

Universidad Autónoma de Sinaloa

Colegio en Ciencias Agropecuarias

Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

“Caracterización agromorfológica de poblaciones de maíces nativos de Badiraguato y El Fuerte, Sinaloa, México”

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA: ALEXANDER ORTIZ QUINTERO

DIRECTOR DE TESIS: DR. PEDRO SÁNCHEZ PEÑA

CO-DIRECTORA DE TESIS: MC. VALERIA GÓMEZ PÉREZ

Culiacán, Sinaloa, México, febrero de 2023

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **ALEXANDER ORTIZ QUINTERO**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO

APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR



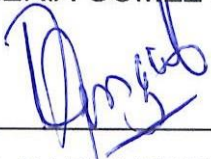
DR. PEDRO SÁNCHEZ PEÑA

CD-DIRECTORA



M.C. VALERIA GÓMEZ PÉREZ

ASESOR




DR. SAÚL PARRA TERRAZAS

ASESOR



DR. GUADALUPE ALFONSO LÓPEZ URQUÍDEZ

ASESOR



DR. MIGUEL ÁNGEL ANGULO ESCALANTE

CULIACÁN, SINALOA, FEBRERO DE 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa el día 01 del mes de febrero del año 2023, el que subscribe Alexander Ortiz Quintero alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias con número de cuenta 1244320-4, de la Unidad Académica Facultad de Agronomía Culiacán, del colegio de Ciencias Agropecuarias manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Pedro Sánchez Peña y M.C Valeria Gómez Pérez cede los derechos del trabajo titulado "Caracterización agromorfológica de poblaciones de maíces nativos de Badiraguato y El Fuerte, Sinaloa, México", a la Universidad Autónoma de Sinaloa para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales.

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.

Alexander Ortiz Q.

Alexander Ortiz Quintero
Nombre completo y firma



UAS- Dirección General de Bibliotecas Repositorio

Institucional Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.





Informe del Detector de Plagio Viper

tesis final M.pdf escaneado Jan 27, 2023

Porcentaje Total

12%



3.0%

CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y AGRO...

<https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/201>



1.2%

DIVERSIDAD DE MAÍCES CRIOLLOS DE N...

http://www.mag.go.cr/rev_mesov23n01_029.pdf



1.1%

Razas de maíz de México | Biodiversidad Me...

<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimen>

0.8%

Importancia de los maíces nativos de México ...

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artt

0.4%

Maíz: Perú es centro de diversificación de est...

<https://realidad.pe/alimentos/maiz-peru-es-centro-de>

0.3%

TESIS DOCTORAL DIVERSIDAD GENETIC...

https://www.academia.edu/35732392/TESIS_DOCT

0.3%

Selección y mantenimiento de poblaciones. U...

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artt

0.3%

Variación intra-racial de maíces nativos del alt...

<https://core.ac.uk/download/pdf/61891433.pdf>

0.2%

potencial del germoplasma derivado de maíce...

<https://studylib.es/doc/8196510/potencial-del-germo>

0.2%

El cultivo del maíz, SU origen y clasificación. ...

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid

0.2%

Caracterización y rendimiento de poblaciones...

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_artt

Culiacán, Sinaloa, México, febrero de 2023

AGRADECIMIENTOS

ALEXANDER ORTIZ QUINTERO

A DIOS

Gracias por acompañarme, bendecirme y por poner durante mi camino grandes personas muy valiosas para mi formación profesional, y, sobre todo, por nunca dejarme solo.

A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA Y A LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Fueron las instituciones que me abrieron sus puertas para cumplir con mi sueño de ser un profesional.

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)

Por el apoyo que me brindó como becario durante mi estudio en el Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias.

AL DR. PEDRO SÁNCHEZ PEÑA

Mi más grande agradecimiento y respeto por la calidad de persona que es, ya que no dudó en brindarme su amistad y dado la oportunidad de realizar esta investigación bajo su asesoría también dedicarme de su valioso tiempo, así como a la vez brindarme consejos.

A LOS ASESORES

M.C. Valeria Gómez Pérez, Dr. Saúl Parra Terraza, Dr. Guadalupe Alfonso López Urquídez, Dr. Miguel Ángel Angulo Escalante y personas quienes gracias a su experiencia y asesorías colaboraron para la culminación del presente trabajo.

A MIS PADRES Y HERMANOS

Por ese apoyo incondicional de parte de ustedes y haberme brindado toda su confianza a lo largo de este hermoso ciclo.

A MIS MAESTROS

A todos aquellos que lograron brindar algo en mi formación profesionalmente, por el tiempo que me dedicaron al igual que consejos valiosos a lo largo de todos estos años.

A MIS COMPAÑEROS

A cada uno de ellos que el destino se encargó de poner en mi camino, a los que me ayudaron en algunas situaciones y que les toco convivir conmigo durante las actividades que se nos iban presentando.

DEDICATORIAS

ALEXANDER ORTIZ QUINTERO

A MIS PADRES NAZARIO Y LUZ BERTILA

A ellos primeramente por haberme dado algo muy importante como es la vida, por los consejos que me inculcaron a lo largo de la vida, los pensamientos de salir adelante, por demostrarme el buen camino y su apoyo en todo momento, por su amor, cariño y por ser los mejores padres. Este trabajo va en honor a ustedes dos las personas que más quiero en la vida, gracias.

A ti Nazario en especial porque a pesar de que el destino impidió que estuvieras conmigo, sé que tu alma y espíritu siempre estuvieron cuidándome, te juré que lograría culminar mis estudios y así poder lograr tu sueño. Siempre vivirás en mis pensamientos....

MIS HERMANOS CANDIDO Y XIOMARA

Por superar los obstáculos que la vida nos puso, por cada uno de los triunfos y las derrotas que nos ha tocado vivir como hermanos, y, sobre todo, por ese afecto que siempre me han brindado a lo largo de la vida, uno por ser mi motivación y la otra por qué debo ser yo quien la inspire a lograr cosas como esto.

	CONTENIDO	PAG
ÍNDICE DE CUADROS		VII
ÍNDICE DE FIGURAS		VIII
RESUMEN		IX
ABSTRACT		X
I. INTRODUCCIÓN		1
II. ANTECEDENTES		3
2.1 Importancia económica		4
2.2 Estadísticas de producción de maíz		5
2.2.1 Panorama mundial		5
2.2.2 Panorama nacional		5
2.2.3 Panorama estatal		6
2.3 Importancia social		7
2.4 Importancia alimenticia		7
2.5 Origen y domesticación del maíz		8
2.6 Fenología del maíz		9
2.7 Maíz criollo		10
2.8 Impulso al uso de maíces nativos		11
2.9 El maíz en Sinaloa		11
2.10 Descripción botánica y taxonómica del maíz		12
2.11 Requerimientos edafoclimáticos		14
2.12 Genética del maíz		15
2.13 Caracterización racial del maíz		15
2.14. Caracterización de la diversidad		16
2.14.1 Caracterización morfológica		17
2.14.2 Caracterización molecular		17
2.14.3 Caracterización citogenética		18
2.14.4 Caracterización agronómica		18
2.15 Diversidad del maíz		18
2.16 Diversidad del maíz en México		20
2.17 Diversidad del maíz en Sinaloa		21
III HIPÓTESIS		24
IV OBJETIVOS		25
V MATERIAL Y MÉTODOS		26
5.1 Localización del experimento		26
5.2 Poblaciones evaluadas		26
5.3 Establecimiento de los experimentos		27
5.4 Manejo agronómico		27
5.5 Variables evaluadas		28
5.6 Caracteres vegetativos		28
5.6.1 Altura de planta (ALP)		28
5.6.2 Altura de mazorca (ALM)		29
5.6.3 Número de hojas arriba de la mazorca (NHA)		29
5.6.4 Número de hojas debajo de la mazorca (NHB)		29
5.7 Caracteres de espiga		30
5.7.1 Longitud de la espiga (LOE)		30
5.7.2 Número de espiguillas (NES)		30

5.8	Caracteres de mazorca	30
5.8.1	Longitud de mazorca (LOM)	30
5.8.2	Número de hileras de mazorca (NHM)	30
5.8.3	Diámetro de mazorca (DIM)	31
5.8.4	Peso de mazorca (PEM)	31
5.8.5	Peso de olote (PO)	31
5.8.6	Diámetro de olote (DIO)	31
5.9	Caracteres de grano	32
5.9.1	Grosor de grano (GO)	32
5.9.2	Ancho de grano (ANG)	32
5.9.3	Longitud de grano (LOG)	32
5.9.4	Volumen de grano (VOG)	32
5.9.5	Peso de grano (PEG)	33
5.9.6	Relación grano/olote	33
5.9.7	Rendimiento de grano (REG)	33
5.10	Análisis estadístico	33
VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
VII	CONCLUSIONES	58
VIII	LITERATURA CITADA	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Pág.
1	Fenología del maíz.....	9
2	Clasificación taxonómica del maíz.....	12
3	Cuadrados medios para poblaciones, repetición, ambiente y la interacción ambiente X población.....	35
4	Proporciones de varianzas explicada y acumulada en el sitio de caracterización agro-morfológica en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte de Sinaloa.....	52
5	Variables respuesta de mayor importancia en cada componente principal en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte de Sinaloa.....	53
6	Máximos, Mínimos y Promedios.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
1	Producción mundial de los tres principales cereales.....	4
2	Principales países productores de maíz en toneladas.....	5
3	Principales estados productores de maíz en toneladas.....	6
4	Principales municipios productores de maíz en toneladas.....	7
5	Posible secuencia morfológica evolutiva de la mazorca del teocintle a la mazorca del maíz.....	8
6	Fase vegetativa del maíz (A), etapa reproductiva del maíz: (R1) estado de sedas y grano; (R2) ampollamiento del grano; (R3) grano lechoso; (R4) grano masoso (R5); estado dentado y (R6) madurez fisiológica (B).....	9
7	Planta del maíz.....	12
8	Hojas de la planta del maíz.....	13
9	Flor estaminada (masculina) del maíz.....	13
10	Flor pistilada (femenina) del maíz.....	14
11	Estructura del grano de maíz.....	14
12	Algunas razas reportadas en México (fotografía tomada en el banco de germoplasma de CIMMYT)	16
13	Razas de maíz reportadas en el estado de Sinaloa: Tabloncillo (A), Tuxpeño (B), Tabloncillo Perla (C), Elotero de Sinaloa (D), Blando de Sonora (E), Onaveño (F), Reventador (G), Vandeño (H) y Jala (I).....	23
14	Razas de maíz existentes en Sinaloa: Chapalote (A), Dulcillo del Noroeste (B), Bofo (C), Ratón (D) y Ancho (E).....	23
15	Ubicación del campo experimental de la Facultad de Agronomía.....	27
16	Altura de planta (ALP) y mazorca (ALM), así como número de hojas arriba (NHA) y bajo (NHB) de la mazorca principal.....	29
17	Longitud de espiga (LOE) y número de espiguillas (NES).....	30
18	Longitud de la mazorca (A), número de hileras de la mazorca (B), diámetro de mazorca (C), peso de mazorca (D), peso de olote (E) y diámetro del olote (F).....	31
19	Grosor (A), ancho (B) y longitud del grano (C) de maíz	32
20	Forma de evaluar volumen (A) y peso (B) de grano de maíz.....	33
21	Comparación de medias para la variable altura de mazorca.....	36
22	Comparación de medias para la variable altura de planta.....	37
23	Comparación de medias para la variable número de hojas bajo la mazorca.....	37
24	Comparación de medias para la variable número de hojas arriba de la mazorca.....	38
	Comparación de medias para la variable longitud de la espiga.....	39
26	Comparación de medias para la variable número de espiguillas.....	39
27	Comparación de medias para la variable peso de mazorca.....	40
28	Comparación de medias para la variable número de hileras de mazorca.....	41
29	Comparación de medias para la variable longitud de mazorca.....	41
30	Comparación de medias para la variable diámetro de mazorca.....	42
31	Comparación de medias para la variable grosor de grano.....	43
32	Comparación de medias para la variable diámetro de olote.....	43
33	Comparación de medias para la variable peso de olote.....	44

