. Adato, J. Becerril, y D. Mindek. 2005. Impact of Improved Germplasm on Poverty Alleviation: The Case of Tuxpeño-Derived Materials in Mexico. Mexico, D.F: CIMMYT. Disponible en: http://www.cimmyt.org/english/docs/impacts/impmaize_05.pdf
- Bellon** M R, D. Hodson and J. Hellin. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 108:13432-13437.
- Benz**, B. F. 1986. Taxonomy and evolution of Mexican maize. Ph. D. Diss., University of Wisconsin, Madison. 433 p.
- Benz**, B. F., I. Sánchez V. y F. Santana M. 1993. «Ecología y etnobotánica de Zea diploperennis. Investigaciones preliminares», pp. 139- 164. Biología, ecología y conservación del género Zea, Guadalajara, Universidad de Guadalajara.
- Benz**, B. F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. Arqueología mexicana 5(25):17-23.
- Bird**, R. M and M. M. Goodman 1997. The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. Econ. Bot. 31:471-481.
- Carrera** V. J. A. 2008. Proyecto FZ001 “Estudio de la diversidad genética y su distribución de los maíces criollos sus parientes silvestres en Michoacán”. Informe Final. Centro Regional Universitario Centro Oriente-Universidad Autónoma Chapingo. Morelia, Michoacán. 64 p.
- Carrera**, V. J. A., J. Ron P., A. A. Jiménez, M. M. Morales R., F. Márquez S., L. Sahagún, J. J. Sesmas G y M. Sitt S. 2011a. Razas de maíz de Michoacán de Ocampo: Su origen, relaciones fitogeográficas y filogenéticas. Primera edición, febrero 2011. D.R. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Michoacán. CROMOGRAFF. Morelia Michoacán, México. 150 p.
- Carrera**, V. J. A., J. Ron P., A. A. Jiménez, M. M. Morales R, R. Miranda M., L. Sahagún C. y J. Trinidad V. 2012. Razas de Teocintle en Michoacán; Su origen, distribución y caracterización morfológica. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Edo. De México. 95 p.
- Carpenter**, J., Sánchez G. and E. Villalpando 2005. The Late Archaic/Early Agricultural Period in Sonora, Mexico. New Perspective on the Late Archaic Across the Borderlands. University of Texas Press, Austin. pp. 3-40.
- Casiano** de la R. Ma. Del C. 2015. Análisis de la variación entre 13 poblaciones de maíz nativo del estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Castillo G. F. (1993)** La variabilidad genética y el mejoramiento genético de los cultivos. *Ciencia* 44:69-79.
- CICY**. Centro de Investigación Científica de Yucatán 2013. (7/02/2018) 5:35pm <http://www.cicy.mx/sitios/Germoplasma/#Introduccion>
- 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.

http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo6_ReunionesTalleres/Tabla%20razas_marzo%202010.pdf

- CONABIO** 2011. Base de datos del proyecto global “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Octubre de 2010. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
<http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html>
- Crossa**, J., S. Taba, S.A. Eberhart, P. Bretthing, and R. Vencovsky. 1994. Practical considerations for maintaining germoplasma in maize. *Theor. Appl. Genet.* 89:89-95.
- Crossa**, J., K. Basford, S. Taba, I. Delacy and E. Silva. 1995. Three-mode analyses of maize using morphological and agronomic attributes measured in multilocation trials. *Crop Sci.* 35:1483-1941.
- Davis**, D.S. and P.H. Elzer. 2002. Brucella vaccines in wildlife. *Veterinary Microbiology* 90: 533-544.
- De la Parra** C, S O Serna S, L R Hai. 2007. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *J. Agric. Food Chem.* 55:4177-4183.
- Eagles**, H. A. y A. K. Hardacre. 1990. Genetic changes from introgression of highland Mexican germ plasm into a Corn Belt Dent population of maize. *Theoretical and Applied Genetics* 79:543-549.
- Eagles** H., A., and J. E. Lothrop. 1994. Highland maize from Central Mexico – Its origin, characteristics and use in breeding programs. *Crop Sci.* 34:11-19.
- 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.
- Esteva**, G. 2003. Los árboles de las culturas mexicanas. En: Esteva, G. y C. Marielle (Eds). *Sin Maíz no hay país*. CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México.
- Escobar**, M. D. A. 2006. Plantas y semillas, nuevos recursos de protección legal agraria para los ejidos y comunidades de México (el caso del maíz). *Estudios Agrarios*. Procuraduría Agraria.
- FAO**. 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Edición revisada. Roma.
- 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. 2008. Los Bancos de germoplasma de las Américas. *Recursos Naturales y Medio Ambiente* N° 53: pag 81 – 84. Biodiversity International–Regional Office for Americas.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Apartado Aéreo 6713. Cali, Colombia.

