

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS

**CARACTERIZACIÓN AGRO-MORFOLÓGICA DE 98
POBLACIONES DE MAÍCES NATIVOS EN SINALOA,
MÉXICO**

PETRONILO GÓMEZ PÉREZ

**REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA
ACENTUACIÓN: HORTICULTURA**

CULIACÁN, SINALOA, MAYO DE 2019

Esta tesis fue realizada por **Petronilo Gómez Pérez** bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aceptada y aprobada por el mismo como requisito para obtener el grado de:

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA
ACENTUACIÓN: HORTICULTURA**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR: DR. PEDRO SÁNCHEZ PEÑA

CO- DIRECTOR: DR. SAÚL PARRA TERRAZA

ASESOR: M.C ORLANDO OMER LINARES HOLGUÍN

ASESOR: ING. VALERIA GÓMEZ PÉREZ

Culiacán, Sinaloa, México, mayo de 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Valeria Gómez Pérez, alumna del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 07136579, de la Unidad Académica Facultad de Agronomía, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autora intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Pedro Sánchez Peña y la Dra. Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz y cede los derechos del trabajo titulado “Caracterización agromorfológica in situ de poblaciones de maíces nativos en Concordia, Sinaloa, México”, a la Facultad de Agronomía, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

Valeria Gómez Pérez

CORREO ELECTRÓNICO: shey_jc_kayra@hotmail.com
CURP: GOPV920129MGRMRL06

DEDICATORIA

A mis padres:

Zeferino Gómez Rangel
Antonia Pérez Zamudio
Gilberto EcheGARAY Juárez

A mis hermanos:

Dorotea Gómez Pérez
Apolinar Gómez Pérez
Ma. Luisa Gómez Pérez
Marcos Gómez Pérez
Gregoria Gómez Pérez
Valeria Gómez Pérez
Ángela EcheGARAY Pérez

A mi esposa:

Dolores del Carmen Torres Alcaraz

A mis hijos:

Rodrigo Emanuel Gómez Castañeda
Kevin Alexander Gómez Torres
Yenifer Carolina Sánchez Torres

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a todos aquellos que creyeron en mí y me apoyaron con lo que estuvo en sus manos y corazón, en especial le agradezco al comité de asesores que me orientaron en el desarrollo de este trabajo, al Dr. Pedro Sánchez Peña por su apoyo en el desarrollo de la tesis.

Agradezco por la oportunidad que se me dio de poder cumplir mi sueño de estudiar en las instalaciones de la Facultad de Agronomía UAS y a todos los profesores que me transmitieron su conocimiento, ya que gracias a ellos podré desempeñarme como un gran ingeniero agrónomo.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por ser mi casa de estudio.

Al programa de Fomento a Proyectos de Investigación, por la beca otorgada en el proyecto de investigación titulado “ Colección, Caracterización y Usos Potenciales de Poblaciones de Maíces Nativos de Sinaloa” (PROFAPI- 2015/265).

En especial le agradezco a mi familia ya que son lo más importante para mí.

ÍNDICE

Página

ÍNDICE DE FIGURAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. Importancia del maíz.....	3
3.2. El maíz en Sinaloa.....	4
3.2.1. Otros puntos de importancia del maíz.....	5
3.2.1.1. Importancia Económica.....	5
3.2.1.2. Panorama Mundial.....	5
3.2.1.3. Panorama Nacional.....	6
3.2.1.4. Panorama Estatal.....	7
3.2.2. Importancia social.....	8
3.2.3. Importancia alimenticia.....	9
3.3. Origen del maíz.....	10
3.4. Botánica y taxonomía del maíz.....	11
3.5. Fenología del maíz.....	12
3.6. Requerimientos edafoclimaticos del maíz.....	14
3.7. Clasificación y caracterización racial del maíz.....	15
3.8. Diversidad de maíz en México.....	17
3.9. Diversidad de maíz en Sinaloa.....	18
3.10. Caracterización morfológica, fenotípica o agronómica del maíz.....	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
4.1. Lugar de evaluación, material biológico estudiado y diseño experimental utilizado.....	22
4.2. Manejo agronómico.....	22
4.3. Variables evaluadas.....	24
4.4. Análisis estadísticos.....	29
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
5.1. Variación en las variables respuesta altura de planta (ALP), altura de mazorca (ALM), número de hojas bajo la mazorca (NHB) y número de espiguillas (NE), longitud de espiga (LOE) y número de hileras de mazorca (NHM).....	31
5.2. Variación en las variables diámetro de mazorca (DIM), peso de mazorca (PEM), peso de olote (PEO), diámetro de olote (DIM), grosor de grano (GRG) y ancho de grano (ANG).....	32
5.3. Variación en las variables: longitud de grano (LOG), volumen de 100 granos (VOL), peso de 100 granos (PEG), rendimiento de grano (REG), relación grano/olote (RGO) y rendimiento estimado en $t\ h^{-1}$	33

5.4. Análisis de componentes principales.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII.LITERATURA CITADA.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Área cultivada de maíz en México durante el periodo 1980-2017 (SIAP-2019)	4
2	Principales países productores de maíz en toneladas (FAO, 2019).....	6
3	Principales estados productores de maíz en México en toneladas (SIAP, 2019).....	7
4	Principales municipios productores de maíz en Sinaloa en toneladas (SIAP, 2019).....	8
5	Comparación entre planta de teocintle y planta de maíz.....	10
6	Partes de una hoja de maíz (A), inflorescencia masculina de maíz (B), inflorescencia femenina de maíz (C) y partes de un grano de maíz (D).....	12
7	Etapas vegetativas (A) y reproductiva del maíz (B).....	14
8	Algunas razas reportadas en México (fotografía recopilada del banco de germoplasma de CIMMYT).....	17
9	Razas de maíz reportadas en el estado de Sinaloa por Palacios <i>et al.</i> (2008). Tabloncillo (A), Tuxpeño (B), Tabloncillo Perla (C), Elotero de Sinaloa (D), Blando de Sonora (E), Onaveño (F), Reventador (G), Vandeño (H) y Jala (I).....	19
10	Razas de maíz existentes en Sinaloa: Chapalote (A), Dulcillo del Noroeste (B), Bofo (C), Ratón (D) y Ancho (E).....	19
11	Altura de planta (ALP) y mazorca (ALM), así como número de hojas arriba (NHA) y bajo (NHB) de la mazorca principal..	25

12	Longitud de espiga (LOE), longitud de pedúnculo de espiga (LPE), longitud ramificada de la espiga (LRE) y número de espiguillas (NES).....	26
13	Longitud del pedúnculo de la mazorca (A), número de hileras de la mazorca (B), longitud de mazorca (C), diámetro de mazorca (D), peso de mazorca (E), peso de olote (F) y diámetro del olote (G)	27
14	Características de grosor (A), ancho (B) y longitud del grano (C) de maíz	28
15	Formas de medir el grosor (A), ancho (B) y longitud (C) de grano del maíz.....	28
16	Forma de evaluar volumen (A) y peso (B) de grano de maíz.....	28
17	Comparación de medias de altura de mazorca (A), altura de planta (B), número de hojas bajo la mazorca (C), número de espiga (D), longitud de espiga (E) y número de hileras (F)...	32
18	Comparación de medias de diámetro de mazorca (A), peso de mazorca (B), peso de olote (C), diámetro de olote (D), grosor de grano (E) y ancho de grano (F).....	33
19	Comparación de medias de longitud de grano (A), volumen de grano (B), peso de grano (C), rendimiento de grano (D), relación grano/olote (E) y rendimiento estimado en $t h^{-1}$ (F).....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Fenología del maíz.....	13
2	Presencia de maíces nativos en el estado de Sinaloa, México (Palacios <i>et al.</i> , 2008).....	20
3	Poblaciones de maíces evaluadas en el estudio de caracterización agro-morfológica en Sinaloa, México.....	23
4	Cuadros medios para poblaciones, repetición y error, así como la significancia estadística ($P \leq 0.05$) para población y repetición en las veintidós variables evaluadas en 100 maíces de Sinaloa, México.....	30
5	Proporciones de varianzas explicada y acumulada en el estudio de caracterización agro-morfológica en las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa, México.....	35
6	Variables respuesta de mayor importancia en cada componente principal en las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa, México.....	36

RESUMEN

El maíz (*Zea mays L*) es el cereal con mayor producción en el planeta superando a los cultivos de arroz y trigo. En México, ningún cultivo tiene tanta importancia como el maíz, dado que constituye parte de la dieta alimenticia de la población, al grado de tener la tasa más alta de consumo *per cápita* en el mundo. La superficie dedicada al cultivo de maíz en las áreas de temporal de Sinaloa, se ha venido reduciendo drásticamente a partir de los 90's, años éstos, en el que el estado se convirtió en el primer productor de maíz en México. Esta situación, podría traer la pérdida de la diversidad genética presente en los maíces nativos de Sinaloa, que tienen su asentamiento en estas áreas. Por ello, estudiar dichos maíces es de vital importancia, dado que el conocimiento regional permitirá no solamente elaborar estrategias para su mantenimiento; sino también, hacer un mejor aprovechamiento de los mismos. La presente investigación tiene como objetivo caracterizar 98 poblaciones de maíces nativos e identificar aquellos que tienen posibilidades de mejoramiento genético. El estudio se realizó en los terrenos de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, bajo condiciones de riego. Las poblaciones se evaluaron en campo en un diseño látice simple con dos repeticiones. Se midieron 24 variables de planta y mazorca y con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza. Se encontró que las poblaciones estudiadas difirieron significativamente en 18 variables. Las poblaciones más sobresalientes fueron IGN-053 y COS-053; así como, la población BAD-021 que resultó ser la más productiva, ya que esta presentó los mejores rendimientos estimados en th^{-1} . Con relación al análisis de componentes principales se encontró que los tres primeros componentes explicaron el 61.71% de la variación existente en las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa. Los resultados obtenidos confirman que Sinaloa dispone de diversidad en sus maíces nativos que debe ser aprovechada en los programas de mejoramiento genético. Las investigaciones en este recurso deben de continuar para darles un buen uso y mantenerlos para las generaciones futuras.

SUMMARY

Corn (*Zea mays* L) is the cereal with the highest production on the planet, surpassing rice and wheat crops. In Mexico, no crop is as important as corn, given that it is part of the population's diet, to the extent of having the highest per capita consumption rate in the world. The surface dedicated to the cultivation of corn in the rainfed areas of Sinaloa, has been drastically reduced since the 90's, these years, in which the state became the first corn producer in Mexico. This situation, could bring the loss of the genetic diversity present in the native maces of Sinaloa, which have their settlement in these areas. Therefore, studying these maize is of vital importance, given that regional knowledge will not only allow the elaboration of strategies for its maintenance; if not also, make better use of them. The objective of this research is to characterize 98 populations of landraces and identify those that have possibilities of genetic improvement. The study was carried out in the grounds of the Facultad de Agronomía, of the Universidad Autónoma de Sinaloa, under irrigation conditions. The populations were evaluated in the field in a simple lattice design with two replications. 24 variables of plant and ear were measured and with the obtained data an analysis of variance was carried out. It was found that the populations studied differed significantly in 18 variables. The most outstanding populations were IGN-053 and COS-053; as well as, the BAD-021 population that turned out to be the productive one, since it presented the best estimated yields in th^{-1} . In relation to the analysis of the main components, the first three components explained 61.71% of the variation existing in the native corn populations of Sinaloa. The results obtained confirm that Sinaloa has diversity in its native maize that should be exploited in breeding programs. The investigations in this resource must continue to give them good use and keep them for future generations.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más biodiverso de todas las especies de plantas y es utilizado no sólo como alimento humano; sino también, para la producción de biocombustibles, plásticos biodegradables, jarabes azucarados, entre otros. Es también, el cereal con mayor producción en el planeta superando a los cultivos de arroz y trigo.

México no solamente es su centro de origen del maíz, sino también es el lugar donde se domesticó en una gama de ambientes ocasionando la gran diversidad, que ha sido la base para una continua selección inducida por los agricultores, en busca siempre de mejorar su bienestar, lo cual representa una evolución continua, mejorando el rendimiento y otras características agronómicas que lo hagan más productivo. Además; es de gran importancia, al ser no sólo su principal cultivo; sino también porque es la base de su alimentación; por esto, se tiene el consumo *per capita* 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América y más de la tercera parte del área cultivada en México está sembrada con maíz, convirtiendo al cultivo como un aspecto de seguridad nacional.

Sinaloa empezó a figurar dentro de los estados productores de maíz a partir de que el cultivo fue trasladado a grandes extensiones de riego; lugares estos; donde se implementan las más sofisticadas tecnologías y siembras de variedades híbridas, con un riesgo potencial por su homogeneidad genética, que puede ser catastrófico si no se incorpora diversidad en estos ecosistemas agrícolas. En contraste con esto, las zonas de temporal (altos de Sinaloa), las extensiones dedicadas a la producción de maíz se han venido reduciendo de 156,016 hectáreas sembradas en 1980 a 27,793.47 hectáreas en 2017, con los riesgos que esto implica, ya que los maíces nativos que los campesinos siembran año con año y cosechan principalmente para su consumo corren el riesgo de perderse, si no se implementan acciones tendientes a conservar y caracterizar este invaluable recurso. Dentro de este contexto se ubica el presente estudio, en donde se coleccionarán poblaciones a lo largo del estado y se caracterizarán en un ambiente común, con el único fin de generar información que pueda ser utilizada para la conservación y utilización de este recurso.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

1. Colectar al menos 98 poblaciones de maíces nativos en el estado de Sinaloa.
2. Caracterizar agro-morfológicamente las colectas de maíz nativo de Sinaloa.

2.2. Hipótesis

Existen diferencias significativas desde el punto de vista agro-morfológico en las poblaciones de maíces nativos del estado de Sinaloa.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más biodiverso de todas las especies de plantas (Agricultural Research Service, 2010). Es por ello que está siendo usado no sólo como alimento humano, sino también para la producción de biocombustibles, plásticos biodegradables, jarabes azucarados, entre otros (González-Jacome, 2008). Es el cereal más importante del planeta y de acuerdo a las estadísticas oficiales (FAO, 2019), para 2017 la producción mundial de maíz fue la más alta de los cereales en el mundo, ya que alcanzó una producción de 1393'981,150 toneladas, superior a la de arroz (984'087,842 toneladas) y trigo (906'059,207 toneladas).