34	Comparación de medias para la variable ancho de 10 granos.....	45
35	Comparación de medias para la variable largo de 10 granos.....	45
36	Comparación de medias para la variable volumen de 100 granos.....	46
37	Comparación de medias para la variable peso de grano.....	47
38	Comparación de medias para la variable rendimiento de grano.....	47
39	Comparación de medias para la variable relación grano/olote.....	48
40	Comparación de medias para la variable días a floración femenina.....	49
41	Comparación de medias para la variable días a floración masculina.....	49
42	Dendograma de las 90 poblaciones evaluadas.....	55

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, tiene relevancia alimentaria, cultural y económica. México es considerado el centro de diversificación del maíz debido a la gran variedad de razas y colores existentes. La caracterización es un parámetro en la evolución génica y en el planteamiento de estrategias de conservación. El patrimonio fitogenético tiene un importante valor cultural y económico en maíz (*Zea mays* L.) por su propósito estratégico alimentario. El objetivo de esta investigación fue conocer antecedentes de manejo y caracterizar poblaciones nativas de maíces criollos. La metodología de este trabajo consistió en caracterizar 90 poblaciones de maíces criollos del estado de Sinaloa. El trabajo se estableció en dos lugares: a) el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa en un campo del municipio de Navolato Sinaloa, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2020-2021. En ambos lugares se utilizó un diseño experimental latice simple 9 x 10. Se evaluaron 20 variables respuesta, encontrándose, que, entre todas las poblaciones en los dos ambientes, hubo diferencias estadísticas significativas; el factor repetición no tuvo diferencias significativas en 8 de las 20 variables evaluadas. Las poblaciones más sobresalientes fueron la 33 con los promedios más altos en 8 de las 20 variables y la población 36 con los promedios altos en 6 de las 20 de las variables evaluadas. La población menos sobresaliente fue la 235 con los promedios más bajos en 11 de las 20. La población con mayor rendimiento fue la 33. Los tres primeros componentes explicaron el 76.56 % de la variación existente en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte del estado de Sinaloa.

ABSTRACT

Corn is one of the most important cereals in the world, it has food, cultural and economic importance. Mexico is considered the center of corn diversification due to the great variety of existing races and colors. Characterization is a parameter in gene evolution, and in the planning of conservation strategies. The phylogenetic heritage has an important cultural and economic value in corn (*Zea mays* L.) for its strategic feeding purpose. The objective of this study was to know the management antecedents and characterize native populations of creole maize. The methodology of this work consisted of characterizing 90 populations of Creole corn in the state of Sinaloa, the work was established in the experimental field of the Faculty of Agronomy of the Autonomous University of Sinaloa and in a field of the municipality of Navolato Sinaloa, in the cycle agricultural fall-winter 2020-2021. A completely randomized block experimental design was used in both environments. 20 response variables were measured, it was found that all populations infer significant differences in the two environments, the repetition factor did not have significant differences in 8 of the 20 evaluated variables, the environment factor did not have differences in 3 of the 20 evaluated variables. The most outstanding populations were populations 33 which presented the highest averages in 8 of the 20 and population 36 in the variables that registered high averages in 6 of the 20 of the variables evaluated. The least outstanding population was population 235, which presented the lowest averages in 11 out of 20. The population that presented the highest yield was population 33. The first three components explained 76.56% of the variation existing in native corn populations. from the northern part of the state of Sinaloa.

I. INTRODUCCIÓN

Las poblaciones de maíces nativos a través del tiempo han sido la base para la formación de nuevas variedades en el mundo; aun así, no todas son utilizadas para este fin en específico, si bien algunas de ellas pueden tener genes de gran utilidad para diferentes situaciones sin ser explotadas en los programas de mejoramiento genético existentes hoy en día (Castro *et al.*, 2013). Los sistemas de agricultura tradicional existentes juegan un papel de suma importancia para la conservación *in situ*, ya que ayudan en la contribución a la preservación de la diversidad genética del maíz (Machi *et al.*, 2010). La reducción de la biodiversidad genética de maíz está sucediendo en la mayoría de los agroecosistemas existentes en México y algunos otros países, debido, en gran parte, a la modernización que se vive día tras día (Arias *et al.*, 2006). Por tal motivo es necesario encontrar nuevas estrategias para mantener que puedan promover el mantenimiento de toda la diversidad genética y, así mismo, permitir las selecciones dentro de las poblaciones de maíz que tengan el potencial para mejorar la productividad.

México no es solo el centro de origen del maíz, también es el lugar donde se logró domesticar en una gran variedad de ambientes, lo cual ocasionó la gran diversidad que existe en la actualidad, la cual, a su vez, ha sido a través del tiempo la base para una selección inducida por parte de algunos agricultores, en busca de su bienestar, mejorando aspectos como el rendimiento y algunas otras características agronómicas de gran interés. Aunado a esto, el maíz forma parte de la base de alimentación en México, convirtiendo al cultivo como un aspecto de seguridad nacional (González, 2014).

La riqueza genética con la que cuenta el maíz, es una oportunidad para mejorar las variedades cultivadas en diferentes aspectos, tales como resistencia a enfermedades, a estrés hídrico y otros factores climatológicos (Cervantes *et al.*, 1978). El conocimiento de esta diversidad en el maíz, así como la relación de este cultivo desde un punto de vista antropocéntrico, determina qué estrategias de conservación y aprovechamiento seguir (Ortega, 1985).

Sinaloa comenzó a figurar dentro de los estados productores de maíz a partir de que el cultivo fue establecido en grandes extensiones de riego, lugares donde se aplican las tecnologías más sofisticadas y se implementa la siembra de maíces híbridos, con un riesgo potencial por su homogeneidad genética, que puede llegar a ser catastrófico si no se logra incorporar la 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, con los riesgos que esto implica, ya que los maíces nativos que los campesinos cultivan año tras año y cosechan, principalmente para el consumo, corren el riesgo de perderse. Por eso es necesario implementar medidas que permitan conservar su biodiversidad. Para ello es importante caracterizar este recurso. Dentro de este contexto se ubica el presente estudio, en el cual se colectaron poblaciones de maíces nativos y se caracterizaron de forma fenotípica.

II. ANTECEDENTES

El maíz está entre los tres cereales más extensamente cultivados en el mundo, siendo utilizado como alimento del hombre y animales. México se conoce por ser su centro de origen. Los maíces criollos se caracterizan por ser una de las especies domesticadas que han sido seleccionadas y han evolucionado formándose diferentes variedades genéticas, en diferentes condiciones locales con altitud específica, precipitaciones, resistencia a plagas entre otras, dando origen a las razas denominadas criollas (Ramírez, *et al.*, 2007).

Las evidencias indican que México es conocido como el centro de origen del maíz y los criollos son las especies domesticadas que a lo largo del tiempo han sido seleccionadas por los campesinos, lo que ha provocado al mismo tiempo que han tenido una la evolución de esta especie cultivada, manifestándose en una alta diversidad de variedades genéticas. El cultivo de maíz en México cubre alrededor de una superficie aproximadamente de ocho millones de hectáreas, de la cual aproximadamente el 94 % corresponde al ciclo primavera-verano, y el 6 % pertenece al ciclo otoño-invierno. Del total, 88 % de la superficie se siembra de temporal o seco. En muchas regiones de México, algunos agricultores que cultivan el maíz contribuyen en la conservación y generación de la diversidad genética. En la práctica, las variedades locales tradicionales se mantienen al pasarlas de generación en generación. Por otro lado, al seleccionar deliberadamente las semillas, las cuales son más favorables por sus diferentes características, mediante sus variantes que se han ido presentando por selección natural, mutación, introducción, recombinación y aislamiento, llegan a crear nuevos tipos de variedades o razas a través del tiempo (Ortega, *et al.*, 2000).

La mayor parte del área dedicada a los cultivos, es sembrada de maíz; en 2019, en el territorio nacional fueron cultivadas 21 590 574.60 ha con 314 cultivos diferentes (aceituna, maíz, zempoalxochitl, entre otros), y de estas, más de la tercera parte (8 148 008.60 ha) fueron sembradas con maíz (forrajero, grano, palomero y semilla) y, a pesar de que se cosecharon 27,762,480.90 toneladas,

existe un déficit promedio de 10 millones de toneladas de maíz para cubrir el requerimiento nacional (SIAP, 2022).