- Gómez V.**, A. j., M. A. Ávila P., H. Ángeles A., C. Díaz H., H. Ramírez V., A. Alejo J. y A. Terrón L. 1996. Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas, y Pecuarias. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Publicación especial No. 16. Toluca, Edo de México. México. 102 p.
- Gil M.** A., P. Antonio L., F. May-Pa, D. Zizumbo V. y P. Colunga G. M. 2004. Variedades criollas de maíz en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In*: Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D. L. Jarvis (eds). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. Pp:18–25.
- Gómez R R**, J D C Figueroa, M C Gayosso, E M Ramírez, A D F Hernández. 2006a. Maíces criollos del Altiplano del Estado de Hidalgo. Libro SEP-Instituto Nacional del Derecho de Autor. Núm. de registro 03-2006-100614290800-01. 80 p.
- Gómez R R**, J D C Figueroa, M C Gayosso, E M Ramírez, A D F Hernández, L R Ledesma, T R Bilbao. 2006b. Investigaciones sobre maíz en el Estado de Hidalgo, Mex. Compilación Libro SEP-Instituto Nacional del Derecho de Autor,. Núm de registro 03-2006-100614302100-01. 87 p.
- 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.
- González**, M., N. Palacios, A. Espinoza y C. Bedoya. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Rev. Titotec. Mex.* 36: Supl. 3-A: 329-338.
- Goodman M. M.** and E. Paterniani. 1969. The races of maize. III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Economic Botany* 23:265-273.
- Goodman**, M. M. y R. McK. Bird. 1977. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin American races. *Economic Botany* 31:204-221.
- Goodman**, M. M. 1999. Broadening the genetic diversity in maize breeding by use of exotic germplasm. *En*: Coors, J. G. y S. Spandley (eds). The genetic and exploitation of heterosis in crops. ASA-CSSASSA. Madison, WI. 139-148.
- Harlan**, J. R. y J. M. J. de Wet. 1971. Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon* 20(4):509- 517.
- 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 X.**, E. 1971. Exploración etnobotánica y su metodología, México, Colegio de Posgraduados, Escuela nacional de Agricultura, Chapingo, México. 43 p.
- Hernández G. P.** 2016. Evaluación agronómica de razas de maíz de la región norte del estado de Puebla bajo diferentes prácticas agrícolas. Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- 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. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Herrera** C. B. E., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., J. M. Hernández C., R. Ortega P. y M. M. Goodman. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- Hellin**, J. y M. Bellon (2007). "Manejo de semillas y diversidad del maíz|| . LEISA, 23-2, Septiembre. http://latinoamerica.leisa.info/index.php?url=show-blob-html.tpl&p%5Bo_id%5D=198252&p%5Ba_id%5D=211&p%5Ba_seq%5D=1
- Hellin**, J., A. Keleman. 2013. Las variedades criollas del maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. Publicado en InfoAserca. 1-6 p.
- Hellin**, J. y A. Keleman. 2013. Las variedades criollas del maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. Publicado en InfoAserca. 1-6 p.
- Hong**, T.D., Linington, S.H. and Ellis, R.H. 1998. Compendium of Information on Seed Storage Behaviour. Volumes 1&2. Royal Botanic Gardens. Kew, UK.
- Hortelano** S.R.R, A. Gil M., A. Santacruz V., S. Miranda C., L. Córdova T. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos en el Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34:189–200
- IBPGR**. 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Roma, Italia.
- INEGI**, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007. Anuario Estadístico de Puebla. Tomo II. INEGI; Aguascalientes, Ags. 1284 p.
- INEGI**, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Anuario de Estadística por Entidad Federativa. INEGI–Aguascalientes, Ags. México. 594 p.
- INEGI**. 2010. Nota técnica estratificación multivariada. Censo Poblacional y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D.F. 9 p.
- Ittis**, H. H. 2000. Homeotic sexual translocations and the origen of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. *Econ. Bot.* 54(1):7-42.
- Jarvis**, D.I., L. Klemick, H. Guarino, L. Smale, M. Brown, A.H.D. Sadki, M. Sthapit and T. Hodkin. 2000. A Training Guide to in situ Conservation On-Farm, versión 1, International Plant Genetic Resources Institute, Roma.
- Johnson**, E.D. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Internacional Thompson Editores. New York, U.S.A.
- Jugenheimer**, R. W. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa, México. 841p.
- Lazos** E. y M. Chauvet. 2011. Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. Proyecto global de maíces nativos. Informe de Gestión. CONABIO. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Lazos%20y%20Chauvet%202011.pdf. (Mayo 2013).