En México, el maíz es de gran importancia, al ser no sólo su principal cultivo; sino también porque es la base de su alimentación (González y Ávila, 2014). Tan sólo el consumo *per capita* de tortilla de maíz es 86 kg, según la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH, 2012). Por esto; la mayor parte del área dedicada a los cultivos es sembrada de maíz; basta decir, que para el año 2017, en el territorio nacional fueron cultivadas 21'590,574.60 de hectáreas con 314 cultivos diferentes (aceituna,...maíz,...zempoalxochitl), y de estos; más de la tercera parte (37.74%, 8'148,008.60 hectáreas) fueron sembradas con maíz (forrajero, grano, palomero y semilla), cosechando 27'762,480.90 toneladas de grano (SIAP, 2019). En los últimos 37 años (1980-2017), la superficie cultivada de maíz en México presentó tres características; la primera, muy variable, que se da de 1980 a 1992, la segunda, de un incremento significativo que van de las 18.5 a más de 22 millones de hectáreas, durante el periodo de 1992 a 1998, y la tercera, de una estabilización de la superficie sembrada, que se da de 1998-2017, donde estuvo entre los 21 y 22 millones de hectáreas (Figura 1).

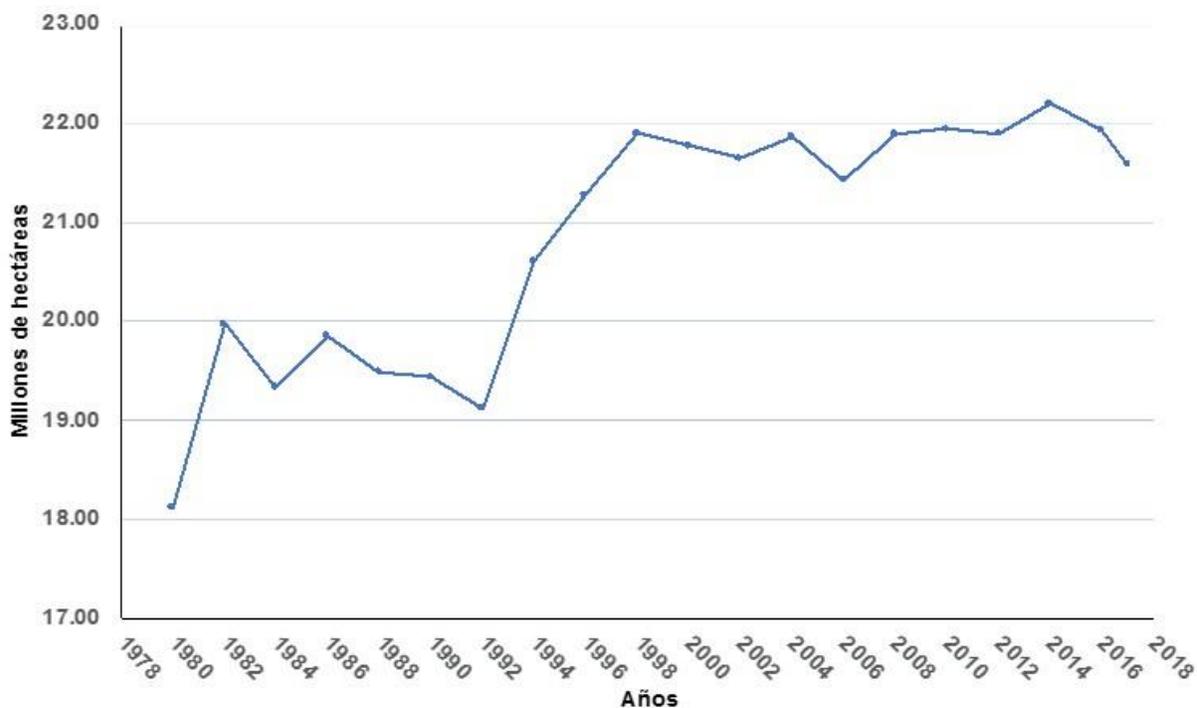


Figura 1. Área cultivada de maíz en México durante el periodo 1980-2017 (SIAP, 2019)

3.2. El maíz en Sinaloa

El estado de Sinaloa es caracterizado por su impacto agrícola que tiene a nivel nacional; sin embargo, el cultivo de maíz no siempre fue importante. Si nos ubicamos en el periodo de 1980-2017, observamos que en 1980 en el estado se sembraron 156,015.00 hectáreas de maíz, y la mayor parte estaba ubicada bajo condiciones de temporal, al sembrarse 119,114.00 hectáreas, tendencia que se mantuvo hasta el año 1989, con siembras de 92 443 hectáreas; sin embargo, para el año 1991, la situación cambio paulatinamente, al trasladarse la mayor cantidad de siembra de maíz hacia las áreas de regadío y convertir a Sinaloa a partir de 1993 en el primer productor de maíz en México, producto de las siembras de maíz bajo condiciones de riego (SIAP, 2019). Es importante resaltar, que junto con esto, la cantidad de hectáreas sembradas bajo condiciones de temporal se fue reduciendo; a tal grado, que paso de 156,016 hectáreas sembradas en 1980 a 27,793.47 hectáreas en 2017 (SIAP-2019). Esto último, tiene una gran relevancia, dado que estas áreas se ubican los recursos

genéticos de maíz de Sinaloa, y albergan más del 20% de la diversidad de maíz de México (Sánchez-Peña *et al.*, 2008).

3.2.1. Otros puntos de importancia del maíz

Son muchos los aspectos que se pueden enfocar con relación a la importancia que tiene el maíz en México (origen, taxonomía, botánica, genética, evolución, mejoramiento, variedades, diversidad, entre otros); sin embargo, aquí, solamente describiremos tres categorías: importancia económica, social y alimenticia.

3.2.1.1. Importancia económica

La importancia económica del cultivo de maíz en México se refleja por su producción desde el año 2001 al 2017, observándose que representa más de dos tercios del valor neto de la producción agrícola, abarcando aproximadamente la mitad del total de la superficie dedicada a todos los cultivos (SIAP, 2019). Desde el punto de vista económico se puede visualizar claramente la importancia del maíz si se analizan las estadísticas mundiales, nacionales y estatales.

3.2.1.2. Panorama Mundial

De acuerdo a los datos de la FAO (2019), la producción mundial de maíz para 2017 fue de 1'393,981,150 toneladas. Durante este ciclo China (China Continental y China Taiwán) fue el principal país productor en el mundo con un 37.19 % (518'468,956 t), seguido por Estados Unidos con un 26.61% (370'960,390 t), mientras que, Brasil y Argentina aportaron 7.01 % (97'721,860 t) y 3.55 % (49'475,895 t) respectivamente, así como, India, Indonesia y México con 2.06 % (28'720,000 t), 2.01 % (27'952,000 t) y 1.99 % (27'762,481 t) respectivamente (Figura 2). En este contexto, México se ubica como séptimo país productor de maíz en el mundo.

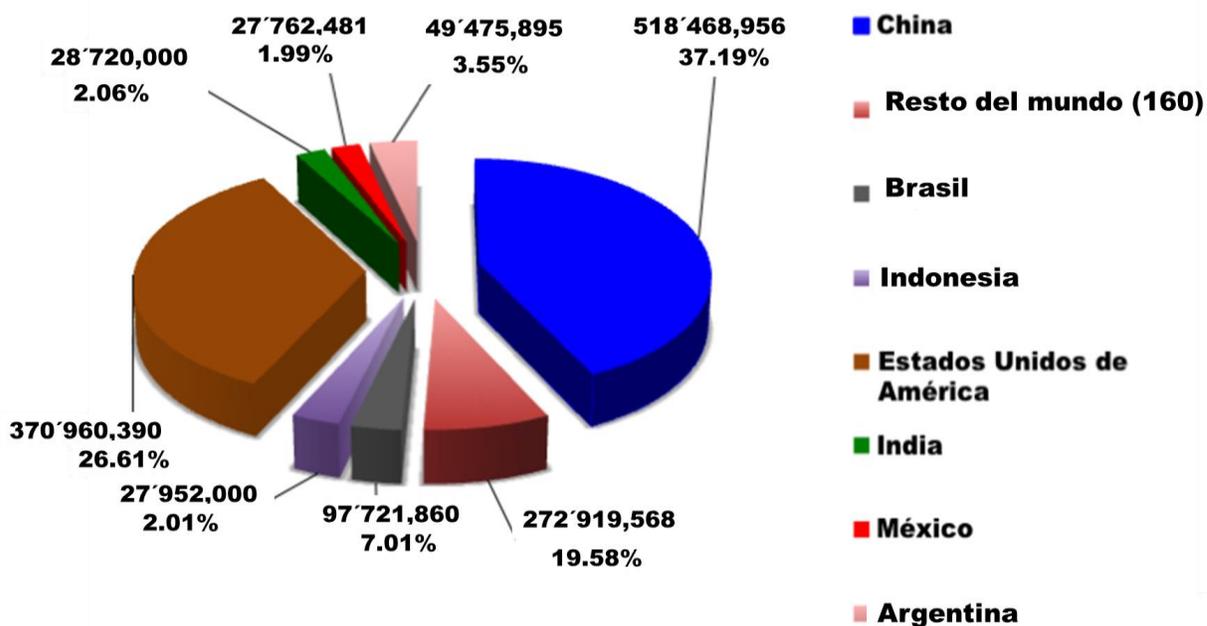


Figura 2. Principales países productores de maíz en toneladas (FAO, 2019)

3.2.1.3. Panorama Nacional

De acuerdo a los datos de SIAP (2019), a nivel nacional se cosecharon 27'762,480.90 toneladas de maíz en una superficie de 7'327,501.43 hectáreas, siendo Sinaloa el principal estado productor de maíz, con una contribución del 22.21 % (6'167,095.85 t) de la producción nacional, seguido por Jalisco que aporta el 14.50 % (4'024,863.86 t), en tercer lugar se encuentra el Estado de México con el 8.0 % (2'219,616.11 t), después se encuentra Michoacán con un 6.88 % (1'911,238.75 t), mientras que Guanajuato contribuye con un 5.92 % que representan 1'642,835.37 toneladas (Figura 3).

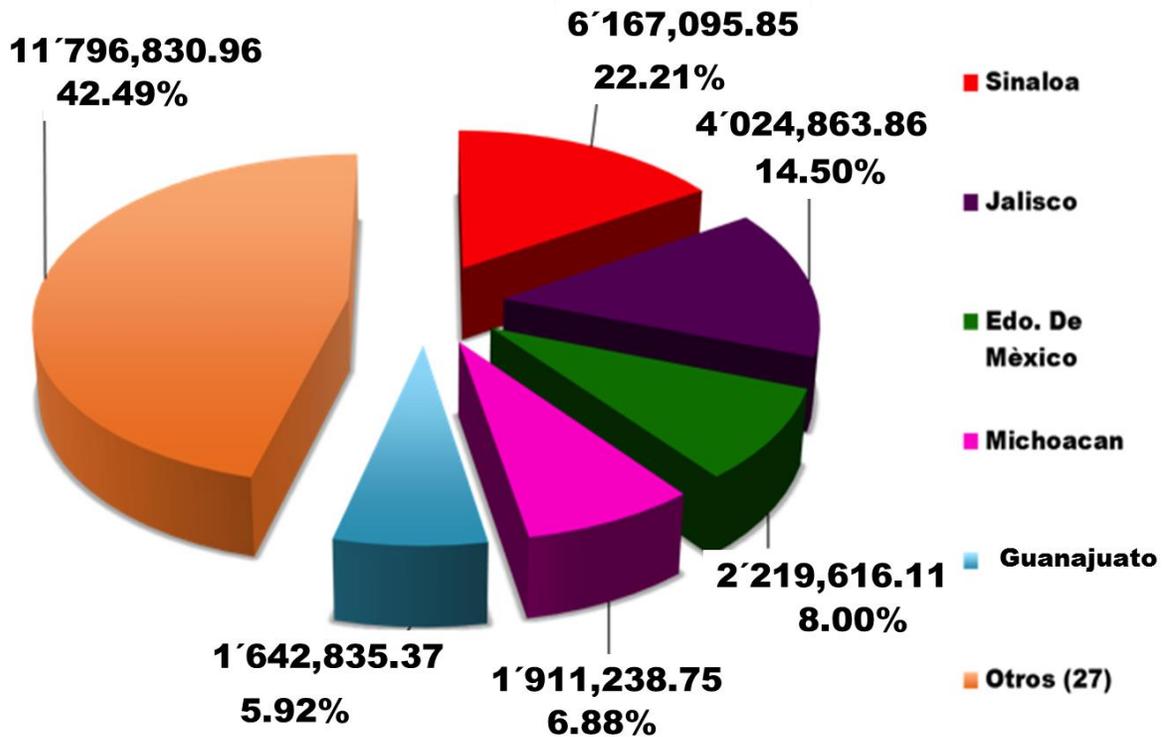


Figura 3. Principales estados productores de maíz en México en toneladas (SIAP, 2019)

3.2.1.4. Panorama Estatal

De acuerdo a las estadísticas de SIAP (2019), a nivel estatal, Sinaloa cosechó una superficie de 574,274.75 hectáreas de maíz en el ciclo agrícola 2017, con una producción total de 6'167,095.85 de toneladas y con rendimientos promedio de 10.74 t ha⁻¹. El municipio de Culiacán fue el principal productor de maíz en Sinaloa, reportando un mayor porcentaje, con 17.51 % (1'080,056.10 t) de producción comparado con Guasave que aportó un 17.18 % (1'059,665.49 t), seguido por Ahome, Navolato y Sinaloa de Leyva que contribuyeron con 15.35 %, 13.64 % y 7.71 % respectivamente, lo que representan una aportación de 946,375.16, 841, 165.10 y 475,608.26 toneladas a la producción estatal respectivamente (Figura 4).