El maíz juega un papel muy por sus múltiples usos, de los cuales se tienen los siguientes: producto básico para la alimentación humana, forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y para la producción de etanol. Sin embargo, la importancia que tiene el cultivo de maíz es tan amplia que se puede agrupar en cuatro apartados, económico, social, cultural y alimenticio (Serratos, 2009).

2.1. Importancia económica

En todo el mundo el cultivo de maíz es de suma importancia en cuanto a los cereales se refiere: su gran diversidad en la distribución de su producción es un gran indicador de su excelente capacidad para poder adaptarse a muchos ambientes, desde el nivel del mar hasta más de 300 metros (AERCA, 1997). En el año 2021, el maíz, ocupó el primer lugar en producción con 1 116,410 000 t, superando al trigo (*Triticum aestivum* L.) 778 600 000 t, y al arroz (*Oriza sativa* L.), con 517 100 000 t (Figura 1).

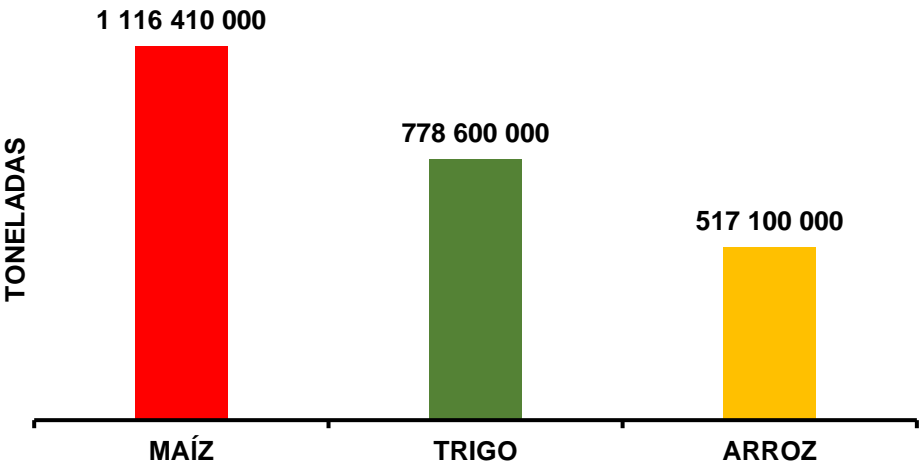


Figura 1. Producción mundial de los tres principales cereales (FAO,2022)

2.2 Estadísticas de producción del maíz

Desde el punto de vista económico se puede visualizar claramente la importancia del maíz si se analizan las estadísticas mundiales, nacionales y estatales.

2.2.1. Panorama mundial

De acuerdo con los datos de la FAO (2022), la producción mundial de maíz en 2019 fue de 1 116 410 00 t durante este año, Estados Unidos fue el principal productor en el mundo con un 32.3 % (360 252 000 t), seguido por China con un 23.3 % (260 670 000 t), mientras que Brasil aportó 9.7 % (109 000 000 t), México contribuyó con el 2.5 % (28 000 000 t). En este contexto México se ubica como el octavo país productor de maíz en el mundo (Figura 2).

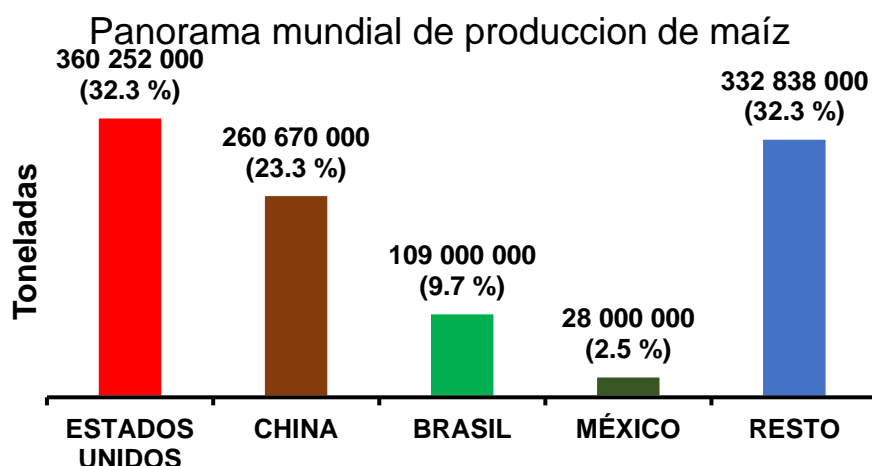


Figura 2. Principales países productores de maíz en toneladas (FAO, 2022)

2.2.2. Panorama nacional

De acuerdo con el SIAP (2022), en el año 2021 en México se cosecharon 21 885 170 t de maíz en una superficie de 7 481 137 ha, siendo Sinaloa el principal estado productor con una contribución del 28.6 % (6 262 799 t), de la producción nacional, seguido por Jalisco que aporta 9.7 % (2,128,284 t), (Figura 3).

Panorama Estatal (Toneladas)

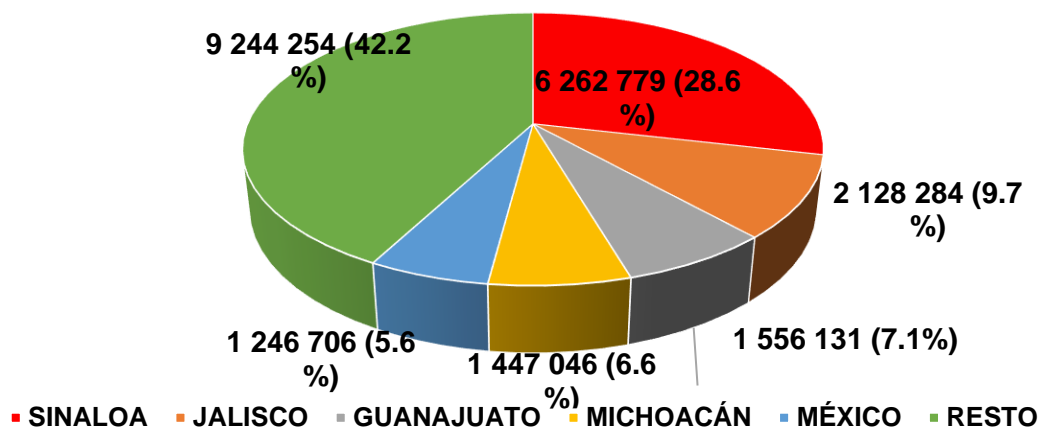


Figura 3. Principales estados productores de maíz en México en toneladas (SIAP, 2022)

2.2.3. Panorama estatal

De acuerdo con SIAP (2022), en Sinaloa cosechó una superficie de 558 078 ha de maíz en el ciclo agrícola 2021. Con una producción total de 6 262 779 t y con rendimientos promedio de 11.2 t ha⁻¹. El municipio de Guasave o fue el principal productor de maíz en Sinaloa, reportando un mayor porcentaje, con 22 % (1 382 577 t) de producción comparado con que aportó un 19.1% (1,196,874 t) seguido por que contribuyeron con 16 %, 13.9 % y 10.5 respectivamente, lo que representa una aportación a la producción estatal de 1 003 496 t, 872 118 t y 657 847 t a la producción estatal respectivamente (Figura 4).

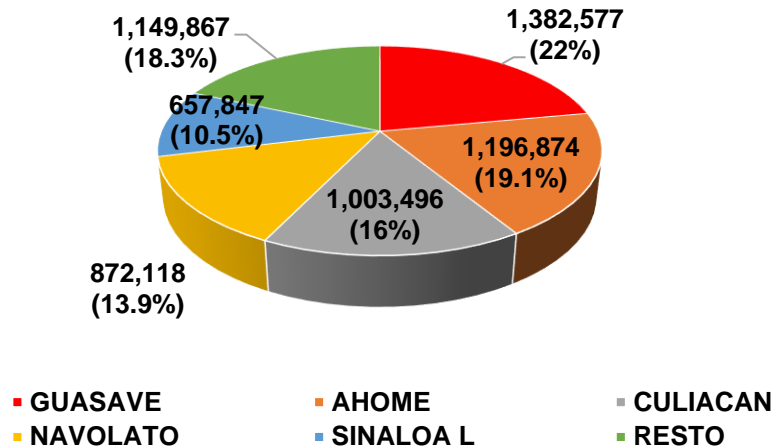


Figura 4. Principales municipios productores de maíz en Sinaloa en toneladas (SIAP, 2022)

2.3. Importancia social

El maíz genera empleos de forma indirecta una vez que proporciona un valor agregado mediante la obtención de diversos. 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).

2.4. Importancia alimenticia

Por su diversidad de usos, el maíz es considerado 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 (Bellos, 2009). México se posiciona en el quinto lugar a nivel mundial entre los más grandes consumidores de este cereal, y es el país donde más del 70 % de la producción se utiliza directamente para el consumo humano. Se derivan de este grano más de 600 productos alimenticios (Cabreras y Palacios, 2015). Productos tales 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.

2.5. Origen y domesticación del maíz

El origen del maíz ha sido causa de discusión desde hace mucho tiempo, numerosas investigaciones revelan que esta gramínea tiene su origen en México hace unos 7000 años, como el resultado de la mutación de una gramínea silvestre llamada Teocintle.

El análisis sobre las estructuras intermedias que se llevan a cabo en la progenie de ambos, se sugieren interpretaciones distintas para hablar sobre el origen del maíz (Figura 5). Con ello, previo a los más antiguos estudios arqueológicos realizados en el inicio del siglo XX con relación al maíz, se iniciaron estudios sobre la genética celular del maíz y del teocintle (Kato, 2009). La evidencia más antigua sobre la existencia del maíz, fue encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán, México; pero es posible, que hubiese otros centros secundarios de origen en América (Poliwal *et al.*, 2001).

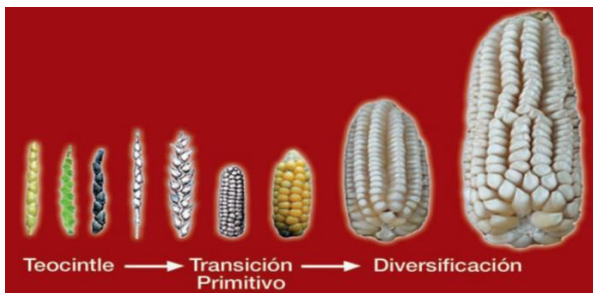


Figura 5. Posible secuencia morfológica evolutiva de la mazorca del teocintle a la mazorca de maíz (Serratos, 2009).