- Louette**, D. 1997. Seed Exchange among Farmers and Gene Flow among Maize Varieties in Traditional Agricultural Systems. *In*: J.A. Serratos, M.C. Willcox, and F. Castillo González (eds.). Gene Flow Among Maize Landraces, Improved Maize Varieties, and teosinte: Implications for Transgenic Maize. INIFAP-CIMMYT. México, D.F. (pp. 56-66).
http://www.cimmyt.org/ABC/geneflow/geneflow_pdf_engl/Geneflow_SeedExch.pdf
- López** M. L. X., R. M. Oliart R., G. Valerio A., C. H. Lee., K. L. Parkin, H. S. Garcia. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Sci. Technol.* 42:1187-1192.
- Mafuru**, J., R. Kileo, H. Verkuil, W. Mwangi, P. Anandajayasekeram, and A. Moshi. 1999. Adoption of Maize Production Technologies in the Lake Zone of Tanzania. Mexico, D.F.: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), the United Republic of Tanzania, and the Southern Africa Center for Cooperation in Agricultural Research (SACCAR).
- Mauricio** R A S, J D C Figueroa, S Taba, M L V Reyes, F Rincón S, A G Mendoza. 2004. Characterization of maize accessions by grain and tortilla quality traits. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:213-222.
- Matsuoka** Y., Y. Vigoroux, M. Goodman M., J. Sánchez G., E. Buckler, A. Doebley J. 2002. Single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*; 99: 6080-6084.
- Maxted**, N., B.V. Ford-Lloyd and J.G. Hawkes (eds.). 1997. Plant genetic conservation: The *in situ* approach. Chapman and Hall, Reino Unido. 446p.
- McClintock**, B., T. A. Kato Y. and A. Blumenschein. 1981. Chromosome constitution of races of maize: its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the Americas. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 521p.
- Minitab**, Inc. 2009. Minitab Statistical Software, Versión 16 para Windows, State College, Pennsylvania. Minitab® es una marca comercial registrada de Minitab, Inc.
- Mijangos** C. J. O., T. Corona T., D. Espinosa V., A. Muñoz O., J. Romero P. and A. Santacruz V. 2007. Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Mexico and the *Chalqueño* complex. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54:309-325.
- Morris**, M. L. y M. A. López P. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina, 1966- 1997. CIMMYT. México, D.F. 45 p.
- Muñoz** O., A. 2003. Centli-maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. México. 210 p.
- Ortega** P. R. 1985. Descripción de algunas razas mexicanas poco estudiadas. *In*: Variedades y razas mexicanas y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Traducido del Ruso, capítulo: Descripción de algunas razas poco estudiadas. Tesis de grado Ph. D. Leningrado, U.R.R.S.