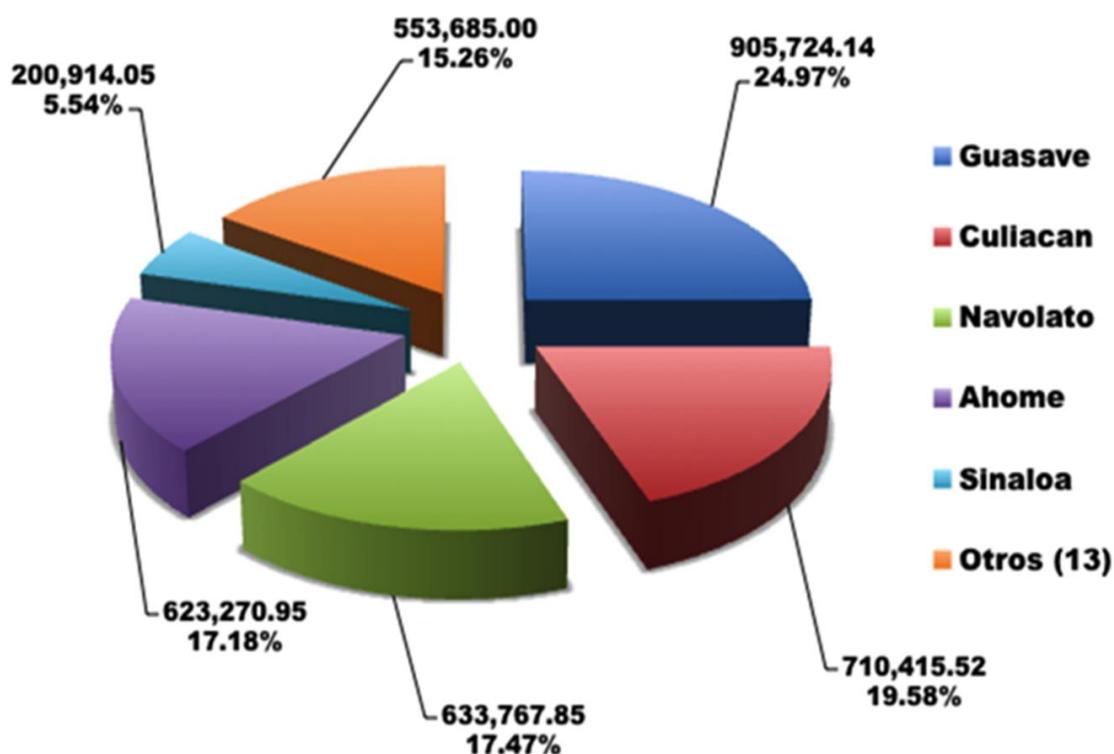


Figura 4. Principales municipios productores de maíz en Sinaloa en toneladas (SIAP, 2019)

3.2.2. Importancia Social

El establecimiento de siembras de maíz genera diversas fuentes de empleos directos. Estos son utilizados en el manejo agronómico del cultivo dentro de los que se incluyen, la preparación de las tierras para la siembra, cuidado de la siembra hasta llegar a su cosecha. Asimismo, se generan empleos de forma indirecta cuando proporciona un valor agregado al maíz mediante la obtención de diversos productos como: tortillas, totopos, tamales, pinole, piznate, coricos, tostadas, tlayudas, locros, sopa de cuchuco, choclo o chococho, arepas, cachapas, hallacas, y bebidas a base de maíz por mencionar algunos. Actualmente, grandes empresas que se dedican a la elaboración de productos a base de maíz, son una fuente generadora de trabajo, dando por resultado que las familias tengan mayor bienestar (Lugo, 2009).

La utilización de maíz como biocombustible está impactando económica y socialmente en el mundo. El caso de la producción de etanol a partir de maíz, se ha transformado en una industria reciente generadora de empleos. En el año 2005, Estados Unidos destinó más de 40 millones de toneladas de maíz (12% de su producción anual) produciendo más de 17,000 millones de litros de etanol, elaborados en más de 90 plantas de procesamiento, estimando que esta industria proporciona más de 300,000 puestos de trabajo en dicho país, estimulando muchas áreas rurales (Gear, 2006).

3.2.3. Importancia alimenticia

Hoy en América el cultivo del maíz continúa siendo la base de la comida en muchos países y se ha extendido a las mesas de todo el mundo (Gear, 2006). Para la población mexicana el maíz tiene una gran importancia alimenticia principalmente en las áreas rurales donde el consumo de tortilla provee aproximadamente el 70 % del total de las calorías consumidas (Salvador, 2001). Por su diversidad de usos, el maíz se considera como un cultivo de importancia agrícola y alimentaria (Vargas, 2007). Su aprovechamiento involucra los granos, tallos, espigas, raíces, olote y brácteas (hojas para tamal), utilizados para diversos propósitos en la alimentación humana y animal, medicinal e industrial (Mera, 2009; Bellon, 2009). México se posiciona en el quinto lugar a nivel mundial entre los más grandes consumidores de éste cereal, y es el país donde más del 70 % de la producción se utiliza directamente para consumo humano. Se derivan de este grano más de 600 productos alimenticios (Cabrerías y Palacios, 2015). Pero no solo para la alimentación del hombre es de suma importancia el maíz; también, es importante para la alimentación de animales. Durante la última década la utilización de maíz en la elaboración de alimento balanceado, para consumo animal se ha incrementado debido a la utilización en la alimentación de bovinos de carne; aves y puercos, reconociéndosele a este como el grano forrajero por excelencia a nivel mundial (Gear, 2006).

3.3. Origen del maíz

El origen del maíz no ha sido sencillo de indagar. La mazorca es única entre los cereales y de ahí que la búsqueda ha sido un gran desafío científico. Existen varias teorías que explican su posible origen; la teoría del teocintle como ancestro del maíz, teoría tripartita, teoría *Tripsacum-diploperennis*, teoría multicéntrica y la teoría unicéntrica del origen del maíz. De todas las mencionadas, solamente tres de ellas han sido las más debatidas por los diferentes investigadores sobre el origen de este cereal, y hoy en día la más aceptada es la teoría del teocintle como ancestro del maíz (Figura 5), en la cual se dice que dentro del proceso de transformación de teocintle a maíz se dieron varias etapas en las que hubo una evidente discontinuidad entre la morfología de la inflorescencia femenina del teocintle y la del maíz, pero el estudio de las diferencias y semejanzas en los cromosomas de los híbridos de maíz y teocintle y la morfología de su progenie dieron elementos para proponer a la teoría general aceptada (Serratos, 2012).

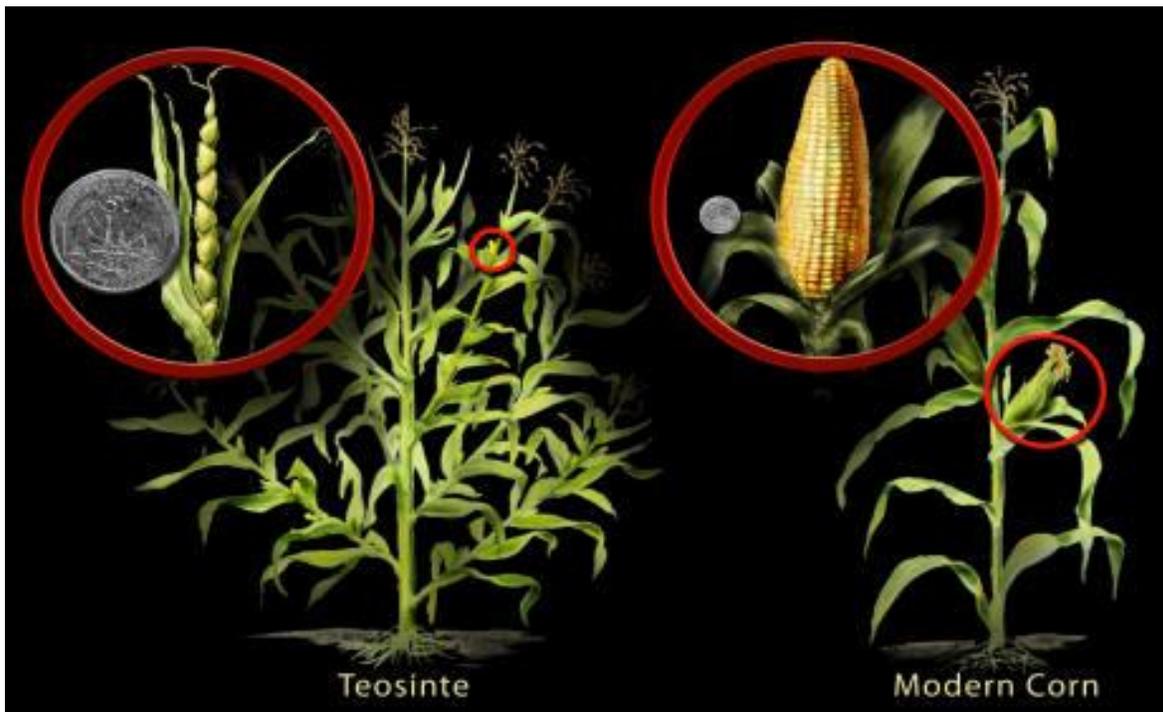


Figura 5. Comparación entre planta de teocintle y planta de maíz (<https://cnho.files.wordpress.com/2019/10/maíz-y-teocinte1.jpg>)

3.4. Botánica y taxonomía del maíz

El maíz es una planta monocotiledónea, cultivada en casi todo el mundo, y es uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones. En general, solo *Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (GBIF, 2013, citado en Sánchez, 2014).

Reino: Vegetal

Subreino: Embriobionta

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *mays*

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (60-500 cm de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso; en algunos casos sobresalen unos nudos a nivel del suelo de donde brotan raíces secundarias o adventicias. El maíz es una especie que se reproduce por polinización cruzada (Abarca, 2014).

Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta forman una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas (Figura 6 C). Las hojas que se desprenden de los nudos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada (Figura 6 A). La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central (panícula) con algunas ramificaciones laterales que es donde se producen los granos de polen y es conocida como inflorescencia masculina (Figura 6 B). A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). La lema del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sin quilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas

apareadas (Kato *et al.*, 2009). El grano o fruto del maíz es un cariósipide; esto significa que la pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide (2n) y el endospermo triploide (3n); la parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa aleurona (Figura 6 D) (Hanway *et al.*, 1987; citado por Morales, 2012).

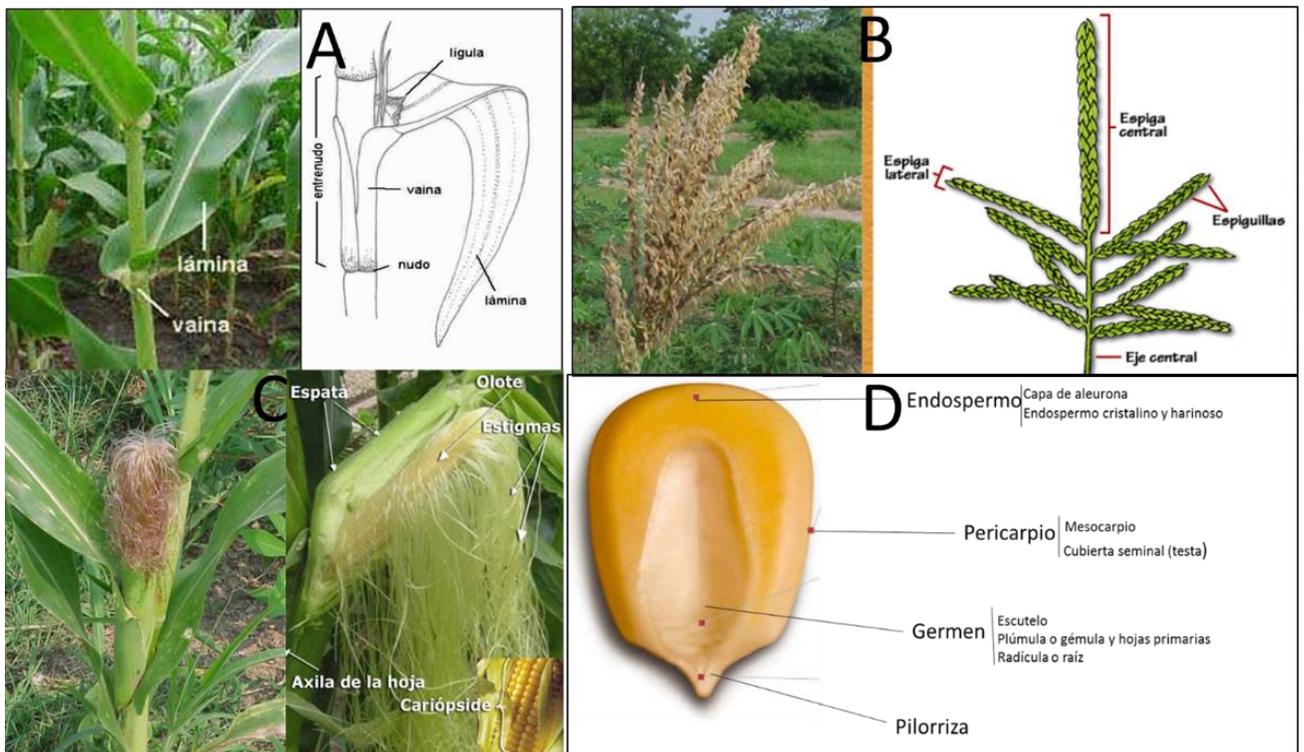


Figura 6. Partes de una hoja de maíz (A), inflorescencia masculina de maíz (B), inflorescencia femenina de maíz (C) y partes de un grano de maíz

3.5. Fenología del maíz

De acuerdo a Parera (2017), la fenología del maíz se divide en dos estados, el vegetativo y reproductivo (Cuadro 1, Figura 7).

Cuadro 1. Fenología del maíz

Estados Vegetativos	Estados Reproductivos
VE Emergencia	R1 Sedas
V1 Primera hoja	R2 Ampolla
V2 Segunda hoja	R3 Grano lechoso
V3 Tercera hoja	R4 Grano pastoso
V(n) Enésima hoja	R5 Dentado
VT Panoja	R6 Madurez Fisiológica

El cultivo del maíz; desde que la semilla se pone en contacto con el suelo húmedo hasta su cosecha; suceden una serie de etapas que comienza con la emergencia de la superficie del suelo del maíz y la emisión de raíces. En la etapa V3, el punto de crecimiento está bajo tierra, las bajas temperaturas pueden aumentar el tiempo entre la aparición de las hojas y el daño por helada en este estado tiene muy poco efecto en el crecimiento y en el rendimiento final. En la etapa V6 se recomienda completar la fertilización, puesto el sistema de raíces nodales está bien distribuido en el suelo y también es posible observar síntomas de deficiencias de macro o micro nutrientes. En la etapa V9, varias mazorcas rudimentarias ya se encuentran formadas, la panoja se desarrolla rápidamente en el interior de la planta. Además comienza una rápida acumulación de biomasa, absorción de nutrientes y agua que continuará hasta casi el término del estado reproductivo. En la etapa V12, se determina el tamaño potencial de mazorca y número potencial de óvulos por mazorca. Dado que se está formando el tamaño de la mazorca y número de óvulos, el riego y la nutrición son críticos. La etapa V15 es el estado más crucial para la determinación del rendimiento y las hojas aparecen cada uno o dos días y las sedas están comenzando a crecer en las mazorcas superiores. Al pasar a la etapa reproductiva, en R1 el número de óvulos fertilizados se determina en este estado, y los óvulos no fertilizados no producen grano y mueren. En R5 se produce un rápido llenado del grano por lo que se presenta también ataque de gusano por lo que es necesario realizar controles (Parera, 2017).