2.6. Fenología del maíz

La fenología del maíz se divide en dos estados, el vegetativo y el reproductivo (INTA, 2012).

Cuadro 1. Fenología del Maíz

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

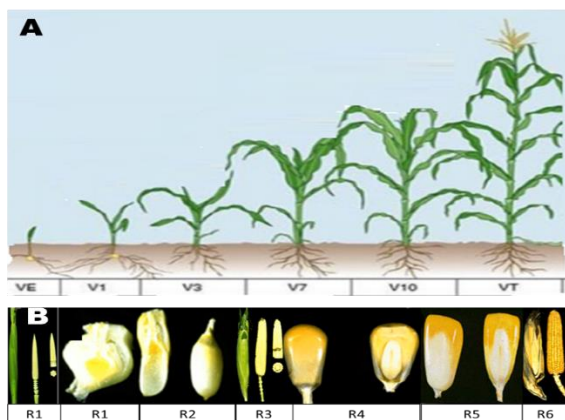


Figura 6. Fase vegetativa del maíz (A), etapa reproductiva del maíz: (R1) estado de sedas y grano; (R2) ampollamiento del grano; (R3) grano lechoso; (R4) grano masoso (R5); estado dentado y (R6) madurez fisiológica (B) (Emerson Nafziger)

2.7. Maíz criollo

El maíz criollo está conformado por una población heterogénea de plantas, las cuales son diferenciadas por los agricultores por su color, textura, forma de grano, forma de la mazorca, ciclo del cultivo, y uso. Asimismo, son materiales que han sido formados por los agricultores y durante muchos años, mediante una selección empírica lo conservan y lo mejoran año con año en un complejo sistema de intercambio de semilla y genes (Aragón *et al.*, 2005).

En México, no obstante, la gran inversión y los muchos años de influencia del mejoramiento formal e introducción masiva de variedades mejoradas de maíz, los agricultores de pequeña escala siguen cultivando las variedades de maíz criollo dirigido a mercados especializados, donde el maíz tiene mejor precio. En México, los productores conservan la diversidad del cultivo por razones sociales, económicas, culturales y ocasiones cuando las variedades locales son superiores que las mejoradas (Bellon, 2004).

Si bien la influencia de las cadenas de semilla explica en parte la no adopción deliberada de seguir sembrando los materiales criollos, hay evidencias del porqué de esta persistencia, que en parte se debe a que existen mercados especializados de maíz que exigen características que solo los maíces criollos poseen (Keleman y Hellin, 2009).

Entre las características físicas que determinan el uso de semillas criollas se tienen las siguientes: poseen mayor capacidad para adaptarse a sequías; se desarrollan en suelos condiciones climáticas térmicas extremas, e incluso son más resistentes a plagas (Perales *et al.*, 2003).

Otros autores (Soleri *et al.*, 2006) señalan que las variedades criollas de maíz requieren menos agroquímicos que las producidas a partir de semillas mejoradas e híbridas, ya que gran parte de su rentabilidad se explica por el uso de los mismos. En el cultivo de maíz en el que se utilizan variedades criollas se requiere mano de obra, menos agroquímicos y poca mecanización. Esta situación prevalece en una cantidad importante de pequeños productores en distintas zonas de México. Sin

embargo, después de muchos años de uso de semilla híbrida, numerosas variedades de maíces criollos han desaparecido.

La diversidad de las poblaciones de maíz ha sido objeto de una intensa investigación, debido a que la adopción generalizada de híbridos está causando la pérdida de la diversidad del maíz presente en las variedades locales (Van Heerwaarden *et al.*, 2009).

2.8. Impulso al uso de maíces nativos

La conservación del germoplasma nativo depende fundamentalmente de la protección que se otorgue a los agricultores en pequeña escala a través de subsidios, asesoría técnica y con programas de desarrollo rural bien planeados y adaptados a las condiciones reales del medio (Kato *et al.*, 2009). Las acciones que se propongan para potenciar el uso de variedades nativas locales deben considerar las barreras propias de la composición y características del grano, las barreras del manejo postcosecha y las de carácter organizacional y económicas (Hellin *et al.*, 2010), además de los factores socioculturales.

2.9. El maíz en Sinaloa

El estado de Sinaloa es caracterizado por el impacto agrícola que tiene a nivel nacional, sin embargo, el cultivo de maíz no siempre ha cubierto grandes superficies en el área de riego. En 1980, en el Estado se sembraron 156 015 ha de maíz y la mayor parte estaba ubicada bajo condiciones de temporal, cubriendo una superficie de 119 114 ha. Esta tendencia se mantuvo hasta el año 1989, con siembras de 92 443 ha, sin embargo, en 1991, la situación cambió paulatinamente, al trasladarse la mayor cantidad de siembra de maíz hacia las áreas de riego y convertir a Sinaloa a partir de 1993 en el principal productor de maíz bajo condiciones de riego (SIAP, 2022). Junto a 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 en 2019 (SIAP, 2022).

2.10. Descripción taxonómica y botánica del maíz

El maíz se puede clasificar de acuerdo con varios criterios, uno de ellos es el botánico (Cabrerizo, 2012), como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Vegetal
Subreino	Embrionata
División	Angiospermae
Clase	Monocotiledoneae
Orden	Poales
Familia	Poaceae o gramineae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i>
Nombre científico	<i>Zea mays</i> L.

Fuente: Cabrerizo (2012)

Según Maroto (1998), el maíz tiene las siguientes características botánicas:

Raíces: Son fasciculadas y su misión es dar anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo (raíces adventicias) y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias.

Tallo: Es simple, erecto en forma de caña y tiene una longitud de hasta 4 metros de altura, además es robusto y sin ramificaciones (Figura 8).

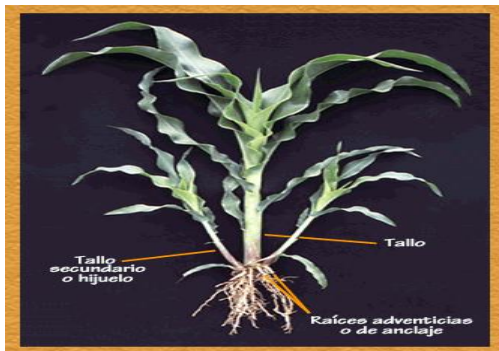


Figura 7. Planta del maíz (Manual-ciclo-del-maíz, 22)

Hojas: Son largas, lanceoladas, alternas, paralelinervias y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Figura 8).

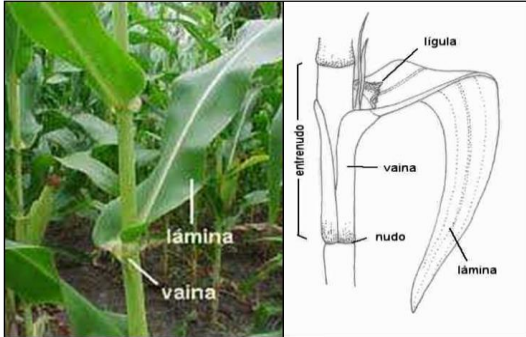


Figura 8. Hojas de la planta de maíz (Manual-ciclo-del-maíz)

Inflorescencia: Es una planta monoica, pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula (denominado espigón o penacho), es de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen (Figura 9). Por su parte, la inflorescencia femenina, cuando ha sido fecundada por los granos de polen, se denomina mazorca. En ella se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje (olote), esta mazorca se está cubierta por hojas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos (Figura 10).



Figura 9.- Flor estaminada (masculina) del maíz



Figura 10.- Flor pistilada (femenina) del maíz

Grano: Es denominado cariósipide, está compuesto por una cubierta dura que recibe el nombre de pericarpio; por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado, etc.), contiene proteínas y en su interior se encuentra el endosperma con el 85-90 % del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula (Figura11).

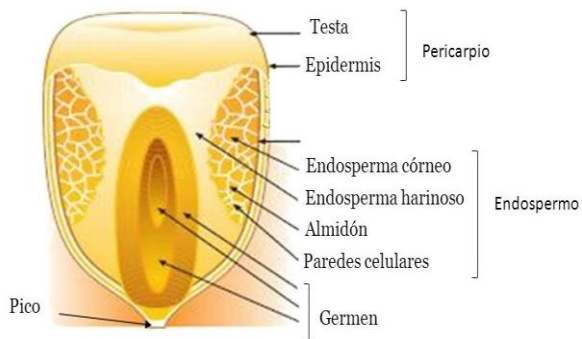


Figura 11.- Estructura del grano de maíz (Maroto, 1998).

2.11. Requerimientos edafoclimáticos del maíz

El maíz se adapta a una amplia variedad de suelos donde se pueden obtener buenas producciones, si se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivos apropiadas. En general, los suelos más adecuados para el cultivo de maíz son de textura franca, franco-arcillosa y franco-limosa (Deras, 2014).

El rango óptimo de pH va de 6.5 a 7.5. Tiene un ciclo vegetativo de 100 a 180 días de acuerdo con la variedad y las condiciones climáticas donde se cultive, el cual puede ser entre los 2200 a 3100 m s.n.m; en un clima templado frío y sub-

calido, requiere de temperaturas de 10 a 20 °C y de bastante luz solar para su crecimiento y desarrollo. (Yanez, *et al.*, 2005).

2.12. Genética del maíz

La planta de maíz de $2n=20$ cromosomas en todas sus células, 10 provinieron del padre y los otros 10 de la madre, los gametos tienen 10 cromosomas; la unión de un núcleo espermático del grano de polen con la oosfera, forma al embrión con 20 cromosomas. La unión del otro núcleo espermático del polen con el núcleo producto de la fusión de los dos núcleos polares que tienen 20 cromosomas, forma al endospermo del grano de maíz que tiene 30 cromosomas ($3n$). Por otro lado, los caracteres del pericarpio no segregan, si el color ya es de herencia maternal y antes de que ocurra la fertilización, el color del pericarpio ya está definido por el genotipo de la planta madre (IICA, 1991).