- Ortega** P. 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.
- Ortega**, P., R., J. J. Sánchez, F. Castillo G. y J. M. Hernández. 1991. Estado actual de los estudios sobre los maíces nativos de México. En Avances en el estudio de los recursos filogenéticos de México. SOMEFI. México. pp. 161-196.
- Ortega** P. R. 2003. Diversidad de maíz en México: Causas, estado actual y perspectivas. *In: Sin Maíz no hay País. Culturas Populares, CONACULTA, México, D. F.* pp: 123-154.
- Ortega**, C. A, M. J. Guerrero H., O. Cota A. y R. E. Preciado O. 2011. Situación actual de los maíces nativos y sus parientes silvestres en México. *In: Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México.* R. E. Preciado O., S. Montes H. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, Estado de México, México. pp:15-41.
- Padrón**, E., I. Méndez, A. Muñoz, J.L. de la Riva y M. Torres. 2010. Análisis de conglomerados en el estudio de siete razas de maíz. Memorias del XXXI Encuentro Nacional de la AMIDIQ. 4 al 7 de mayo del 2010. Huatulco Oaxaca, México.
- Perales**, R. H., Brush S. B. and Qualset C. O. 2003. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Econ Bot* 57:7–20.
- Perales** R., H. y D. Golicher. 2011. Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad. Informe técnico preparado para la CONABIO. ECOSUR. Chiapas. México. 108 p. Manuscrito.
- Pressoirs** G, Berthaud J. 2004. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity*; 92: 95-101.
- Ramírez** S. Z. J. G. 2015. Estudio de 35 poblaciones de maíz del estado de México utilizando análisis multivariado. Tesis de Licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Reyes**, C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGTEDITOR S.A. México, D.F.
- Reyes**, C.A., M. Cantú, H.R. Gill, J.G. García y N. Mayek. 2017. Interacción genotipo ambiente en maíz cultivado en Tamaulipas México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 8: 571- 582.
- Revilla**, P. and W.F. Tracy. 1995. Morphological characterization and classification of open-pollinated sweet corn cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120: 112-118.
- Rice**, N.; Henry, R. and Rossetto, M. 2006. DNA banks: a primary resource for conservation research. En: de Vicente MC and Andersson MS (Eds). 2006. DNA banks—providing novel options for genebanks? *Topical Reviews in Agricultural Biodiversity.* International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. Capítulo 6, Pp: 41-48.
- Romero** P. J., F. Castillo G. y R. Ortega P. 2002. Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza Chalqueño: II. Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:107-115.
- Rincón**, S., F., F. Castillo G. y N.A. Ruiz T. 2010. Diversidad y Distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. SOMEFI. Chapingo, Méx.

- Ruíz, N., F.V. González, A. Castillo, F. Castillo.** 2001. Optimización y validación del análisis de conglomerados aplicado a la clasificación de razas mexicanas de maíz. *Agrociencia*. 35: 65-77.
- Ruíz, C., J. A.; N. Durán; J. J. Sánchez; J. Ron; D. R. González; J. B. Holland.** 2008. Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 Mexican races. *Crop. Sci.* 48: 1502-1512.
- Ruiz, J.A., J.J. Sánchez, J.M. Hernández, M.C. Willcox, G. Ramírez, J.L. Ramírez y D.R. González.** 2013. Identificación de razas mexicanas de maíz adaptadas a condiciones deficientes de humedad mediante datos biogeográficos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 829-842.
- Salinas Y M, R J J López, B G F González, G C Vázquez.** 2007. Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Agrociencia* 41:295-305.
- Salinas, Y., S. Saavedra, J. Soria y E. Espinosa.** 2008. Características fisicoquímicas y contenido de carotenoides en maíces (*Zea mays* L.) amarillos cultivados en el estado de México. *Agric. Téc. Méx.* 34: 357-364.
- Sánchez G., J. J.** 1989. Relationships among the mexican races o Maize. Ph. D. Thesis. North Caroline State University, Department of Crop Science. Raleigh, N. C. 187 p.
- 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, G. J.J, M. M. Goodman and C. W. Stuber:** 2000 Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* Vol 54 Num. 1 pp. 43-59 The New York. Botanical Garden Press, NY. Estados Unidos.
- Sevilla, P. R.** 1991. Diversidad del maíz en la región andina Experiencias en el cultivo del maíz en el área andina. Quito, Ecuador.: IICA-BID-PROCIANDINO.
- SIAP,** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2007) Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, D.F. 208 p.
- Smale, M.** 2001. Economic Incentives for Conserving Crop Genetic Diversity on Farms: Issues and Evidence. Pp. 287-305 *in* G.H. Peters and P. Pingali (eds.), Tomorrow's Agriculture: Incentives, Institutions, Infrastructure and Innovations. Proceedings of the 24th International Conference of Agricultural.
- 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.
- SNICS-SAGARPA.** 2009. Guía Técnica para la Descripción Varietal. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) – Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Soleri, D. and S.E. Smith.** 1995. Morphological and phenological comparisons of two Hopi maize varieties conserved *in situ* and *ex situ*. *Economic Botany* 49: 56-77.
- Soulè me.** 1992. Conservation tactics for a constant crisis. *Science.* 253:744-49.
- Sturtevant E. L.** 1899. Varieties of corn. USDA Off. Exp. Sta. Bul. 571:1108.