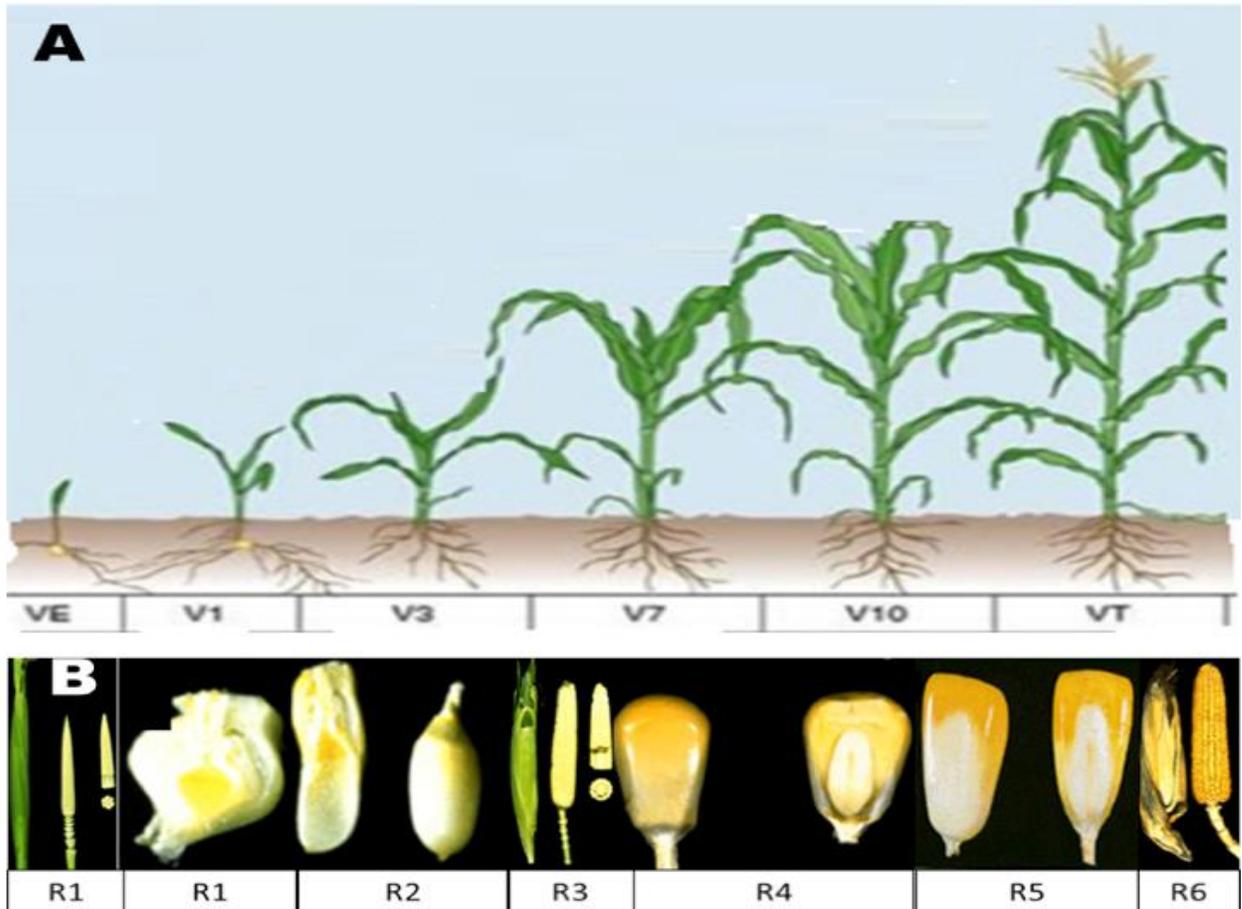


Figura 7. Etapas vegetativas (A) y reproductivas del maíz (B)

3.6. Requerimientos edafoclimaticos del maíz

El maíz se adapta muy bien a todos los tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, con pH de 6.5 a 7.5 es donde se aprecia el mejor desarrollo; además, requieren además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje (Morales, 2012).

Con lo que respecta a las condiciones climáticas, el maíz requiere una temperatura que está entre 15 y 30 °C; además, puede soportar temperaturas mínimas de 8 °C y a partir de los 30 °C pueden aparecer problemas de mala absorción de nutrientes minerales y agua (Morales, 2012). Este cultivo se adapta a regiones tropicales, subtropicales y templadas; tiene un ciclo vegetativo de 100 a 180 días de acuerdo a la variedad y las condiciones climáticas donde se cultive. Se menciona

además que la temperatura ideal para el desarrollo de la mazorca está entre los 20 a 32 °C (Morales, 2012).

Las condiciones de humedad son vitales para una producción adecuada de maíz; por esto, es necesario en aplicar agua suficiente al cultivo cuando éste lo demande de acuerdo a su etapa fenológica. Los riegos varían de acuerdo a la época del año, disponibilidad de agua, suelo, variedad y región (Doorenbos y Pruitt, 1977). Para el caso particular en Sinaloa se aplica el primer riego llamado riego de germinación que es aplicado inmediatamente después de la siembra (cuando la siembra es en seco). El primer riego de auxilio se realiza aproximadamente a los 67 días después de la siembra (en la etapa de octava hoja verdadera), el segundo riego de auxilio se realiza a los 89 días después de la siembra (en la etapa de hoja bandera), el tercer riego de auxilio se aplica a los 109 días después de la siembra, cuando la planta se encuentra en grano acuoso y el cuarto riego se realiza a los 134 días, dependiendo del material sembrado (SAGARPA, 2010).

Para la siembra en temporal, el promedio de agua por ciclo es de 650 mm, a pesar de que prefiere regiones donde la precipitación anual va de 700 a 1100 mm. Es necesario que cuente con 6-8 mm/día desde la iniciación de la mazorca hasta el grano en estado masoso. En las etapas de germinación, primeras tres semanas de desarrollo, espigamiento, formación de la mazorca y llenado de grano no se permite el estrés hídrico en el cultivo (Ruiz, 1999).

3.7. Clasificación y caracterización racial del maíz

La caracterización de las colecciones de germoplasma es un paso fundamental dentro del manejo de colecciones dado que permiten conocer, depurar u organizar los materiales y sobre todo identificar genotipos valiosos para ser usados directamente o utilizarlos en programas de mejoramiento genético. Las plantas cultivadas con importancia económica tienen sus patrones de identificación y caracterización; para llegar a estos protocolos se ha realizado estudios básicos de las características en el sentido de conocer la variabilidad de los caracteres cualitativos o cuantitativos que han resultado ser más útiles para la descripción (CIMMYT, 1998).

En México los primeros estudios sobre clasificación del maíz datan del siglo pasado, cuando Chávez en 1913 logró describir 58 diferentes tipos de maíz en función de formas, tipos y nombres comunes que se les daban en los lugares de colección. Posteriormente, se inician los trabajos de caracterización a partir del concepto de raza, que fue definida como “un grupo de individuos relacionados, con suficientes características en común como para permitir su reconocimiento como tal” (Anderson y Cutler, 1942). A partir de esto, el primer trabajo de clasificación racial de los maíces se realizó en México hace aproximadamente 50 años por Wellhausen, Roberts y Hernández, en colaboración con Manglesdorf quienes después de 7 años de recolección, y habiendo reunido aproximadamente 2000 muestras se realizó la clasificación de las razas de maíz en México, publicados en 1951 en la obra titulada “Razas de maíz en México; su origen, características y distribución”, mismas que fueron ordenadas en cinco grupos que tenían características similares; el grupo de las indígenas antiguas (cuatro razas), indígenas precolombinas (cuatro razas), mestizas prehistóricas (13 razas), modernas incipientes (cuatro) y el grupo de siete razas denominadas como no bien definidas (Wellhausen *et al.*, 1951). Por otro lado, estudios posteriores realizados por Hernández y Alanís en 1970 describen cinco razas nuevas, la raza Apachito, Azul, Bofo, Gordo y Tabloncillo de ocho; Ortega Paczka en 1979 propone 10 razas más, Ancho, Coscomatepec, Cristalino de Chihuahua, Elotero de Sinaloa, Motozinteco, Nal-Tel de Altura, Negro de Chimaltenango, Palomero de Chihuahua, Ratón y Tuxpeño Norteño y clasifico en seis sub razas (Palomero Jalisiense, Palomero Poblano, Elotes Occidentales, Elotes Cónico, Tabloncillo Perla y Dzit-Bacal) las poblaciones descritas como no bien identificadas por Wellhausen *et al.* (1951), dando como total de 45 razas. Posteriormente, Benz en 1986 aumento cinco razas, la Chatino Maizón, Choapaneco, Mixeño, Mixteco y Serrano Mixe. En el 2011 Sánchez, incluye la raza Negrito, lo que da un total de 59 razas. Aragón *et al.* en 2005 a partir de la base de datos de CIMMYT e INIFAP mencionan la existencia de 2 razas más, dando un total de 61 razas, muchas de las cuales se presentan en la Figura 8.



Figura 8. Algunas razas reportadas en México (fotografía recopilada del banco de germoplasma de CIMMYT)

3.8. Diversidad del Maíz en México

De acuerdo a Serratos (2012), de los 484 grupos raciales reportados en Latinoamérica, en México se encuentran de 59 a 61; además, es considerado el centro de origen del maíz, lugar donde se encuentra una gran diversidad la cual se atribuye a su geografía y cultura. Los antiguos agricultores seleccionaban el mejor maíz para sus ambientes y usos específicos y, como resultado, se generaron distintos maíces (Leary, 2016).

En la actualidad, lo que se observa en México es una variación continua en la diversidad de maíz, sobre todo en sus caracteres cuantitativos como dimensión de la mazorca, del grano y rasgos por el estilo. La mayoría de las poblaciones representan combinaciones de razas (Sánchez, 2011).

3.9. Diversidad del maíz en Sinaloa

En el estado de Sinaloa, el cultivo de mayor importancia económica es el maíz, esto debido a que en los últimos 35 años, en este cultivo se ha observado un crecimiento acelerado en superficie, producción y rendimiento, dicho crecimiento se debe al auge adquirido por el cultivo bajo condiciones de riego, mientras que, bajo condiciones de temporal, modalidad en la que se cultivan los maíces nativos, se ha observado una continua reducción de superficie (SIAP, 2019). Bajo condiciones de temporal el maíz se siembra en 15 de los 18 municipios; los de mayor importancia en cuanto a área sembrada, son: Culiacán, Sinaloa de Leyva Badiraguato, San Ignacio y Cósala que en conjunto cultivan el 69% del total en el estado. Los municipios donde el maíz nativo es imperceptible son Ahome, Guasave y Navolato, debido principalmente por su ubicación en planicies costeras, donde predominan las zonas irrigadas en Sinaloa (Palacios *et al.*, 2008).

Palacios *et al.* (2008), reportaron que de 152 colectas de maíz que realizaron en 15 de los 18 municipios del estado de Sinaloa, pertenecen principalmente a nueve razas: Tabloncillo, Tuxpeño, Elotero de Sinaloa, Tabloncillo Perla, Blando de Sonora, Reventador, Vandeño, Onaveño y Jala (Figura 9). Lo anterior, indica que en Sinaloa, persisten maíces nativos de la mayoría de las razas reportadas en los antecedentes de investigación. No obstante que el último reporte de la diversidad racial de maíz en Sinaloa menciona la existencia de nueve razas, podemos confirmar que en el estado de Sinaloa existen también la raza Chapalote (Figura 10 A), Dulcillo del Noroeste (Figura 10 B), Bofo (Figura 10 C), Ratón (Figura 10 D) y Ancho (Figura 10 E); colectadas y conservadas (*in situ* y *ex situ*) en investigaciones realizadas en la Universidad Autónoma de Sinaloa (Morales 2012). Sin embargo, el estudio más reciente de la CONABIO de clasificación reporta la existencia de 16 grupos raciales y uno no bien definido en Sinaloa: Tabloncillo, Tuxpeño, ND, Tabloncillo Perla, Blando, Chapalote, Elotero de Sinaloa, Reventador, Dulcillo del Noroeste, Onaveño, Vandeño, Conejo, Bofo, Celaya, Cubano Amarillo, Dulce, Jala (Serratos, 2012).