2.13. Caracterización racial del maíz

Las razas de maíz de México se clasifican en 7 grupos con base en caracteres morfológicos, de adaptación y genéticos (isoenzimas). Las cuales son los siguientes; Grupo Cónico, Grupo Sierra de Chihuahua, Grupo 8 hileras, Grupo Chapalote, Grupo Tropicales precoces, Grupo Dentados tropicales y Grupo Maduración tardía. De las 64 razas que se reportan para México, 59 se pueden considerar nativas y cinco que fueron descritas inicialmente en otras generaciones Cubano Amarillo, del Caribe, y cuatro razas de Guatemala, pero que también se han colectado o reportado en el País (CONABIO, 2012).

Las razas se nombran a partir de diferentes características fenotípicas, como (cónico por la forma de la mazorca), por el lugar o región donde inicialmente fueron colectadas o son relevantes (Tuxpeño de Tuxpan, Veracruz, Chalqueño, típico de Valle de Chalco) o por el nombre en que son conocidos los grupos indígenas o mestizos que la cultivan (CONABIO, 2012). Sin embargo, cada raza puede comprender numerosas variantes, formas de mazorca, color y textura de grano, adaptaciones y diversidad genética.

La caracterización de las colecciones de germoplasma es un paso fundamental dentro del manejo de colecciones, porque permiten conocer, depurar u organizar las semillas 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 han realizado estudios básicos de las características para conocer la variabilidad de los rasgos cualitativos o cuantitativos que son más útiles para la descripción (CIMMYT, 1991).



Figura 12. Algunas razas reportadas en México (CIMMYT, 2018).

2.14. Caracterización de la diversidad

La ventaja de la clasificación racial es que la clasificación es cerrada, es decir, primero se conoce toda la diversidad y después esta se divide en razas. Puede haber miles de cultivares nativos y muchos de ellos pueden pertenecer a una sola raza. Pequeñas variaciones distinguen a los cultivares de una sola raza. Muchos caracteres diferencian a las razas.

Teóricamente todos los cultivares nativos pertenecen a alguna de las razas descritas. La evaluación y caracterización de germoplasma son actividades rutinarias en proyectos de investigación que involucran el estudio y la valoración del germoplasma en forma general, el término evaluación se refiere a la definición de

características determinadas por muchos genes (herencia cuantitativa). Mientras que con la caracterización se resaltan las características de herencia mendeliana (Sánchez, 2002). La evaluación y caracterización de las colecciones de germoplasma es un paso fundamental para manejar las colecciones pues, permiten conocer el germoplasma morfológicamente y así poder depurar u organizar los materiales y, sobre todo, identificar genotipos valiosos para ser usados directamente o utilizarlos en programas de mejoramiento genético. Por lo tanto, es vital tener información disponible de cada material, sobre caracteres cualitativos y cuantitativos de importancia actual o futura (Tapia, 1998).

2.14.1. Caracterización morfológica

El análisis de la diversidad existente dentro y entre poblaciones se realiza evaluando las diferencias morfológicas entre los materiales. Estas medidas tienen la ventaja de que son fácilmente realizables, no requieren de un equipo sofisticado y son la apreciación más directa de un fenotipo. Sin embargo, el análisis morfológico debe ser realizado por un experto, ya que los componentes pueden ser modificados por factores ambientales y pueden variar en las diferentes etapas del desarrollo de la planta. El maíz, como otras especies, posee adaptaciones morfológicas en respuesta a las condiciones ambientales donde se desarrolla. Tales adaptaciones, producto de la selección natural, se pueden manifestar en características como: la altura de la planta; el número, tamaño y ángulo de las hojas; y el número de ramificaciones de la espiga (Bolaños y Edmeades, 1993).

2.14.2. Caracterización molecular

La caracterización molecular es una herramienta complementaria a las evaluaciones agro-morfológicas, está constituida por un grupo de técnicas que permiten detectar diferencias a nivel de las secuencias de ADN. Para su estudio genético se utilizan marcadores moleculares (fragmento específico de ADN) que evitan que el efecto del ambiente enmascare la variabilidad, lo cual se conoce como neutralidad de los caracteres moleculares (Yanez, *et al.*, 2003).

2.14.3. Caracterización citogenética

Con los avances científicos han aparecido otros métodos para caracterizar la diversidad vegetal, especialmente en maíz. En este sentido, en las últimas décadas, se han utilizado los caracteres citogenéticos para la caracterización de germoplasma. Los rasgos citogenéticos más comúnmente utilizados son el número de cromosomas y la morfología cromosómica; sin embargo, se pueden evaluar otras características de los cromosomas, por ejemplo, tamaño, posición del centrómero y la presencia de nudos (McClintock *et al.*, 1981).

2.14.4. Caracterización agronómica

La población de individuos que conforman una especie vegetal está en continua interacción dinámica de adaptación con los factores bióticos y abióticos en los que se encuentra. Cada especie adapta la información contenida en su genoma de acuerdo con las necesidades de supervivencia en su entorno. El resultado de esta interacción adaptativa se traduce en la acumulación de la información genética, que, a manera de variantes, las especies guardan entre los miembros de su población. Dicha información se transmite a las subsiguientes generaciones. De esta manera, aunque la población de individuos en una especie comparte características comunes y se pueden cruzar entre ellos, también en cada uno existen muchas variantes individuales. Son caracteres que posiblemente no identifiquen a la población en estudio, pero que son importantes desde el punto de vista agronómico para el mejoramiento genético, siendo el rendimiento una de las características agronómicas de mayor importancia. El objetivo principal de la caracterización agromorfológica es medir la variabilidad genética de una colección mediante el uso de descriptores definidos (Franco e Hidalgo, 2003).

2.15. Diversidad de maíz

La diversidad del maíz puede ser estudiada a nivel de raza, variedad, población, genotipo, etc. Benz (1997) define al concepto raza, como poblaciones cuyas semejanzas entre si son mayores que con las de otras poblaciones, lo cual indica una mayor herencia compartida y un parentesco. Por lo tanto, es un grupo de

individuos relacionados con bastantes características en común que permite su reconocimiento (Hernández, 1987). Por ello se dice que las razas puras son fáciles de distinguirse. No obstante, para poder clasificar por razas, el maíz debe reunir las características genóticas y fenotípicas que el mismo productor mantiene por la insistencia en producir e ir seleccionando de acuerdo con sus formas de consumo. Fernández *et al.*, (2010) señala que esta clasificación se define como un grupo de individuos emparentados entre sí y es una clasificación natural basada en el estudio de la constitución genética integrando el número máximo de datos que permitan ser diferenciados como un grupo, cabe aclarar que dentro de una raza puede haber un alto número de variedades (Reyes, 2005).

Por su parte, el termino variedad se refiere a un grupo de individuos de una especie, con rasgos diferenciales más pequeños que las razas, estos individuos son similares por sus características y comportamiento y pueden distinguirse de otras variedades (Ángeles, 2010). Este concepto puede aplicar a los tipos de maíces que mantienen los campesinos, es decir, variedades nativas y criollas. La primera se refiere a aquellas que se originaron en un lugar específico y ahí evolucionaron y que seguramente no pueden adaptarse fácilmente a otro ambiente, sino que dependen de ciertas condiciones geográficas y climáticas, no puede ser nombrada como criolla, esta puede conservar características específicas (Reyes, 1990). La segunda se refiere a un término campesino que comúnmente se utiliza para referirse a un material nativo de la comunidad, región, estado o país y que se diferencia de un material extranjero, un maíz híbrido o una variedad mejorada, conformada por una población heterogénea de plantas, diferenciadas por los agricultores por su color, textura, forma de grano, forma de la mazorca, ciclo de cultivo y uso (Aragón *et al.*, 2004). Por lo anterior, se dice que las variedades nativas son las que se han desarrollado de forma natural en un espacio determinado, mientras que las variedades criollas son las que en su momento se han cruzado o hibridado de forma natural o con la intervención del ser humano. Por esta razón se dice que son criollas las que generalmente se han estado cultivando y no nativas, ya que se mejoran de manera natural aplicando la selección de las semillas o de forma artificial, siempre y cuando cumpla las condiciones del porcentaje de la constitución genética.

2.16. Diversidad del maíz en México

De acuerdo con 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 del 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).

Las razas de maíz en México se clasifican en 7 grupos con base en caracteres morfológicos, de adaptación y genéticos isoenzimas. Los cuales son los siguientes, Grupo cónico, Grupo sierra de chihuahua, Grupo de 8 hileras, Grupo Chapalote, Grupo tropicales precoces, Grupo dentados tropicales y Grupo maduración tardía. 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, una de ellas Nan Tel de Altura), pero que también se han colectado o reportado en el país (CONABIO, 2012).

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 Tuxpan ,Veracruz; Chacaleño, 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, 1981).

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: los tamaños de la mazorca, del grano y rasgos por el estilo, producto del tipo de

reproducción del maíz y del manejo dado por los campesinos, ocasionando que las poblaciones posean combinaciones de diferentes razas (Sánchez, 2011).

Los estudios de la enorme diversidad racial de maíz (*Zea mays* L.) en México están orientados a conocerla, ampliarla o precisarla. Hasta ahora, el estudio más destacado por su trabajo de exploración y recolección es el realizado por Wellhausen et al. (1951), quienes describieron 25 razas de maíz a partir de su caracterización y distribución geográfica, cuya denominación se tomó de los nombres regionales de recolección. Su clasificación se basó en la morfología de la mazorca y del grano señalada por Anderson y Cutler (1942), y se complementó con características de tipo fenológico, estructuras de la planta y frecuencia diferencial de nudos cromosómicos. Otros estudios están basados en esta clasificación racial, la cual se ha reafirmado con diferentes formas de caracterización.

En algunos estudios de caracterización fenotípica o molecular se han utilizado diversos tipos de información, técnicas de agrupamiento y teorías del origen del maíz (Sánchez y Goodman, 1992); así, se han identificado grupos raciales bien definidos (Sánchez *et al.*, 2000). En muchas regiones de México, los agricultores que cultivan variedades locales o criollas de maíz en forma tradicional, contribuyen a la conservación y a la generación de la diversidad genética *in situ* del cultivo (Bommer, 1991).

Los productores tradicionales mantienen las variedades locales al reproducirlas de una generación a otra (Louette y Smale, 1996) y llegan a formarse nuevos tipos, variedades o razas (Hernández, 1972).