- St. Clair**, B. 2008. Strategies for management and conservation of forest genetic resources in the face of climatic change. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética (SOMEFI). Del 21 al 26 de septiembre de 2008. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Taba**, S., S. E. Pineda and J. Crossa. 1994. Forming core subsets from Tuxpeño race complex. In: S. Taba (Ed.). The CIMMYT maize germoplasm bank: Genetic resource preservation, regeneration, maintenance, and use. CIMMYT Maize Program Special Report, México, D.F. México. Pp.182-207.
- Turrent**, F. A., T. A. Wise y E. Garvey (2012) Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mex. Rural Develop. Res. Rep.* 24:1-36
- Vargas**, L. A. 2007 La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. *Cuadernos de nutrición* 30 (3): 97-102.
- Vavilov**, N. I. 1951. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. *Chronica Botanica* Vol. 13, Ronald Press, New York.
- Vázquez** C. M. G., Márquez A. R. S., Márquez F. S. 1990. Evaluación física, química y tortillera del compuesto Pepitilla de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 13:1-16.
- Vázquez** C. M. G., J. P. C. Pérez, J. M. Hernández C., L. Marrufo, E. R. Martínez (2010) Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(Esp. 4):49-56.
- Vigouroux** Yves, J. C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M. M. Goodman, J. Sánchez G. and J. Doebley. 2008. Population structure and genetic diversity of New World maize races assessed by DNA microsatellites. *Botanical Society of America. Volume 95, Issue 10.* Pages 1240-1253
- Watson** P.F. and Holt W.V. 2001. Cryobanking the genetic resource: wildlife conservation for the future? Taylor and Francis, Londres. 463 p.
- Wandeler**, A.I., Capt S., Kappeler A., Hauser R. 1988. Oral immunization of wildlife against rabies: Concept and first field experiments. *Rev Infect Dis* 10: S649–S653.
- 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. 237 p.
- Wellhausen**, E. J., A. Fuentes O., A. Hernandez C. in collaboration with P.C. Mangelsdorf. 1957. Races of Maize in Central America. Publication 511, Washington, D.C.: National Academy of Sciences-National Research Council. 128 p.
- Wiley**, E. O. 1981. Phylogenetics; The theory and practice of Phylogenetics and systematics. John Wiley, New York. U.S.A.
- Williams**, E.S., S.L. Anderson, J. Cavender, C. Lynn, K. List et al. 1996. Vaccination of black-footed ferret (*Mustela nigripes*) × Siberian polecat (*M. eversmanni*) hybrids and domestic ferrets (*M. putorius furo*) against canine distemper. *Journal of Wildlife Diseases* 32: 417-423.

Zhao X, C Zhang, C Guigas, Y Ma, M Corrales, B Tauscher, X Hu (2009) Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *Europ. Food Res. Technol.* 228:759-765.

Zietz J. and Seals A. (2006). Genetically Modified Maize, Biodiversity, and Subsistence Farming in Mexico. Middle Tennessee State University, Murfreesboro, TN. 1- 28 p.