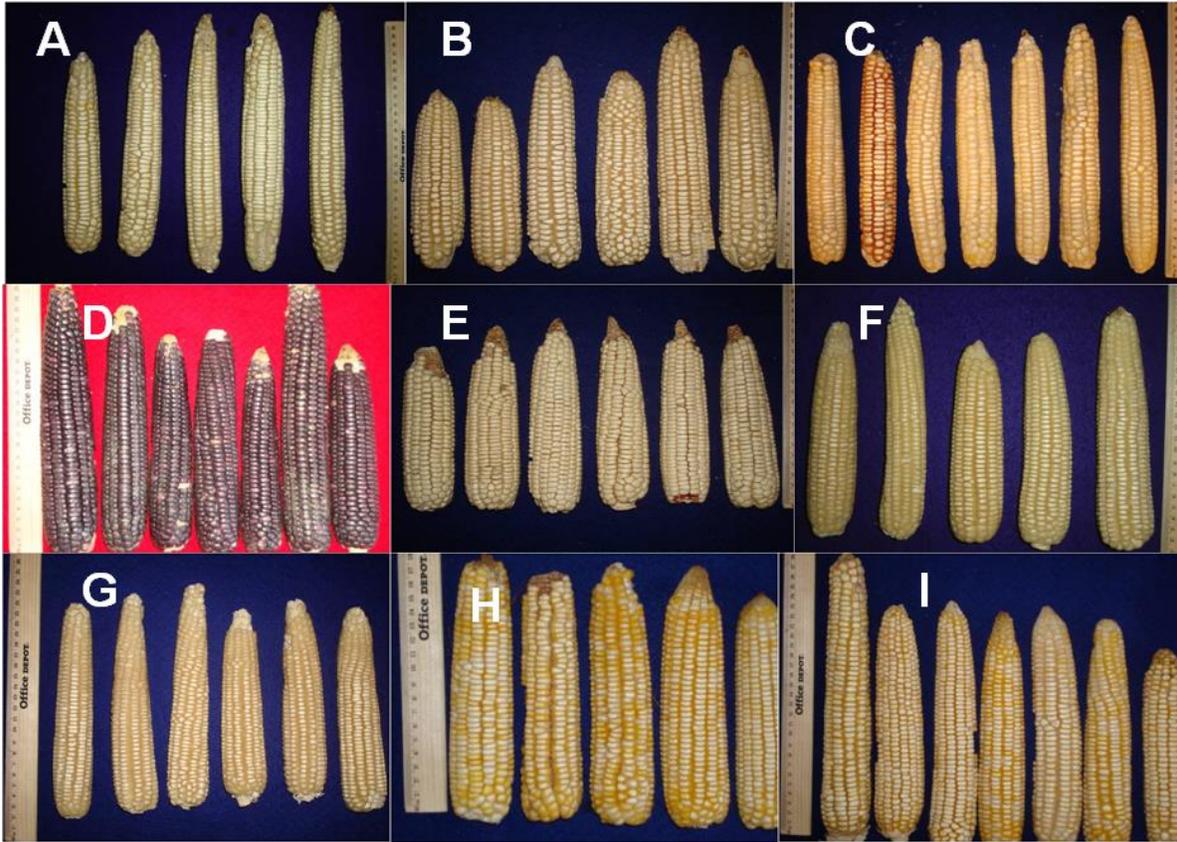


Figura 9. Razas de maíz reportadas en el estado de Sinaloa por Palacios *et al.* (2008) Tabloncillo (A), Tuxpeño (B), Tabloncillo Perla (C), Elotero de Sinaloa (D), Blando de Sonora (E), Onaveño (F), Reventador (G), Vandeño (H) y Jala (I)



Figura 10. Razas de maíz existentes en Sinaloa: Chapalote (A), Dulcillo del Noroeste (B), Bofo (C), Ratón (D) y Ancho (E)

En diversas investigaciones se ha mencionado la presencia de diferentes razas de maíces presentes en Sinaloa, en el Cuadro 2 se mencionan algunas de estas referencias.

Cuadro 2. Presencia de maíces nativos en el estado de Sinaloa (Palacios *et al.*, 2008)

Referencia	Razas
Wellhausen y col., 1951	Chapalote, Reventador, Tabloncillo
Ortega P., 1985 (Hernández, 2006)	Chapalote, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Intervención de Tuxpeño
Sánchez, 1989 (Hernández, 2006)	Elotero de Sinaloa
Sánchez y Goodman, 1992 (Turrent, 2004)	Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Reventador, Blando de Sonora
Cárdenas, 1995 (Turrent, 2004)	Chapalote, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Blandito de Sonora, Reventador, Tuxpeño, Dulcillo del Noroeste, Onaveño, Maíz Dulce, San Juan, Lady Finger, Harinoso
Ortega y col., 2006, 2005 y 2002	Tabloncillo, Azul, Onaveño
Base de Datos INIFAP	Chapalote, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Blandito, Reventador, Elotero de Sinaloa, Tuxpeño, Dulcillo, Bofo, Onaveño

3.10. Caracterización morfológica, fenotípica o agronómica del maíz

De acuerdo al diccionario de la Real Academia Española (2001), la caracterización es “Determinar los atributos peculiares de alguien o algo, de modo que claramente se distingan de los demás”. Partiendo de este concepto, caracterizar un recurso genético es determinar los atributos peculiares de dicho recurso, de modo que se pueda distinguir claramente de cualquier otro. Una de las técnicas de la caracterización pueden servir para identificar y medir qué tan variable (si se trata de

una especie) o que tan diverso es dicho recurso en comparación con otros; también es fundamental para conocer los atributos particulares de cada individuo en un programa de mejoramiento genético, para plantear que características se van a mejorar, qué individuos presentan dicha característica y cuales presentan otras importantes, así como para conocer las diferencias entre ellos y de esta forma definir cuáles serían las cruzas más adecuadas (Núñez-Colín y Escobedo-López, 2015).

El método clásico utilizado para describir los patrones de diversidad entre los grupos de plantas ha sido la caracterización morfológica. Esto, a pesar de que es un método indirecto de medir la diversidad genética ya que el ambiente tiene gran influencia en la morfología de la planta. Este método tiene muchas bondades, entre las que destacan, el hecho que en plantas cultivadas generalmente no requiere ni equipo sofisticado ni procedimientos complejos. También, los rasgos morfológicos se pueden registrar independientemente del mecanismo de herencia que estos tengan (Bretting y Widrechner, 1995). Este método es el que se utilizó para caracterizar las poblaciones mexicanas, América Central y América del Sur en razas (Wellhausen *et al.*, 1951, Wellhausen *et al.*, 1957; Roberts *et al.*, 1957; Ramírez *et al.*, 1960; Grobman *et al.*, 1961; Timothy *et al.*, 1961; Grant *et al.*, 1963; Paterniani y Goodman, 1977).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de evaluación, material biológico estudiado y diseño experimental utilizado

El estudio se estableció en los campos experimentales de la Facultad de Agronomía, cuyas coordenadas geográficas son de 24° 37' 29" N y 107° 26' 36" O y una altura sobre el nivel del mar es de 38 m. El clima [BS1 (h') w (w) (e)] es semiseco, muy cálido, extremo, con lluvias en verano, con temperatura media anual de 25.9 °C y precipitación media anual de 695.2 mm (INEGI, 2017).

Se evaluaron 98 poblaciones de maíz nativo colectadas en nueve municipios (Badiraguato, Concordia, Cósala, Culiacán, Elota, El Fuerte, Mocorito, San Ignacio y Sinaloa de Leyva); así mismo se evaluaron dos híbridos comerciales para el valle de Culiacán P 2948W y 4017 utilizados como testigo (Cuadro 3). Las poblaciones de maíces nativos evaluadas, se colectaron a través de recorridos en la zona donde estos se cultivan, utilizando para ello la metodología propuesta por Hernández y Alanís (1970), que plantea entre otras cosas: coleccionar el mayor número de localidades posibles, cada población debe contener de 15-25 mazorcas que deben de ser extraídas al azar de los diferentes tipos de maíces. Una encuesta para cada colecta se realizó y constituyó el pasaporte de cada población.

La distribución de los materiales en campo se realizó utilizando un diseño experimental látice simple 10 x 10 con dos repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 m separados 0.80 m entre surcos. Se sembraron tres semillas por golpe a 0.50 m y a las seis semanas posteriores de la siembra se realizó el aclareo para dejar dos plantas (50,000 plantas ha⁻¹).

4.2. Manejo agronómico

Para la preparación del terreno se realizó subsuelo, dos rastreos cruzados y la marca. La siembra y la fertilización se realizaron de manera manual. La siembra se realizó en seco y en la fertilización se aplicaron 250 unidades de nitrógeno por hectárea, de acuerdo a la recomendación de SAGARPA (2010), utilizando como fuente Urea (46-00-00), la cual se aplicó antes del primer riego de auxilio.

Cuadro 3. Poblaciones de maíces evaluadas en el estudio de caracterización agromorfológica en Sinaloa, México

Población	Municipio	Población	Municipio	Población	Municipio	Población	Municipio
BAD-008	Badiraguato	CON-121	Concordia	ELO-051	Elota	SIN-010	Sinaloa de Leyva
BAD-020	Badiraguato	COS-053	Cósala	FUE-027	El Fuerte	SIN-011	Sinaloa de Leyva
BAD-021	Badiraguato	COS-057	Cósala	FUE-028	El Fuerte	SIN-012	Sinaloa de Leyva
BAD-022	Badiraguato	COS-058	Cósala	FUE-031	El Fuerte	SIN-013	Sinaloa de Leyva
BAD-023	Badiraguato	COS-060	Cósala	FUE-032	El Fuerte	SIN-014	Sinaloa de Leyva
BAD-024	Badiraguato	COS-061	Cósala	FUE-033	El Fuerte	SIN-015	Sinaloa de Leyva
BAD-025	Badiraguato	COS-062	Cósala	FUE-055	El Fuerte	SIN-021	Sinaloa de Leyva
BAD-026	Badiraguato	COS-063	Cósala	FUE-076	El Fuerte	SIN-022	Sinaloa de Leyva
CON-017	Concordia	COS-064	Cósala	FUE-077	El Fuerte	SIN-023	Sinaloa de Leyva
CON-036	Concordia	COS-065	Cósala	FUE-078	El Fuerte	SIN-024	Sinaloa de Leyva
CON-044	Concordia	COS-067	Cósala	FUE-093	El Fuerte	SIN-047	Sinaloa de Leyva
CON-045	Concordia	COS-068	Cósala	IGN-109	El Fuerte	SIN-048	Sinaloa de Leyva
CON-072	Concordia	COS-069	Cósala	IGN-065	San Ignacio	SIN-049	Sinaloa de Leyva
CON-076	Concordia	COS-070	Cósala	IGN-066	San Ignacio	SIN-050	Sinaloa de Leyva
CON-080	Concordia	CUL-001	Culiacán	IGN-067	San Ignacio	SIN-051	Sinaloa de Leyva
CON-090	Concordia	CUL-003	Culiacán	IGN-068	San Ignacio	SIN-052	Sinaloa de Leyva
CON-111	Concordia	CUL-004	Culiacán	IGN-070	San Ignacio	SIN-053	Sinaloa de Leyva
CON-112	Concordia	CUL-005	Culiacán	IGN-074	San Ignacio	SIN-054	Sinaloa de Leyva
CON-113	Concordia	CUL-006	Culiacán	IGN-083	San Ignacio	SIN-056	Sinaloa de Leyva
CON-115	Concordia	CUL-008	Culiacán	IGN-084	San Ignacio	SIN-091	Sinaloa de Leyva
CON-116	Concordia	CUL-035	Culiacán	IGN-106	San Ignacio	SIN-092	Sinaloa de Leyva
CON-117	Concordia	CUL-039	Culiacán	IGN-107	San Ignacio	COS-54	Cósala
CON-118	Concordia	CUL-040	Culiacán	IGN-108	San Ignacio	COS-55	Cósala
CON-119	Concordia	ELO-043	Elota	MOC-009	Mocorito	P-2948W	
CON-120	Concordia	ELO-047	Elota	SIN-009	Sin. de Leyva	4017	

Se llevaron a cabo cuatro riegos, uno de germinación y tres de auxilio. Para el control de malezas se realizaron dos aplicaciones, una de SANSON 4SC (selectivo) y otra con Full-MinaTM4 para hoja ancha a dosis de un L ha⁻¹ en ambos. Se realizaron dos aplicaciones contra gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), una con Lorsban (clorpirifos) en la etapa V4, a una dosis de 0.75 litro ha⁻¹, y la otra en la etapa V10 con el insecticida granulado Pounce, a una dosis de 10 kilogramos ha⁻¹. Para la cosecha, ésta se realizó de manera manual en dos etapas. La primera en aquellas plantas que fueron etiquetadas para la obtención de los datos de las variables respuesta. La segunda cosecha, con el resto de las plantas en cada una de las parcelas, con el propósito de tener el dato del rendimiento total de cada población.

4.3. Variables evaluadas

Se evaluaron un total de 24 variables respuestas y fueron caracterizadas agromorfológicamente de acuerdo a la metodología propuesta por CIMMYT/IBPGR (1991). La variable altura de planta (ALP), se tomó a partir del punto en que la planta se encuentra en contacto con la superficie del suelo hasta la base de la espiga, se midió con una regla y el resultado se expresó en centímetros (Figura 9). Para el caso de la altura de mazorca (ALM), se midió a partir del punto en que la planta se encuentra en contacto con la superficie del suelo hasta el nudo del tallo donde se inserta la mazorca principal (superior), y fue medido de la misma manera que la variable anterior (Figura 9). Mientras que, para las variables número de hojas arriba (NHA) y bajo la mazorca (NHB) se contabilizó el número de hojas encontradas por encima de la mazorca principal y bajo de la misma (Figura 11).

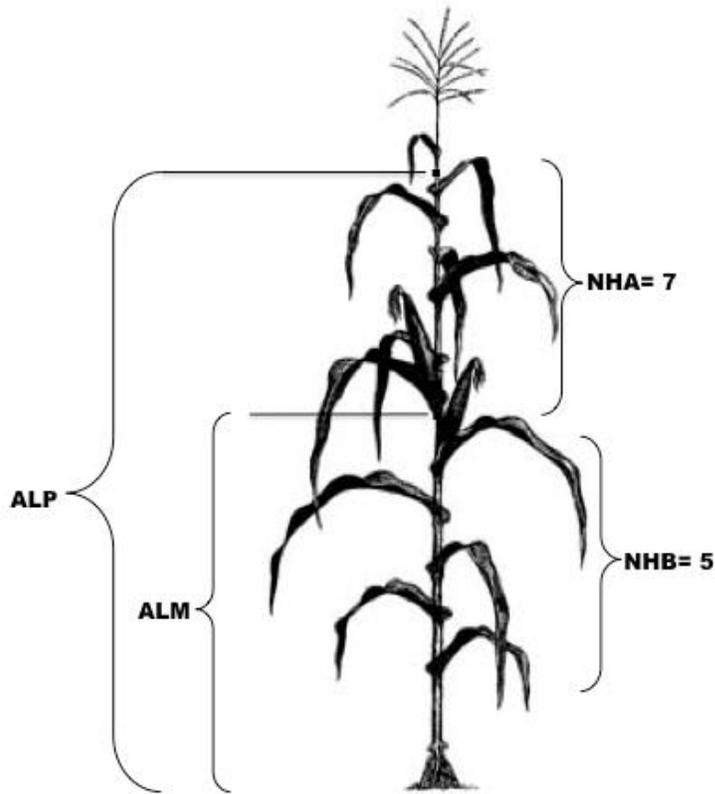


Figura 11. Altura de planta (ALP) y mazorca (ALM), así como número de hojas arriba (NHA) y bajo (NHB) de la mazorca principal

Para la variable longitud de espiga (LOE), se midió desde el extremo inferior en el que sale la primera ramificación de la espiga hasta el extremo superior de la espiga central y se expresó en centímetros; mientras que la longitud de pedúnculo de la espiga (LPE), se midió desde el nudo en que sale la última hoja de la planta hasta el punto donde se inserta la primera espiga y se expresó de la misma manera que la variable anterior (Figura 10). Por otro lado la longitud de parte ramificada de la espiga (LRE) se tomó en centímetros a partir de lugar donde se inserta la primer ramificación de la espiga hasta el lugar donde sale la última espiguilla sobre la espiga (Figura 12). En todas las variables anteriores para su medición se utilizó una regla métrica. El número de espiguillas (NES) se realizó contando el número total de espiguillas primarias, secundarias y terciarias encontradas en la espiga (Figura 12).