2.17. Diversidad del maíz en Sinaloa

En Sinaloa, la investigación en maíz por parte de organismos estatales se inició en 1962 con el objetivo de determinar las fechas de siembra para el cultivo de maíz en el Valle de Culiacán. En 20 años de investigación, el Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte (CIAPAN) del INIA se enfocó a obtener variedades e híbridos de maíz, y derivaron las variedades V-420 (Perla Mejorada), VS-450 (Costeño Culiacán), VS-453 (Costeño Culiacán Mejorada) y los híbridos H-

451 y H-452 (INIA, 1981). Sin embargo, no se estudió la diversidad de sus maíces nativos. Se ha logrado identificar en el estado la presencia de varias razas de maíz (nueve) en las zonas de temporal (Palacios *et al.* 2008) y una gran diversidad en sus poblaciones (Pineda-Hidalgo *et al.*, 2013). La información hasta el año 2008 indicaba que Sinaloa contiene el 23 % de las razas de maíz de México. Sin embargo, hasta el momento las zonas exploradas cubren regiones accesibles del territorio sinaloense, pero no aquellas zonas que se encuentran adentradas en la sierra y que suelen ser de difícil acceso o de riesgo para la seguridad de los investigadores. Esto ha contribuido a un desconocimiento de la diversidad de maíz en Sinaloa, al igual que en otras regiones (Wellhausen, 1951). Condiciones de temporal el maíz se siembra en 15 de los 18 municipios en los que geográficamente se divide el estado. Los de mayor importancia en cuanto a área sembrada, son: El Rosario, Escuinapa, Mazatlán y Concordia que en conjunto cultivan el 69 % del total de hectáreas sembradas (SIAP 2022). 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, estas pertenecen principalmente a nueve razas, las cuales son: Tabloncillo, Tuxpeño, Onaveño y Jala. Lo anterior, indica que, en Sinaloa, persisten maíces nativos de la mayoría de las razas reportadas en los antecedentes de investigación, pero en algunas razas la frecuencia es demasiado baja como es el caso de las razas Reventador, Onaveño Vandefío. Otras, están prácticamente desaparecidas, como es el caso de la raza Chapalote, Dulcillo y Bofo. No obstante que el último reporte de la diversidad racial de maíz en Sinaloa menciona la existencia de nueve razas, confirmar que en el estado de Sinaloa existen también la raza Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Bofo, Ratón y Ancho, colectadas y conservadas (in situ y ex situ) en investigaciones realizadas por la Universidad Autónoma de Sinaloa (Morales, 2012) (Figura 14).

Sin embargo, el estudio más reciente de clasificación de la CONABIO reporta la existencia de 16 grupos raciales y uno no bien definido para el estado de Sinaloa:

Tabloncillo, Tuxpeño, ND, Tabloncillo Perla, Blando, Chapalote, Elotero de Sinaloa, Reventador, Dulcillo del Noroeste, Onaveño, Vandeño, Conejo, Bofo, Celaya, Cubano Amarillo, Dulce y Jala (Serratos, 2012).

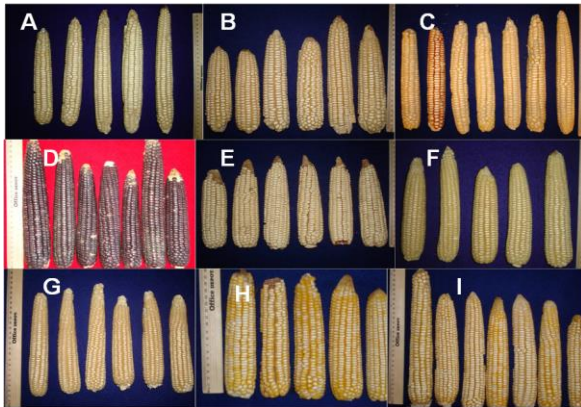


Figura 13. Razas de maíz reportadas en el estado de Sinaloa: Tabloncillo (A), Tuxpeño (B), Tabloncillo Perla (C), Elotero de Sinaloa (D), Blando de Sonora (E), Onaveño (F), Reventador (G), Vandeño (H) y Jala (I) (Gómez, 2019).



Figura 14. Razas de maíz existentes en Sinaloa: Chapalote (A), Dulcillo del Noroeste (B), Bofo (C), Ratón (D) y Ancho (E) (Gómez 2019)

III. Hipótesis

Existen diferencias significativas desde el punto de vista agro-morfológico en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte del Estado de Sinaloa.

IV. Objetivos

Objetivo general

Medir la variabilidad genética de poblaciones de maíz nativas de los municipios de Badiraguato y el Fuerte, Sinaloa, México mediante el uso de descriptores definidos

Caracterizar agro morfológicamente *ex situ* las poblaciones de maíces nativos de los municipios de Badiraguato y El Fuerte, Sinaloa, México.

Objetivos específicos

1. Evaluar el comportamiento *ex situ* de poblaciones de maíces nativos de los municipios de Badiraguato y el Fuerte, Sinaloa.
2. Evaluar la variabilidad fenotípica de maíces nativos de los municipios de Badiraguato y El Fuerte, Sinaloa, mediante el uso de descriptores definidos.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del experimento

Se establecieron dos experimentos, el primero se estableció el 05 de diciembre del 2019 en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en la carretera Culiacán-Eldorado km 17.5, con coordenadas geográficas de 24° 37' 29" N y 107° 26' 36" O (Figura 12) y una altitud de 38 m. El suelo es vertisol, de color gris oscuro cuando está seco y gris al humedecerse, con un drenaje superficial regular. La capacidad de campo del suelo es de 64 % y el punto de marchitamiento permanente de 39 %, por lo que la humedad aprovechable es de 25 %, con base en el peso de suelo seco. Su contenido de materia orgánica es menor a 1 %; con menos de 0.002 % de nitrógeno, alrededor de 17.5 y 300 mg kg⁻¹ de fósforo y potasio, respectivamente; pH entre 7.5 y 8, y conductividad eléctrica menor de 1.0 dS m⁻¹. El clima es BS1 (h') w (w) (e), semi seco, muy cálido, extremosa, temperatura media anual de 25.9 °C, con lluvias en verano y precipitación media anual de 672 mm (INEGI, 2022).

El otro experimento se desarrolló el 14 de noviembre del 2019 en los campos del rancho El Encanto, municipio de Navolato, Sinaloa, ubicado en la carretera Culiacán-Navolato a 5 kilómetros, en dirección Noroeste de la localidad de Navolato, Sinaloa, con coordenadas geográficas de 24° 45' 55" N y 107° 42' 7" O y una altitud de 9 m. Predomina un clima cálido con lluvias en verano, el registro normal climatológico indica que la media anual es de 24° C, la precipitación total anual oscila de los 433.5 a los 511.6 mm (Inafed 2022).

5.2 Poblaciones Evaluadas

Se evaluaron 90 poblaciones de maíz nativo colectadas en 2 municipios (Badiraguato y El Fuerte); las poblaciones de maíces nativos estudiadas, 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 en este caso fueron en las localidades de la sierra de los municipios de Badiraguato y El Fuerte, cada población debe mantener 15 – 25 mazorcas que deben de ser extraídas al azar de

los diferentes tipos de maíces. Estas se extraen una vez iniciada la toma de datos, obtenido 10 plantas azareadas sin tomar en cuenta ningún dato en específico, solo que cuente con los requerimientos para ser tomada en cuenta (poder tomar todos los datos requeridos).

5.3 Establecimiento de los experimentos

La distribución de los materiales en campo, se realizó usando un diseño experimental látice simple 9 x 10 con dos repeticiones en cada experimento. 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.



Figura 15. Ubicación del campo experimental de la facultad de agronomía

5.4 Manejo Agronómico

En el primer experimento, la preparación del terreno consistió en un subsuelo, dos rastreos cruzados y la marca del surco. La siembra se realizó de forma manual, en seco y la fertilización consistió en la aplicación de 250 unidades de nitrógeno por hectárea, 150 unidades en presiembra y el resto en la cultivada. La fuente de nitrógeno fue amoníaco. Se llevaron a cabo 4 riegos, uno de germinación y tres de auxilio. El control de maleza fue de forma manual. Se aplicó Pounce (Permetrina) para gusano cogollero a una dosis de 10 kg ha⁻¹.

La cosecha se realizó de forma manual en dos etapas. La primera en aquellas plantas que fueron seleccionadas para la obtención de datos vegetativos y la segunda se efectuó en las plantas seleccionadas para obtener los datos de mazorca, olote y rendimiento.

En el experimento desarrollado en Navolato Sinaloa, la siembra manual, el suelo era de conservación, en un sistema de riego por goteo, se le dio solo una aplicación de fertilizante previo a la floración. La cosecha se dio de manera manual en dos etapas, la primera para la toma de datos vegetativos y la segunda para caracteres de productividad.

5.5 Variables evaluadas

Se evaluaron 19 variables respuestas. Estas se dividieron en cinco categorías: a) variables vegetativas, en la que se incluyeron los caracteres altura de planta (ALP), altura de mazorca (ALM), número de hojas arriba de la mazorca (NHA), número de hojas bajo de la mazorca (NHB); b) variables de espiga como longitud de espiga (LES) y número de espiguillas (NES); c) variables de mazorca en las que encontramos, número de hileras de la mazorca (NHM), longitud de mazorca (LOM), diámetro de mazorca (DIM), peso de mazorca (PEM), peso de olote (PEO) y diámetro de olote (DIO); d) variables de grano, como el grosor de 10 granos (GRG), ancho de 10 granos (ANG), longitud de 10 granos (LOG), volumen de 100 granos (VOG) y peso de 100 granos (PEG). Todas estas variables fueron tomadas de manera similar de acuerdo con el procedimiento del CIMMYT/ IBPGR (1991).

5.6 Caracteres vegetativos

5.6.1 Altura de planta (ALP)

Este dato se tomó a partir del punto en que la planta se encuentra en contacto con la superficie del suelo hasta el extremo superior de la espiga y se expresó en centímetros (Figura 16).

5.6.2 Altura de mazorca (ALM)

La altura de mazorca se midió a partir del punto en que la planta se encuentra en contacto con la superficie del suelo hasta el punto donde se ubica la mazorca principal y se expresó en centímetros (Figura 16).