Webs consultadas:

http://snics.sagarpa.gob.mx/rfaa/Paginas/Basicos_e_Industriales/Maiz/Generalidades_Cultivo.aspx

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM21puebla/municipios/21017a.html>

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/oaxaca/Paginas/Autoconsumo2013.aspx>

APÉNDICE

Anexo I. Correlación de Pearson entre las 16 variables evaluadas

D.M.	L.M.	D.M.	DM/LM	N.H.	NGPH	L.G.	A.G.	G.G.	AG/LG
	0.155								
DM/LM	-0.881**	0.311							
N.H.	-0.155	0.532*	0.431*						
NGPH	0.836**	-0.090	-0.836**	-0.256					
L.G.	-0.108	0.597**	0.411	0.340	-0.256				
A.G.	0.452*	-0.181	-0.553**	-0.864**	0.459*	-0.175			
G.G.	-0.268	0.359	0.409	0.146	-0.585**	0.389	-0.013		
AG/LG	0.343	-0.450*	-0.586**	-0.827**	0.447*	-0.696**	0.818**	-0.206	
GG/LG	-0.183	-0.234	0.021	-0.203	-0.288	-0.567**	0.153	0.525*	0.469*
GG/AG	-0.534*	0.337	0.688**	0.768**	-0.719**	0.352	-0.796**	0.609**	-0.762**
P100G	0.357	0.446*	-0.150	-0.289	0.049	0.439*	0.592**	0.506*	0.159
V100G	0.202	0.501*	0.033	-0.260	-0.098	0.584**	0.472*	0.505*	0.009
M10%H	0.687**	0.586**	-0.392	0.236	0.590**	0.255	0.199	-0.059	-0.027
G10%H	0.733**	0.566**	-0.451*	0.169	0.641**	0.299	0.249	-0.090	-0.018
Desgr.	0.125	-0.052	-0.187	-0.136	0.099	0.105	0.111	-0.011	0.014
GG/AG	GG/LG	GG/AG	P100G	V100G	PM10%H	PG10%H			
	0.209								
P100G	0.012	-0.167							
V100G	-0.111	-0.085	0.933**						
M10%H	-0.310	-0.197	0.389	0.278					
G10%H	-0.374	-0.261	0.454*	0.354	0.946**				
Desgr.	-0.093	-0.109	0.166	0.176	-0.127	0.177			

*Significativo al 0.05 de probabilidad ≥ 0.423 ; **Altamente significativo al 0.01 de probabilidad ≥ 0.537 .

Anexo 2. Imágenes de las razas de maíz evaluadas.

Arrocillo x Cónico

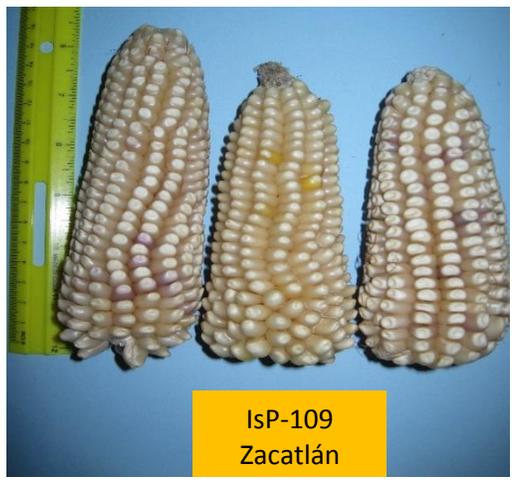
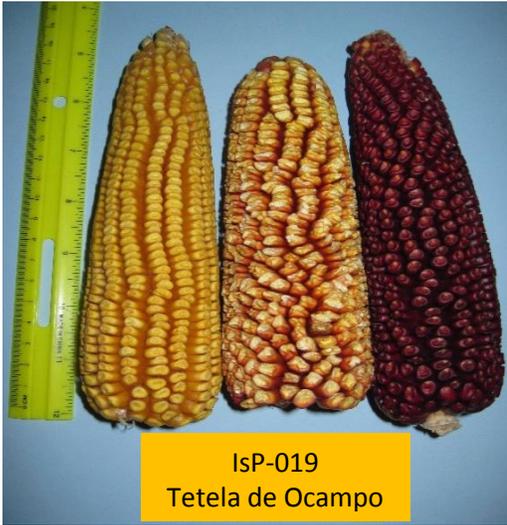