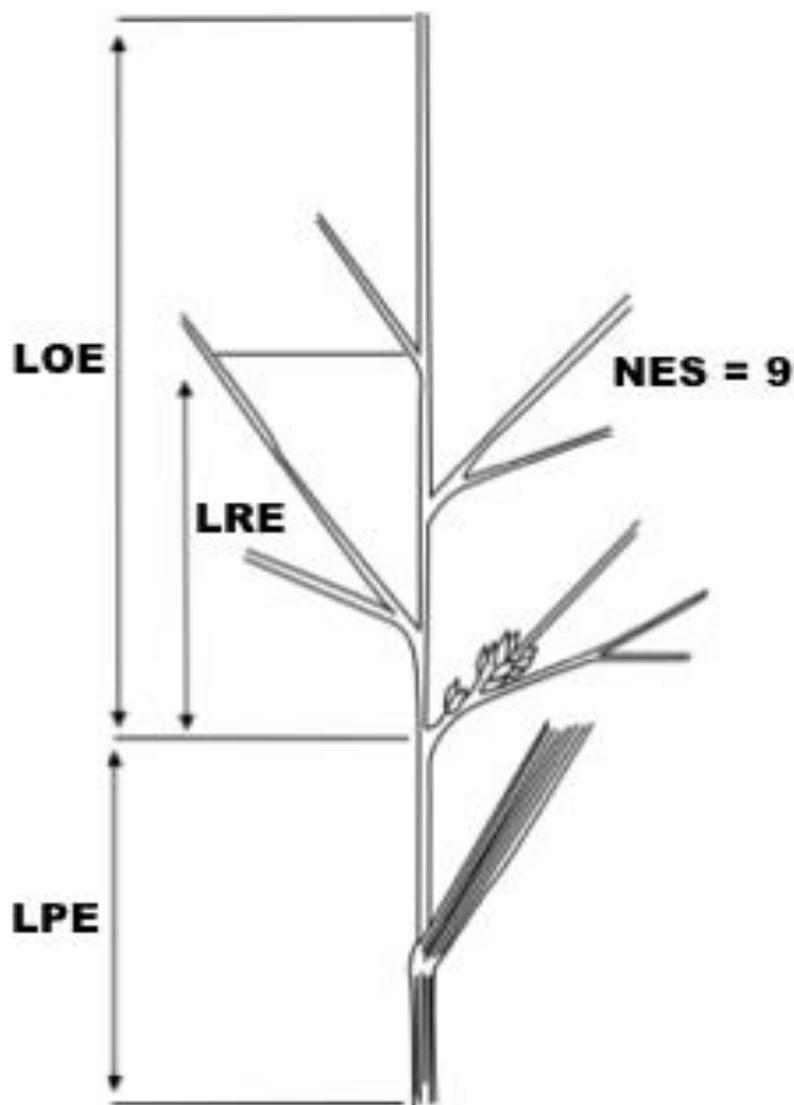


Figura 12. Longitud de espiga (LOE), longitud de pedúnculo de espiga (LPE), longitud ramificada de la espiga (LRE) y número de espiguillas (NES)

La longitud del pedúnculo de la mazorca (LPM), se tomó, de la mazorca principal en caso de que se obtuvieran dos mazorcas por planta, desde el extremo inferior hasta el extremo superior del pedúnculo y se expresó en centímetros (Figura 13 A). Mientras que el número de hileras de la mazorca (NHM), se tomó, contabilizando el número total de hileras (carreras de granos) encontradas en la mazorca (Figura 13 B). La longitud de mazorca (LOM), se evaluó, midiendo en centímetros (con una regla métrica) la distancia desde la base hasta el ápice de la mazorca (Figura 13 C) y el diámetro de mazorca (DIM) y diámetro de olote (DIO), se midieron, de la parte central de la mazorca

y olate respectivamente, para ello se utilizó un vernier digital y el resultado se expresó en milímetros (Figuras 13 D y G). Por otro lado, el peso de mazorca (PEM) y peso del olate (PEO), se tomaron, pesando individualmente cada mazorca y cada olate, utilizando para ello una báscula digital, expresando en gramos los resultados (Figura 13 E y F).



Figura 13. Longitud del pedúnculo de la mazorca (A), número de hileras de la mazorca (B), longitud de mazorca (C), diámetro de mazorca (D), peso de mazorca (E), peso de olate (F) y diámetro del olate (G)

Las características del grano (Figura 14) se tomaron de la parte central de la mazorca. Para determinar el grosor de grano (GRG), se tomaron diez granos de la parte central de la mazorca tal y como están insertados en la mazorca y utilizando un vernier digital se obtuvo el dato del grosor en milímetros (Figuras 14 A). Para la variable ancho de grano (ANG), utilizando los mismos granos de la variable anterior, se colocaron de manera equidistantes uno tras otro, y con un vernier digital se obtuvo este dato en milímetros (Figura 14 B). Mientras que para la longitud de grano (LOG), se utilizaron los mismos granos, pero en esta ocasión, se colocaron en fila por la parte longitudinal uno tras otro y con un vernier digital se obtuvo este dato en milímetros (Figura 14 C). En las variables volumen (VOG) y peso de grano (PEG), se tomaron utilizando 100 granos provenientes de cada mazorca evaluada individualmente; para

el volumen se colocaron los granos en una probeta graduada y el volumen ocupado por los mismos, se expresó en milímetros (Figura 14 A); mientras que, para el peso de grano, se colocaron los mismos 100 granos utilizados en volumen sobre una balanza digital y el dato se registró en gramos (Figura 14 B).

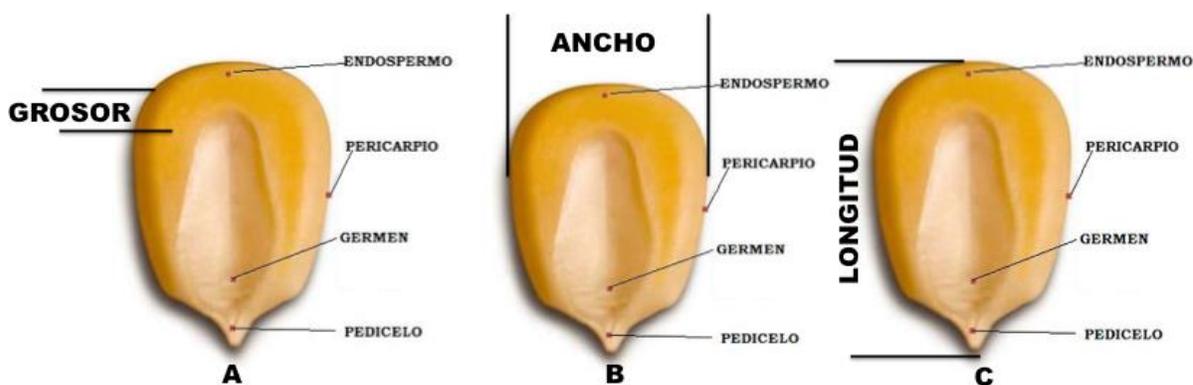


Figura 14. Características de grosor (A), ancho (B) y longitud del grano (C) de maíz



Figura 15. Formas de medir el grosor (A), ancho (B) y longitud (C) de grano del maíz

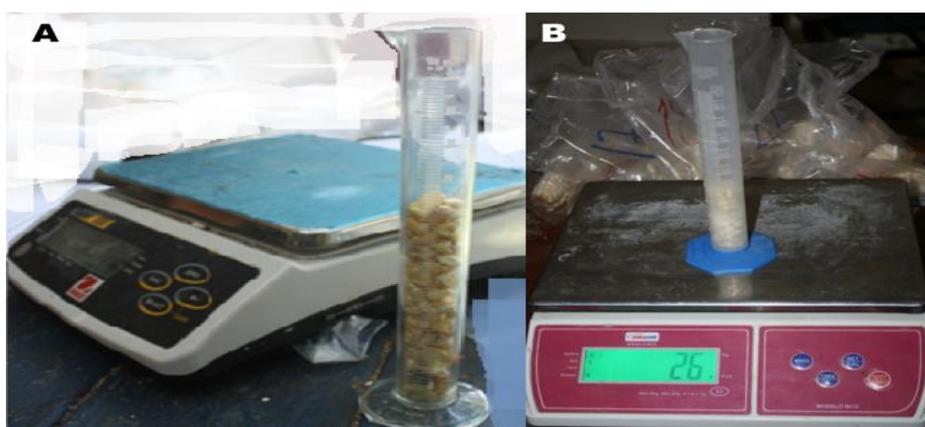


Figura 16. Forma de evaluar volumen (A) y peso (B) de grano de maíz

La variable rendimiento de grano (REG), se obtuvo restando el peso del olote, al peso de la mazorca. El peso de grano de cada planta es ajustado al 14% de

humedad. Para esto se aplicó el criterio utilizado en las recibas comerciales de maíz del Valle de Culiacán, deduciendo 1.16 kilogramos de peso por cada tonelada de peso de maíz, por cada décima de grado pasada por encima del 14.0 % de humedad, y en aquellos casos en el que la humedad estuvo por debajo del 14.0 % se procedió de manera inversa; es decir, se le sumó el incremento de peso correspondiente. Este parámetro se expresó en gramos. Mientras que, la relación grano/olote (RGO), se obtuvo a partir de la división del peso del grano ajustado entre el peso del olote y se expresó como un simple número. Este valor nos indica, cuántas unidades de grano tenemos por cada unidad de olote. Para el rendimiento de parcela (REP), se obtuvo a partir de la suma de los rendimientos obtenidos de todas las plantas en la parcela experimental y se expresó en gramos. Por lo tanto, el rendimiento estimado en $t\ h^{-1}$ (RTH), se obtuvo a partir de los promedios de cada población, multiplicados por la densidad ($50,000\ plantas\ ha^{-1}$), y se expresó en $t\ h^{-1}$.

4.4. Análisis estadísticos

Con la finalidad de determinar la existencia o no de diferencias entre poblaciones, en cada una de las variables estudiadas, se realizó un análisis de varianza y las medias de cada variable fueron comparadas por el método de Tukey con un $\alpha \leq 0.05$. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico JPM y SAS (SAS, 2002). También fueron utilizados los programas Office Excel 2007, para concertar datos de campo y elaborar matrices y gráficas presentadas en resultados y discusión. Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales con las 18 variables respuestas que mostraron diferencias significativas entre poblaciones. Éstas fueron analizadas con el método no paramétrico de agrupación, utilizando para esto el programa estadístico SAS, 2002.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados nos indican que las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa se diferencian entre ellas para las variables altura de mazorca y planta, número de hojas bajo la mazorca, número de espiguillas, longitud de espiga, número de hileras de la mazorca, diámetro y olote de mazorca, peso de mazorca y olote, grosor, ancho, largo, peso, volumen y rendimiento de grano, así como relación grano/olote y rendimiento estimado en $t\ h^{-1}$, dado que se encontró diferencias estadísticas entre poblaciones para 18 de 24 variables respuesta estudiadas. Mientras que los resultados obtenidos para repetición mostraron diferencias en las variables altura de mazorca, número de hojas arriba y bajo la mazorca, longitud de pedúnculo de espiga y mazorca, diámetro y peso de mazorca, diámetro y peso de olote, grosor, ancho, volumen, peso y rendimiento de grano, así como relación grano/olote y rendimiento estimado en $t\ h^{-1}$, al encontrarse diferencias estadísticas en 16 de las 24 variables evaluadas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadrados medios para poblaciones, repetición y error, así como la significancia estadística ($P \leq 0.05$) para población y repetición en las veinticuatro variables evaluadas en 100 maíces de Sinaloa, México

Variable respuesta	Cuadrados medios		
	Población	Repeticiones	Error
Caracteres vegetativos			
Altura de mazorca (cm)	1290.0031**	4846.86*	704.61
Altura de la planta (cm)	1445.0836**	92.48 ns	813.64
Número de hojas arriba de la mazorca	0.4007922 ns	3.56890**	0.3444
Número de hojas bajo la mazorca	1.5760729**	9.10222**	0.6949
Caracteres de espiga			
Longitud del pedúnculo de la espiga (cm)	17.133086 ns	225.6750**	13.2246
Longitud de la parte ramificada de la espiga (cm)	8.4690323 ns	1.38889 ns	6.09921
Longitud de espiga central (cm)	16.714737 ns	1.1909 ns	14.1539
Número de espiguillas	17.5932303**	7.4369 ns	10.2205
Longitud de espiga (cm)	24.76875253**	0.0076 ns	14.5095
Caracteres de mazorca			
Longitud del pedúnculo de la mazorca (cm)	5.9084256 ns	66.52811**	4.39950
Número de hileras de la mazorca	5.87246333**	3.39736 ns	1.27325
Longitud de mazorca (cm)	30.557777 ns	1.1527 ns	33.5255
Diámetro de mazorca (mm)	61.1069686**	705.7462**	32.5299
Peso de mazorca (g)	2345.78394**	52219.42**	1079.81
Peso de olote (g)	248.5920606**	4495.100**	132.241
Diámetro de olote (mm)	20.40454747**	81.9584**	10.5263
Caracteres de grano			
Grosor de grano (mm)	77.06456768**	190.0224*	40.4964
Ancho de grano (mm)	200.7874747**	1580.763**	72.272
Longitud de grano (mm)	559.7317172**	730.747 ns	325.598
Volumen de grano (mL)	166.9837778**	1136.653**	57.560
Peso de grano (g)	81.11949899**	603.7551**	37.5902
Caracteres de productividad			
Rendimiento de grano (g)	1712.687374**	10578.76**	592.79
Relación de grano/olote	2.48667535**	11.47884**	1.0978
Rendimiento estimado en $t\ ha^{-1}$	4.281718384**	26.44691**	1.4819

*= $P \leq 0.05$, **= $P \leq 0.01$ y ns= no significativo Tukey.