5.6.3 Número de hojas arriba de la mazorca (NHA)

Este dato se tomó contando el número de hojas encontradas por encima de la mazorca principal (Figura 16).

5.6.4 Número de hojas bajo de la mazorca (NHB)

Este dato se tomó contando el número de hojas encontradas por debajo de la mazorca principal (Figura 16).

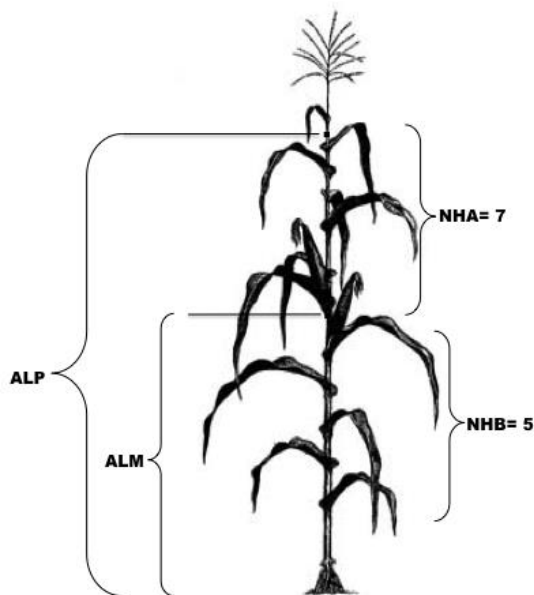


Figura 16. Altura de planta (ALP) y mazorca (ALM), así como número de hojas arriba (NHA) y bajo (NHB) de la mazorca principal

5.7 Caracteres de espiga

5.7.1 Longitud de espiga (LES)

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 (Figura 17).

5.7.2 Número de espiguillas (NES)

Este dato se tomó contando el número de espiguillas encontradas en la espiga (Figura 17).

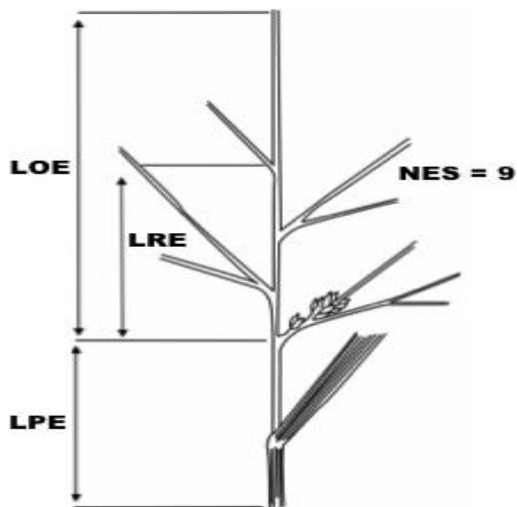


Figura 17. Longitud de espiga (LOE) y número de espiguillas (NES)

5.8 Caracteres de la mazorca

5.8.1 Longitud de mazorca (LOM)

Este dato se tomó a cada mazorca de cada población midiendo en centímetros la distancia desde la base hasta el ápice de la mazorca (Figura 18 A).

5.8.2 Número de hileras de la mazorca (NHIM)

Este dato se tomó contando el número de hileras (carreras de granos) encontradas en la mazorca (Figura 18 B).

5.8.3 Diámetro de mazorca (DIM)

El diámetro de la mazorca se tomó de la parte central de la mazorca de cada población, para ello se utilizó un vernier digital y se expresó en milímetros (Figura 1 C).

5.8.4 Peso de mazorca (PM)

El peso de la mazorca se tomó pesando individualmente cada mazorca y se expresó en gramos (Figura 18 D).

5.8.5 Peso de olote (PO)

Este dato se tomó pesando cada olote y se expresó en gramos (Figura 18 E).

5.8.6 Diámetro del olote (DIO)

Este dato se tomó de la parte central del olote con un vernier digital y se expresó en milímetros (Figura 18 F).



Figura 18. Longitud de la mazorca (A), número de hileras de la mazorca (B), diámetro de mazorca (C), peso de mazorca (D), peso de olote (E) y diámetro del olote (F)

5.9 Caracteres del grano

5.9.1 Grosor de grano (GRG)

Se tomó de la parte central de la mazorca, para ello se dejaron diez granos tal y como están insertados en la mazorca y utilizando un vernier digital se obtuvo el dato del grosor en milímetros (Figura 20 A).

5.9.2 Ancho de grano (ANG)

Utilizando los mismos 10 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 20 B).

5.9.3 Longitud de grano (LOG)

Se utilizaron los mismos 10 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 20 C).

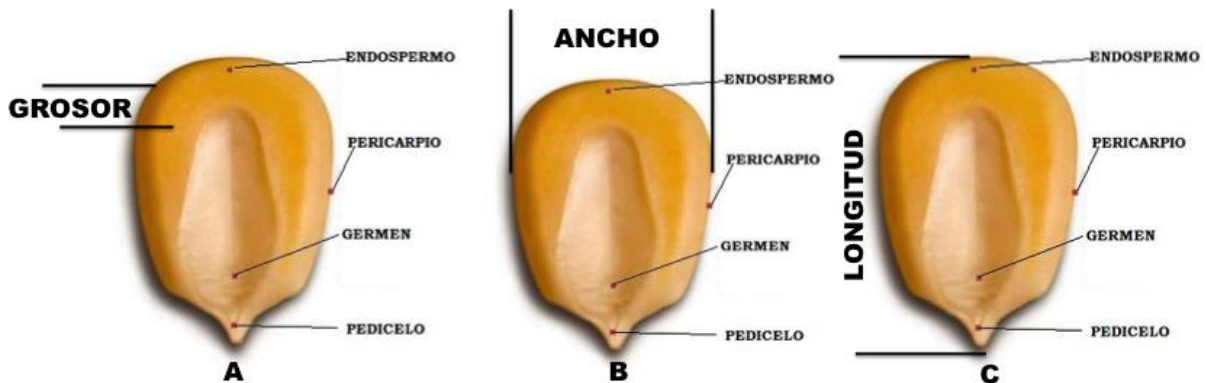


Figura 19. Grosor (A), ancho (B) y longitud del grano (C) de maíz

5.9.4 Volumen de granos (VOG)

Se tomó utilizando 100 granos provenientes de cada mazorca evaluada individualmente, se colocaron los granos en una probeta graduada y el volumen ocupado por los mismos, se expresó en milímetros (Figura 21 A)

5.9.5 Peso de grano (PEG)

se tomaron los mismos 100 granos de la variable anterior, se colocaron sobre una balanza digital y el dato se registró en gramos (Figura 21 B).

5.9.6 Relación Grano/olote

Se tomó el dato dividiendo los promedios de las plantas seleccionadas del peso de grano entre el peso de olote.

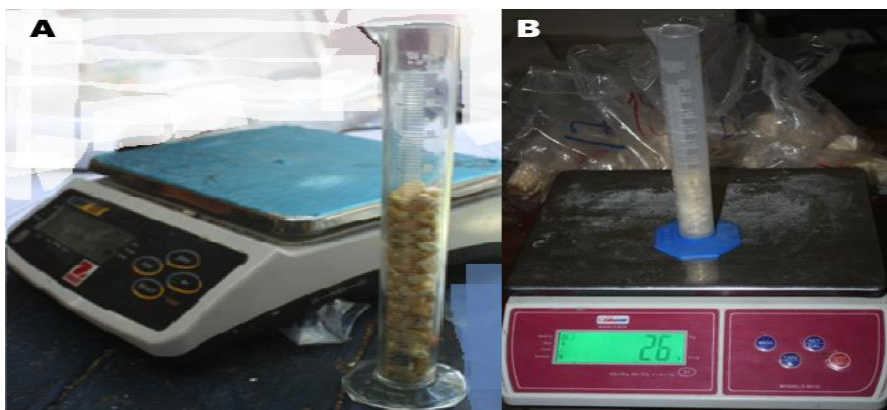


Figura 20. Forma de evaluar volumen (A) y peso (B) de grano de maíz

5.9.7 Rendimiento de grano (REG)

Se obtuvo restando el peso del olote, al peso de mazorca.

5.10 Análisis Estadístico

Con la finalidad de determinar la existencia 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 los programas Office Excel 2007, Xlstat. Adicionalmente, se realizó un análisis de componentes principales con las 19 variables de respuesta que mostraron diferencias significativas entre poblaciones.

VI. Resultados y Discusión

6.1 Resultados

Los resultados muestran que las poblaciones de maíces nativos de la parte norte de Sinaloa se diferencian estadísticamente entre ellas para las variables altura de mazorca, altura de planta, número de hojas arriba y abajo de la mazorca, longitud de espiga, número de espigillas, número de hilas de mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de la mazorca, peso de olote, diámetro de olote, grosor de 10 granos, ancho de 10 granos, largo de 10 granos, rendimiento de grano, relación grano/olote y humedad.

Los datos obtenidos de repetición mostraron diferencias en las variables altura de mazorca, altura de planta, bajo la mazorca, longitud de espiga, diámetro de la mazorca, peso de la mazorca, peso de olote, diámetro de olote, largo de 10 granos, rendimiento de grano y humedad, al encontrarse diferencias significativas en 11 de las 19 variables.

Para ambiente los datos obtenidos mostraron diferencias en las variables, altura de mazorca, altura de planta, número de hojas arriba, bajo la mazorca, número de hilas de mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de la mazorca, peso de olote, diámetro de olote, grosor de 10 granos, ancho de 10 granos, largo de 10 granos, rendimiento de grano, relación grano/olote y humedad, dado que se encontró diferencias significativas en 17 de las 19 variables respuesta.

Finalmente, los datos obtenidos en la interacción ambiente X población mostraron diferencias en las variables altura de mazorca, altura de planta, número de hojas arriba, bajo la mazorca, longitud de espiga, número de espigillas, número de hilas de mazorca, longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso de la mazorca, peso de olote, diámetro de olote, grosor de 10 granos, ancho de 10 granos, largo de 10 granos, rendimiento de grano, relación grano/olote y humedad, dado que se encontró diferencia significativa entre poblaciones para las 19 variables respuesta estudiadas.

Cuadro 3. Cuadrados medios para poblaciones, repetición, ambiente y la interacción ambiente X población, así como la significancia estadística ($p \leq 0.05$, para población, repetición, ambiente e interacción en las diecinueve variables evaluadas en 90 maíces criollos del norte de Sinaloa, México.