Palomero x Arrocillo



Cónico

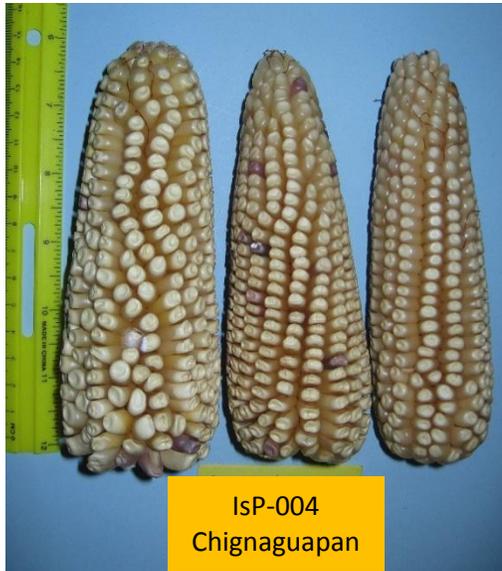




Elotes Cónicos



Chalqueño



Mezcla Varietal



Conejo



Tuxpeño



IsP- 150
Tenampulco



IsP- 173
Tenampulco



IsP- 115
Xicotepec

ANEXO 3. Relación de razas de maíz y sus custodios de la región norte del estado de Puebla, cooperantes en el Proyecto Maestro de Maíces Mexicanos.

Clave	Raza	Nombre del custodio	Municipio
UAAANIsP-053	Arrocillo x C ¹	Callos Castillo Marín	Atempan
UAAANIsP-038	Palomero x A ²	Ramiro Máximo Pardo	Atempan
UAAANIsP-052	Cónico	Genaro R. Trejo Carmona	Chignaguapan
UAAANIsP-148	Cónico	Eleazar Herrera Ramírez	Chignaguapan
UAAANIsP-019	Cónico	Abraham Flandes Ronquillo	Tetela de Ocampo
UAAANIsP-036	Cónico	Manuel Sosa Carmona	Tetela de Ocampo
UAAANIsP-017	Cónico	Ma. Cristina García Martínez	Zacatlán
UAAANIsP-018	Cónico	Mariel B. Martínez Ortiz	Zacatlán
UAAANIsP-108	Cónico	José Luis M. Martínez Sánchez	Zacatlán
UAAANIsP-109	Cónico	Apolinar Pérez Cabrera	Zacatlán
UAAANIsP-002-1	Elotes Cónicos	Genaro R. Trejo Carmona	Chignaguapan
UAAANIsP-002-2	Elotes Cónicos	J. Gabino Luna Rivera	Chignaguapan
UAAANIsP-003	Elotes Cónicos	Ma. Reyna Calderón Rivera	Chignaguapan
UAAANIsP-114	Elotes Cónicos	Consuelo Castillo Ortiz	Xicotepec
UAAANIsP-116	Elotes Cónicos	Teófilo Cristóbal Domínguez	Xicotepec
UAAANIsP-107	Elotes Cónicos	Ma. Del Carmen García Martínez	Zacatlán
UAAANIsP-004	Chalqueño	Ma. Domitila Luna Rivera	Chignahuapan
UAAANIsP-120	Mezcla Varietal	Edilberto Gallegos Huerta	Pantepec
UAAANIsP-113	Conejo	Margarito Martínez Aparicio	Xicotepec
UAAANIsP-150	Tuxpeño	Ángel Reyes Méndez	Tenampulco
UAAANIsP-173	Tuxpeño	Isaac Rojas García	Tenampulco
UAAANIsP-115	Tuxpeño	Jesús Vargas Domínguez	Xicotepec

UAAANIsP: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro *In situ* Puebla, C¹: Cónico, A²: Arrocillo.