5.1. Variación de las variable altura de planta (ALP), altura de mazorca (ALM), número de hojas bajo de la mazorca (NHB), número de espiguillas (NE), longitud de espiga (LOE) y número de hileras de mazorca (NHM)

Al analizar el comportamiento por variable, se encontró que respecto a la altura de planta (ALP), la población CON-121, fue la que presentó mayor promedio (327.5 cm), en contraste, la población, FUE-093 fue la que manifestó el promedio más bajos (182.9 cm); (Figura 15 B). En la variable altura de mazorca (ALM), la población, SIN-092 fue la que presentó el mayor promedio (210.3 cm); en contraste, las poblaciones, CON-044, IGN-065, IGN-083 Y SIN-050, fueron las que manifestaron los promedios más bajos (84.87, 74.30, 81.50 Y 80.70 cm, respectivamente) (Figura 17 A). Para la variable número hojas bajo de la mazorca (NHB), la población, CON-115, fue la que presento mayor promedio (9.5 hojas); en contraste, la población, IGN-065, fue la que manifestó el promedio más bajos (5.1 hojas) (Figura 17 C). Respecto a la longitud de espiga (LOE), las poblaciones BAD-008, CON-080, CUL-004 y SIN-024, fueron las que presentaron mayores promedios (43, 42.7, 42.9 y 44.4 cm, respectivamente); en contraste, la población, Sin-056, fue la que manifestó el promedio más bajos (23.5 cm) (Figura 17 E).

Para la variable número de espiguillas (NES), las poblaciones, SIN-013 y SIN-024, fueron las que presentaron mayores promedios con (22.5 y 21.8 espiguillas, respectivamente); en contraste, la población, SIN-056, fue la que manifestó el promedio más bajo (6.6 espiguillas (Figura 17 D). En la variable número de hileras por mazorca (NHM), la población, P-2948W, fue la que presentó mayor promedio (18.4 hileras); en contraste, la población, IGN-065, fue la que manifestó el promedio más bajos (7.7 hileras, Figura 17 F).

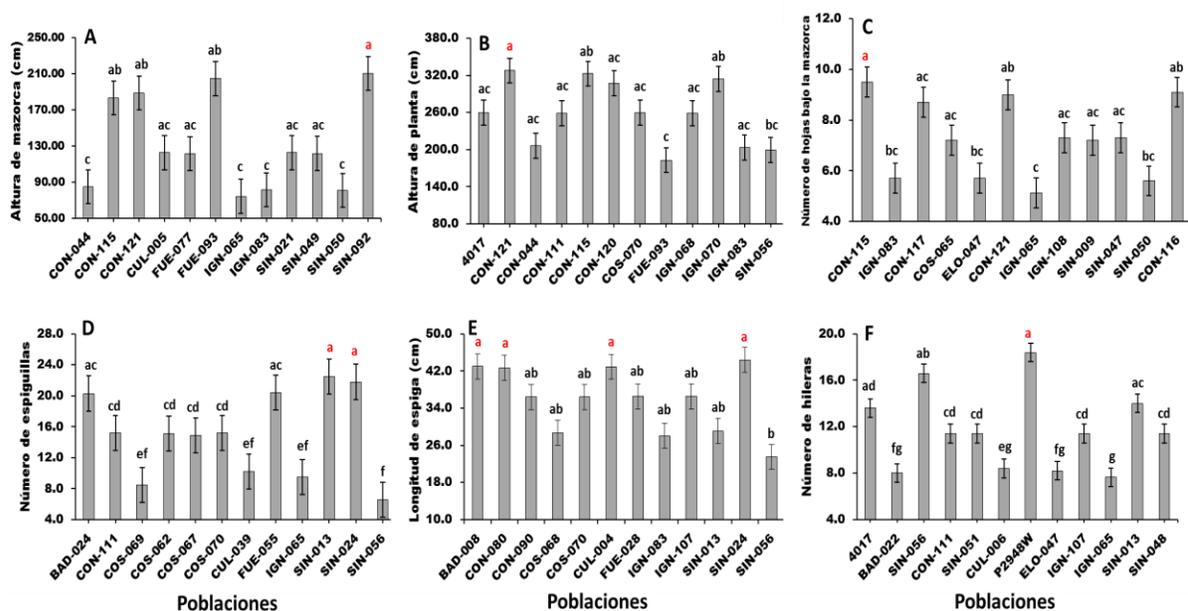


Figura 17. Comparación de medias de altura de mazorca (A), altura de planta (B), número de hojas bajo la mazorca (C), número de espiguillas (D), longitud de espiga (E) y número de hileras (F)

5.2. Variación en las variables: diámetro de mazorca (DIM), peso de mazorca (PEM), peso de olote (PEO), diámetro del olote (DIO) grosor de grano (GRG) y ancho de grano (ANG)

Al analizar el comportamiento por variable, se encontró que respecto a diámetro de la mazorca (DIM), las poblaciones, COS-053, IGN-070, SIN-092 y P-2948W, fueron las que presentaron mayores promedios (49.5, 49.6, 50.6 y 51.8 mm, respectivamente); en contraste, la población SIN-053 fue la que manifestó el promedio más bajos (23.7 mm, Figura 18 A). Para la variable peso de la mazorca (PEM), la población, COS.053 fue la que presentó el mayor promedio con 271.6 g; en contraste, la población, CON-044 fue la que manifestó el promedio más bajo (51.6 g, Figura 18 B). Para la variable peso de olote (PEO), la población, COS.053 fue la que presentó el mayor promedio con 81.7 g; en contraste, la población, CON-044 fue la que manifestó el promedio más bajo (13.66 g, Figura 18 C). Para la variable diámetro de olote (DIO), las poblaciones, IGN-070 y CON-115, fueron las que presentaron mayores promedios (35.6 y 35.3 mm, respectivamente); en contraste, la población, COS-64 manifestó el

promedio más bajo (19.0 mm, Figura 18 D). Respecto al grosor de grano (GRG), la población, BAD-022 fue la que presentó el mayor promedio con 83.4 mm; en contraste, la población, FUE-027, fue la que manifestó el promedio más bajo (30.9 mm, Figura 16 E). En la variable ancho de grano (ANG) la población, IGN-067 fue la que presentó el mayor promedio con 124.2 mm; en contraste, la población, FUE-093, fue la que manifestó el promedio más bajo (71.9 mm, Figura 18 F).

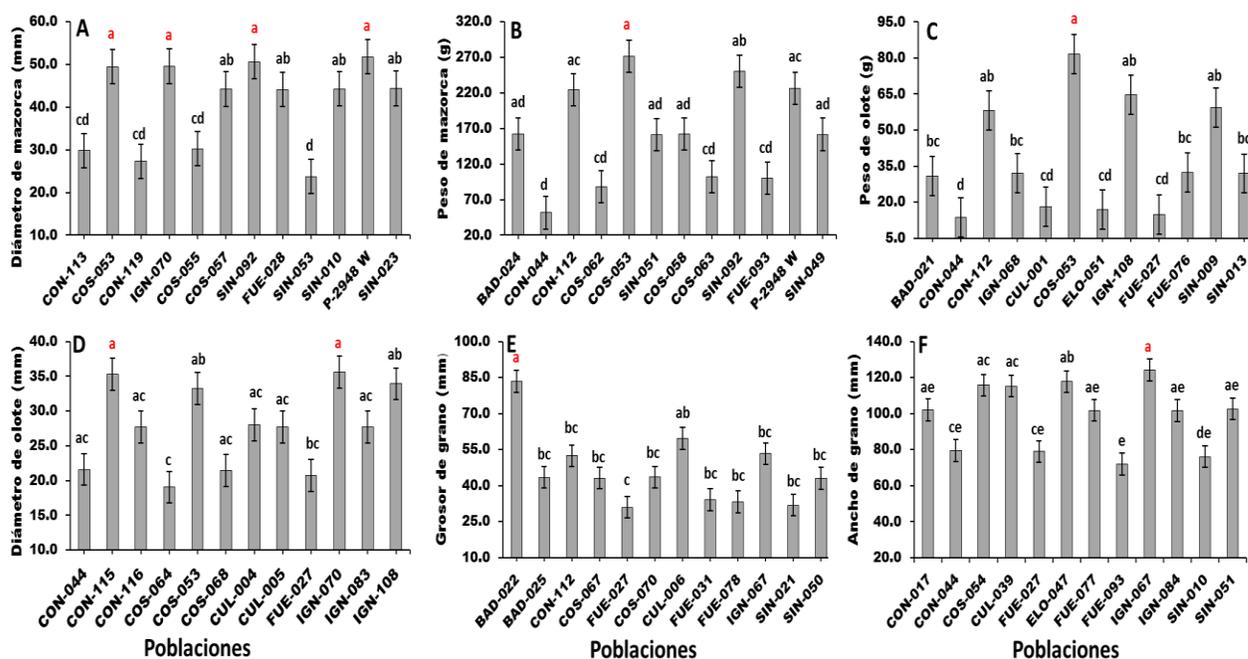


Figura 18. Comparación de medias de diámetro de mazorca (A), peso de mazorca (B), peso de olote (C), diámetro de olote (D), grosor de grano (E) y ancho de grano (F)

5.3. Variación en las variables: longitud de grano (LOG), volumen de 100 granos (VOL), peso de 100 granos (PEG), rendimiento de grano (REG), relación grano olote (RGO) y rendimiento estimado en t ha⁻¹ (RTH)

Al analizar el comportamiento por variable, se encontró que respecto a longitud de grano (LOG), la población, CUL-040, fue la que presentó mayor promedio (227.7 mm); en contraste, las poblaciones, BAD-008, CON-121, CON-044, COS.057, COS-065, COS-068, P2948W, FUE-093, SIN-011, SIN-022 y SIN-050, fueron las que manifestaron los promedios más bajos (112.1, 111.6, 83.0, 111.8, 111.8, 84.2, 138.0, 82.9, 128.4, 127.5 y 83.7 mm, respectivamente, Figura 19 A). Para la variable volumen

de grano (VOG), la población, IGN-067 fue la que presentó el mayor promedio con 79.0 mL; en contraste, la población, CON-044, fue la que manifestó el promedio más bajo (21.5 mL, Figura 19 B). Para la variable peso de grano (PEG), la población, IGN-067 fue la que presentó el mayor promedio (56.5 g); en contraste, la población, CON-044, fue la que manifestó el promedio más bajo (13.0 g, Figura 19 C). En la variable rendimiento de grano (REG), la población, BAD-021, fue la que presentó el mayor promedio con 276.8 g; en contraste, la población, CON-044, fue la que manifestó el promedio más bajo (41 g, Figura 19 D); mientras que, la variable relación grano/ olote la población, FUE-02 fue la que presentó el mayor promedio (8.9); en contraste, las poblaciones, COS-053 e IGN-108, fueron las que manifestaron los promedios más bajos (2.5 y 2.4 respectivamente, Figura 19 E). Para la variable rendimiento estimado en $t h^{-1}$ la población BAD-021 fue la que presentó el mayor promedio (13.8 $t h^{-1}$); en contraste, la población, CON-044, fue la que manifestó el promedio más bajo (2.1 $t h^{-1}$, Figura 19 F).

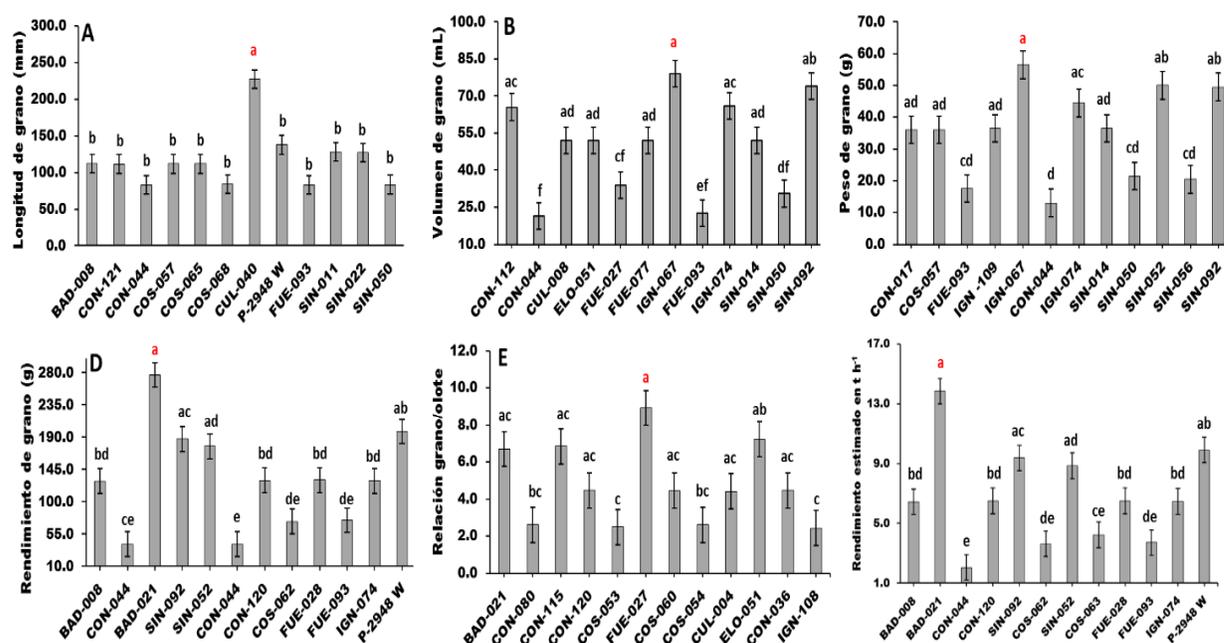


Figura 19. Comparación de medias de longitud de grano (A), volumen de grano (B), peso de grano (C), rendimiento de grano (D), relación grano/olote (E) y rendimiento estimado en $t h^{-1}$ (F)

5.4. Análisis de componentes principales

Los resultados a partir del análisis de componentes principales (CP) de las poblaciones (genotipos), nos indican que los tres primeros explican un 61.71 % de la varianza; 33.26 % para el CP1, 15.65 % para el CP2 y 12.79 % para el CP3 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Proporciones de varianzas explicada y acumulada en el estudio de caracterización agro-morfológica en las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa, México

Componente	Auto valores de la matriz de correlación			
	Auto valor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	6.9848	3.6974	0.3326	0.3326
2	3.2873	0.6014	0.1565	0.4892
3	2.6859	0.6295	0.1279	0.6171
4	2.0564	0.8021	0.0979	0.7150
5	1.2542	0.2103	0.0597	0.7747
6	1.0439	0.2283	0.0497	0.8244
7	0.8156	0.2651	0.0388	0.8633
8	0.5504	0.0380	0.0262	0.8895
9	0.5124	0.0801	0.0244	0.9139
10	0.4322	0.0291	0.0206	0.9345

De acuerdo a los resultados, si utilizamos el valor propio de los componentes principales se pueden identificar las variables que aportan mayor variación a cada componente (marcados en negritas en el Cuadro 6). De acuerdo a lo anterior, para el CP1, peso de 100 granos, volumen de 100 granos, peso de la mazorca, diámetro del olote, diámetro de mazorca y peso de olote, fueron las variables con mayor aportación. En cambio, para el CP2 son las variables, número de hileras de mazorca, número de hojas bajo la mazorca, altura de planta y altura de mazorca. Mientras que, para el CP3, las variables que tiene un mayor peso son, rendimiento estimado en $t\ h^{-1}$, relación

grano/olote, rendimiento de grano ajustado y longitud de grano. Algunas de estas variables también han sido seleccionadas en otros estudios para la descripción de la diversidad genética (Hortelano *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010; Rocandio-Rodríguez, 2014; Montes-Hernández *et al.*, 2014 y Gómez, 2016). Estos resultados muestran que hay poblaciones que tienen potencial para inicios de programas de mejoramiento genético, así como programas en específico por ejemplo si se pretende buscar un maíz del cual se obtenga bastante forraje se pueden utilizar poblaciones aquí evaluadas que mostraron un gran número de hojas, así como altura de planta muy superiores a las que se establecen como comercial, por mencionar un ejemplo.

Cuadro 6. Variables respuesta de mayor importancia en cada componente principal en las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa, México

VARIABLE	AUTOVECTORES		
	C1	C2	C3
RTH	0.2038	0.0311	0.3843
RGO	-0.0972	0.2464	0.2801
RGA	0.2037	0.0310	0.3846
P100G	0.3044	-0.2472	0.0263
V100G	0.3135	-0.2048	0.0046
L10G	0.2283	-0.0049	0.2553
A10G	0.1581	-0.3567	-0.2248
G10G	0.1247	-0.2579	-0.4089
DIO	0.2729	0.1436	-0.2291
DIM	0.2409	0.0630	0.1305
PO	0.3315	-0.1249	-0.0016
PM	0.3299	-0.0456	0.1967
NHM	0.0746	0.2416	0.2274
NE	0.1903	0.2551	-0.0790
NHB	0.1583	0.3776	-0.2550
ALP	0.1352	0.3302	-0.1763
ALM	0.2375	0.2630	-0.1542
LOE	0.1711	-0.1108	0.0574

La existencia de variaciones entre las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa, nos dice que en ellas encontramos un acervo de genes que deben de ser conservados y caracterizados. Los resultados obtenidos indican concordancia con los reportados por Parente (2005) y Gutiérrez (2005), quienes caracterizaron en un ambiente común a materiales nativos de Sinaloa, y encontraron diferencias significativas para las variables de mazorca. También Hortelano *et al.* (2008), encontraron diferencias altamente significativas en 58 maíces nativos de Puebla. Asimismo, los resultados obtenidos están en correspondencia con Lugo (2009) y Leyva (2009), que analizaron la variación fenotípica para características de mazorca en poblaciones de maíces criollos de Culiacán y San Ignacio respectivamente, reportando diferencias significativas entre las poblaciones estudiadas. Las diferencias encontradas resultan lógicas dada la diversidad de ambientes en donde se colectaron las poblaciones; esto es confirmado de nuevo por Valdez y Sicaños (2011), quienes al analizar cuatro poblaciones prometedoras de maíces nativos de Sinaloa en condiciones de riego del Valle de Culiacán, también encuentran diferencias significativas entre las poblaciones en los caracteres evaluados. Así mismo Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) reportaron alta diversidad genética en 52 poblaciones de maíces locales de Puebla. Otro estudio realizado por Morales (2012), reportó variación entre caracteres de planta en 21 poblaciones analizadas en condiciones de temporal en Sinaloa. Así como un estudio más realizado por Gómez (2016) que reportó variación para todas las variables evaluadas en la caracterización fenotípica de 81 poblaciones de maíces nativos de Sinaloa. Los resultados aquí encontrados están en concordancia con dichos trabajos.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. El estado de Sinaloa presenta una gran riqueza en recursos genéticos de maíz, y que las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa mantienen niveles altos de variación agro-morfológica para las variables aquí evaluadas.
2. Las poblaciones más sobresalientes fueron COS-053 en las variables (DIM, PM y PEO) e IGN-067 en las variables (ANG, VOL 100 granos y PEG de 100 granos), al presentar los mayores promedios en 3 de las 24 variables evaluadas.
3. La población menos sobresaliente fue CON-044, ya que presentó los promedios más bajos en 8 (ALM, PM, PEO, LOG, VOL, PEG, REG Y RTH) de las 24 variables evaluadas.
4. La población que presentó el rendimiento estimado más alto fue BAD-021, con 13.8 th^{-1} .
5. Los tres primeros componentes explicaron el 61.71% de la variación existente en las poblaciones de maíces nativos de Sinaloa.

VII. LITERATURA CITADA

Abarca G. E. 2014. Caracterización Agronómica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Tesis. Riobamba-Ecuador.

Agriculture Research Service. 2010. Corn Boosting Quality, Productivity and Safety. U.S. Department of Agriculture. EEUU.

Anderson E. and Cutler H. C. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 29: 69-89

Ángeles-Gaspar E., Ortiz-Torrez E., López A. P. y López-Romero G. 2010. Caracterización de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol 33 (4): 287-296

Aragón, C. F., Taba S., Hernández C. J. M., Figueroa C. J. D., Serrato A. V. 2005. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Proyecto CONABIO CS-002. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Disponible [En Línea] en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfCS002.pdf>

Bellon M.R. 2009. Diversidad y Conservación de Recursos Genéticos en Plantas Cultivadas, en Capital Natural de México. vol II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México. Pp.355-382. En línea: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II08_Diversidad%20y%20conservacion%20de%20recursos%20geneticos%20en%20pl.pdf

Bretting, P. K. and M. P. Widrechner. 1995. Genetic markers and plant geneticresources management. *Plant Breeding Reviews* 13: 11-86

Cabrera L. y Palacios R. N. 2015. No con todo el maíz se hacen buenas tortillas. <https://www.cimmyt.org/es/no-con-todo-el-maiz-se-hacen-buenas-tortillas-2/>.

Chávez E. 1913. El Cultivo del maíz. Sec. Fom., Dir. Gral. Agricultura, Bol. 74 (Est.Agr. Cent., México).

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1998. Descriptores de maíz. En línea http://archive.ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioiversity/publications/pdfs/104Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_mais-cache=1415188810.pdf.

CIMMYT/IBPGR. (1991). Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources. Rome. 3-28.

Doorenbos J. and Pruitt W. O. 1977. Crop water requirements. FAO paper 24.Roma, Italia. 144 p.

ENIGH (Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares). 2012. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/enigh2010/ncv/default.aspx>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019 En línea <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2019/es/>

Gear M. J. R. E. 2006. Maíz y Nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal. ILSI.Argentina: 80 p

Gómez P. V. 2016. Caracterización fenotípica de 81 poblaciones de maíces nativos de Sinaloa en el Valle de Culiacán. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa. México. pp 114

González M. A. y Ávila C.A, J. F. 2014. El maíz en Estados Unidos y en México: Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos* 27(75): 215-237

Grant U. J., Hatheway W. H., D. H. Timothy, C. Cassalet D. and L. M. Roberts. 1963. Races of Maize in Venezuela. Publication 1136. National Academy of Sciences–National Research Council, Washington, D.C.

Grobman A., W. Salhuana and R. Sevilla, in collaboration with P. C. Mangelsdorf. 1961. Races of Maize in Peru. Publication 915. National Academy of Sciences National Research Council. Washington, D.C.

Gutiérrez S. M. 2005. Caracterización de 36 materiales criollos de maíz de los municipios de Badiraguato, Culiacán, Cosalá y San Ignacio de Sinaloa. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Hernández C., J. M. 2006. La diversidad y distribución del maíz en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Documento de circulación interna. 16p.

Hernandez X. E. y Alanis F. G. 1970. Estudio morfológico de cinco razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia* 5 (1) :3-30.

Hortelano S. R. R., Gil M. A., Santacruz V. A., Miranda C. S., Córdova, T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica Mexicana* 34:189-200.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y Geográfico de Sinaloa 2017 http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094898.pdf

Kato T. A., Mapes C., Mera L. M., Serratos J. A. y Bye R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.

Leary M. O. 2016. De México para el mundo. <https://www.cimmyt.org/es/maiz-de-mexico-para-el-mundo/>

Leyva O. J. F. 2009. Variación de maíces criollos de San Ignacio en el estado de Sinaloa. Tesis Licenciatura. Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa. 46 p.

Lugo M. R. 2009. Variación de maíces nativos de Culiacán en el estado de Sinaloa. Tesis Licenciatura. Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa. 101

Morales F. M. L. 2012. Caracterización Fenotípica de 21 Poblaciones de Maíces Nativos y/o Criollos, en condiciones de Temporal de Sinaloa. Tesis. Universidad Autónoma de Sinaloa. p.123

Núñez-Colín C A. y Escobedo-López D. 2015. Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos Fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria* 1(1): 1-6

Ortega-Paczka R. 1979. La diversidad del maíz en México. en: Sin Maíz No Hay País. Culturas Populares de México. D.F., México. pp:123-154.

Palacios V. O., Ortega C. A., Guerrero H. M., Hernández C. J. M. y Peinado F. L. A. 2008. Proyecto FZ002. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Componente 1: Diversidad y distribución actual de los maíces nativos en Sinaloa. CONABIO-INIFAP.

Paterniani E. and Goodman M. M. 1977. Races of Maize in Brazil and Adjacent Areas. CIMMYT, Mexico City. Mexico.

Parente S.J. M. A. 2005. Caracterización de 36 materiales nativos de maíz de Badiraguato, San Ignacio y Mocorito de Sinaloa. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Parera C A. 2017. Producción de maíz dulce https://inta.gob.ar/sites/default/files/libesu8734_inta_asaho_web_maiz_dulce_v1.pdf

Ramirez E. R., Timothy D. H., Díaz B. E., Grant U.J., Anderson E. and Brown W.L. 1960. Races of Maize in Bolivia. Publication 747. National Academy of Sciences–National Research Council. Washington, D.C.

Real Academia Española. 2001. Diccionario de la lengua española. 22ª edición. Real Academia Española, Madrid. En línea: <http://lema.rae.es>

Roberts L.M., Grant U. J., Ramírez R., Hatheway W.H., Smith y D.L., Mangelsdorf P.C. 1957. Razas de maíz en Colombia. Ministerio de Agricultura de Colombia, Oficina de Investigaciones Especiales, Boletín técnico Num. 2. Editorial Máxima, Bogotá, Colombia

Rocandio-Rodriguez M. A., Satacruz V., Cordova T. L., López S .H., Castillo G.F., Lobato O.R., J., Garcia-Z.J. y Ortega P.R. 2014. Rev. Fitotec. Mex. 37:351-361

Ruiz M. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. En Línea: <http://www.inifapcirpac.gob.mx/pagina/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/Regio.pdf>

SAGARPA. 2010. Guía Técnica para el área de influencia del campo experimental Valle de Culiacán. Fundación Produce. CONACYT.

Sánchez G.J.J. 2011. Diversidad del Maíz y el Teocintle. Informe preparado para el proyecto: “Recopilación, generación, actualización y análisis de información acerca de la diversidad genética de maíces y sus parientes silvestres en México”. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sánchez O. I. 2014. Maíz I (Zea mays). Serie Botánica 7(2): 151-171. <https://eprints.ucm.es/27974/1/MAIZ%20I.pdf>

Salvador R. J. 2001. Maíz. Programa Nacional de Etnobotánica Num.15. Universidad Autónoma de Chapingo.

Sánchez-Peña P., López-Valenzuela J. A., Lugo-Melchor R., Leyva O. J. F., Hernández-Verdugo S., Cauich-Pech S. O., González-Galindo R., Villarreal-Romero M., Parra-Terraza S., Corrales-Madrid J. L., Sánchez-Peña J., Quintero-Arce J. R., Garzón-Tiznado J. A., Palacios-Velarde O. y Armenta-Soto J. L. 2008. Variación fenotípica de maíces nativos del estado de Sinaloa, México. Memorias del XI congreso, Internacional en Agrícolas, Mexicali B. C. México. 638-642.

SAS. 2002. SAS users guide: statistic. SAS institute, Cary NC, USA

Serratos H. J. A. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Segunda edición. Greenpeace. México. P.40 En línea: <http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/9/gporigenmaiz%20final%20web.pdf>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. En línea <https://www.gob.mx/siap>

Timothy D.H., B. Peña V., R. Ramírez E., in collaboration with W.L. Brown and E. Anderson. 1961. Races of Maize in Chile. Publication 847. National Academy of Sciences–National Research Council, Washington, D.C. Timothy D.H., W.H. Hatheway, U.J. Grant, M. Torregroza C., D. Sarria V. and D. Varela A. 1963. Races of maize in Ecuador. Publication 975. National Academy of Sciences–National Research Council, Washington, D.C.

Turrent A. y Serratos J. A. 2004. Context and background on maize and its wild relatives in México. In: Maize and Biodiversity: The effects of transgenic maize in México, Chapter 1. pp: 1-55.

Valdez I. J. C y Sicairos G. P. 2011. Evaluación de poblaciones prometedoras de maíces criollos y formación de poblaciones de amplia base genética. Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa. 77p

Vargas L.A. 2007. La historia Incompleta del maíz y su nixtamalización. Cuadernos de nutrición 30 (3): 97-102.

Wellhausen E. J., Roberts L. M., Hernández X. y Mangelsdorf P. C. 1951. Razas, de maíz en México. Su origen, características y distribución. Secretaria de Agricultura y Ganadería de México, D. F.

Wellhausen E.J., A. Fuentes O. and A. Hernández C. in collaboration with P.C. Mangelsdorf. 1957. Races of Maize in Central América. Publication 511. National Academy of Sciences–National Research Council, Washington, D.C.128 p.