Variable Respuesta	Cuadrados Medios				
	Población	Repetición	Ambiente	Interacción Población x Ambiente	Error
Caracteres vegetativos					
Altura de mazorca (cm)	11147.9**	27104.5**	44749.9**	1990.2**	536.8
Altura de planta (cm)	13934.4**	54700.0**	33895.0**	2891.9**	1036.9
Número de hojas arriba de la mazorca	16.4434**	0.3518 ^{ns}	18.1151**	4.4796**	1.2147
Número de hojas bajo la mazorca	2.565**	15.514**	104.683**	1.943**	0.543
Caracteres de espiga					
Longitud de espiga (cm)	416.70**	5105.84**	303.25 ^{ns}	440.01**	106.27
Número de espiguillas	170.538**	2.475 ^{ns}	3.378 ^{ns}	81.692**	27.755
Caracteres de mazorca					
Número de hileras de mazorca	64.273**	0.416 ^{ns}	143.934**	5.123**	2.909
Longitud de la mazorca (cm)	137.242**	4.778 ^{ns}	869.529**	19.566**	8.745
Diámetro de la mazorca (mm)	425.08**	132.82**	1108.51**	44.50**	16.36
Peso de mazorca (g)	22229**	13675*	3419 ^{ns}	4885**	2523
Peso de olote (g)	1100.3**	689.6**	13609.1**	200.2**	103.5
Diámetro de olote (mm)	168.46**	65.59*	187.65**	21.81**	11.26
Caracteres de grano					
Grosor de 10 granos (mm)	253.18**	78.07 ^{ns}	79.76 ^{ns}	47.42**	26.18
Ancho de grano (mm)	1635.49**	127.89 ^{ns}	2427.24**	229.80**	90.91
Longitud de grano (mm)	1396.6**	2032.8**	9577.3**	269.0**	110.9
Caracteres de productividad					
Rendimiento de grano (g)	14294**	10854**	26973*	4184**	1995
Relación grano/olote	9.702**	3.441 ^{ns}	109.375*	8.944**	8.095
Días Flor. Femenina	65.9*	4.9*	10780.3**	14.1*	179
Días Flor. Masculina	66**	10*	11155.6**	13.1*	179

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

6.2. Análisis de comparación de medias

Al analizar el comportamiento de cada una de las variables, se encontró que respecto a la altura de mazorca (ALM), las poblaciones 188,33,36.41 y 31, fueron las que presentaron los promedios más altos (180.148,173.528,173.128, 171.412,170.225) centímetros respectivamente, las poblaciones, 177, 206, 213, 48, y 38, fueron las que presentaron promedios intermedios (147.837, 146.788, 146.225, 145.259 y 144.725) centímetros respectivamente, las poblaciones 235, 292, 290, 207 y 192, presentaron los promedios más bajos (105.067, 102,611, 100.437, 100.226 y 97.858) centímetros respectivamente, (Figura 22).

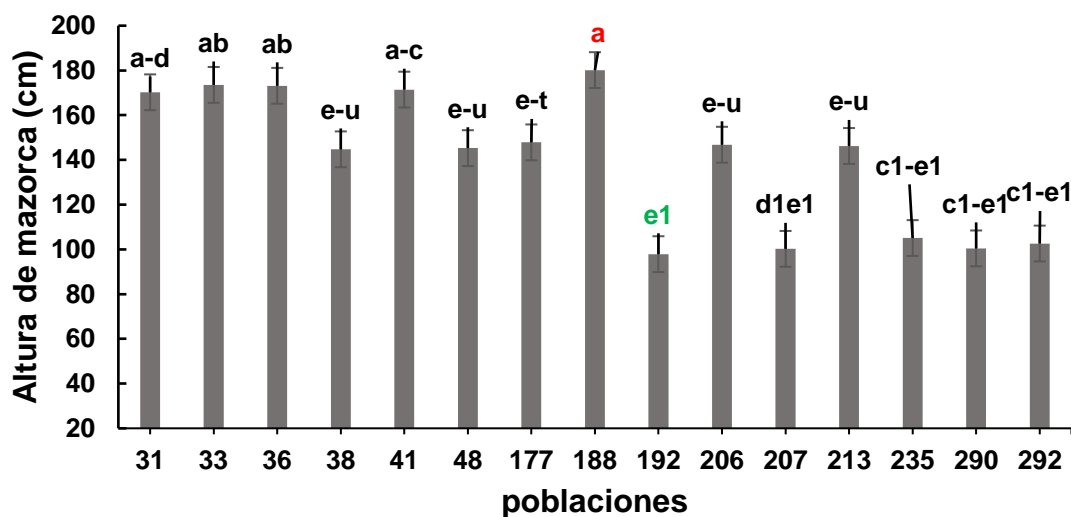


Figura 21. Comparación de medias para la variable altura de mazorca

Para la variable altura de planta (ALP) se encontró que las poblaciones, 33,36,188,31 y 37, fueron las que presentaron promedios más altos (335.886, 332.325, 327.698, 325.722, 323.250) centímetros respectivamente, las poblaciones, 227, 46, 47, 48 y 222, fueron las que presentaron promedios intermedios (292.058, 291.818, 291.447, 291.253, 291.144) centímetros respectivamente, en las poblaciones, 235, 291, 203,292 y 290, presentaron los promedios más bajos (248.749, 248.301, 243.487, 237.578 y 236.162 centímetros respectivamente) (Figura 23).

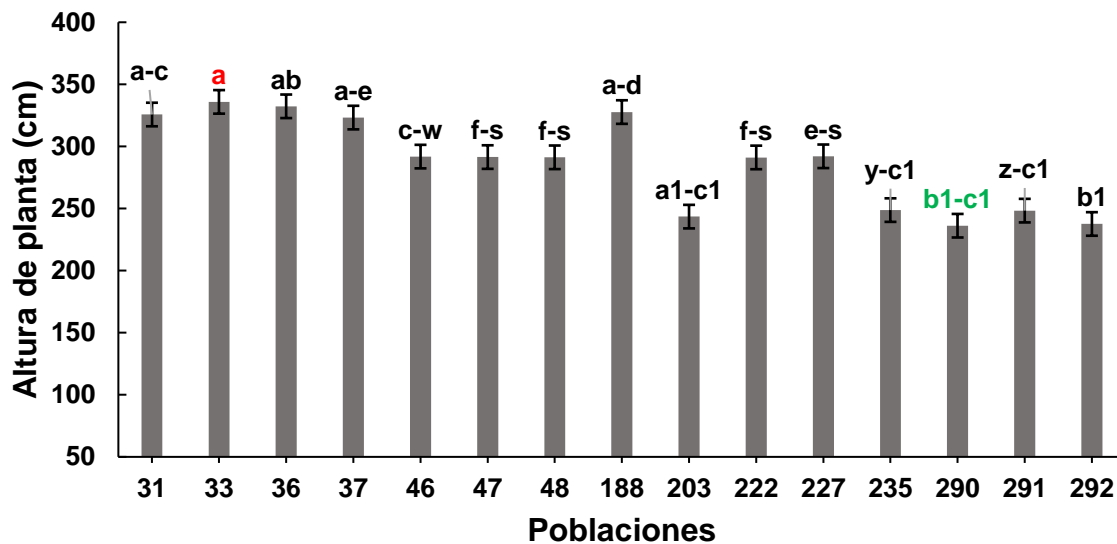


Figura 22. Comparación de medias para la variable altura de planta

En la variable número de hojas bajo la mazorca (NHB) se encontró que las poblaciones, 32, 231, 36, 48 y 190, fueron las que presentaron mayores promedios (6.222, 6.207, 6.192, 6.071 y 6.025), las poblaciones, 186, 220, 30, 193 y 227, con los promedios intermedios (5.469, 5.467, 5.459, 5.458 y 5.454), las poblaciones, 207, 219, 24, 212 y 178, presentaron los promedios más bajos (5.072, 5.068, 5.034, 5.001, 4.903) (Figura 24).

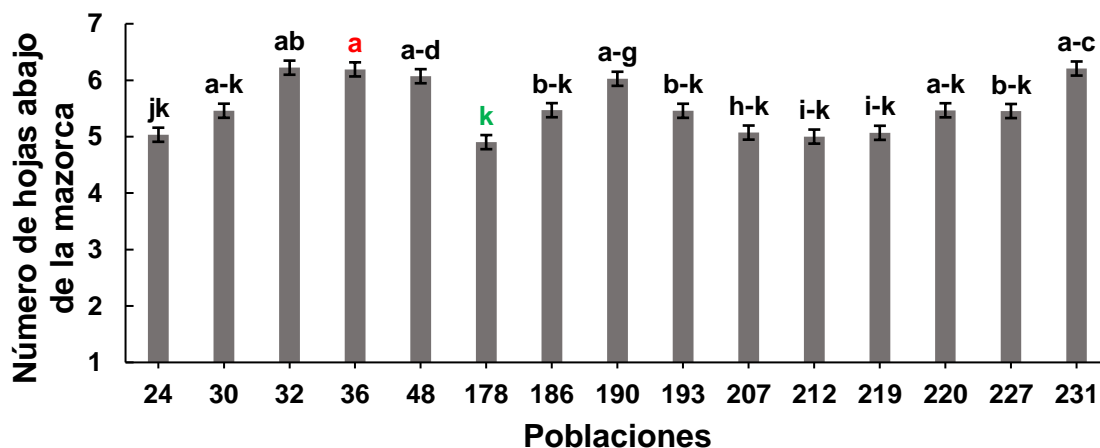


Figura 23. Comparación de medias para la variable Número de hojas bajo la mazorca

Con respecto a la variable número de hojas arriba de la mazorca (NHA) se encontró que las poblaciones, 188, 216, 195, 186 y 193, fueron las que presentaron los promedios más altos (8.674, 8.375, 8.366, 8.264 y 8.190), las poblaciones, 199, 19, 30, 233 y 222, presentaron los promedios intermedios (7.175, 7.150, 7.106, 7.056 y 7.048), en contraste las poblaciones, 178, 292, 212, 207 y 235 los promedios más bajos (5.733, 5.652, 5.637, 5.270 y 4.955) (Figura 25).

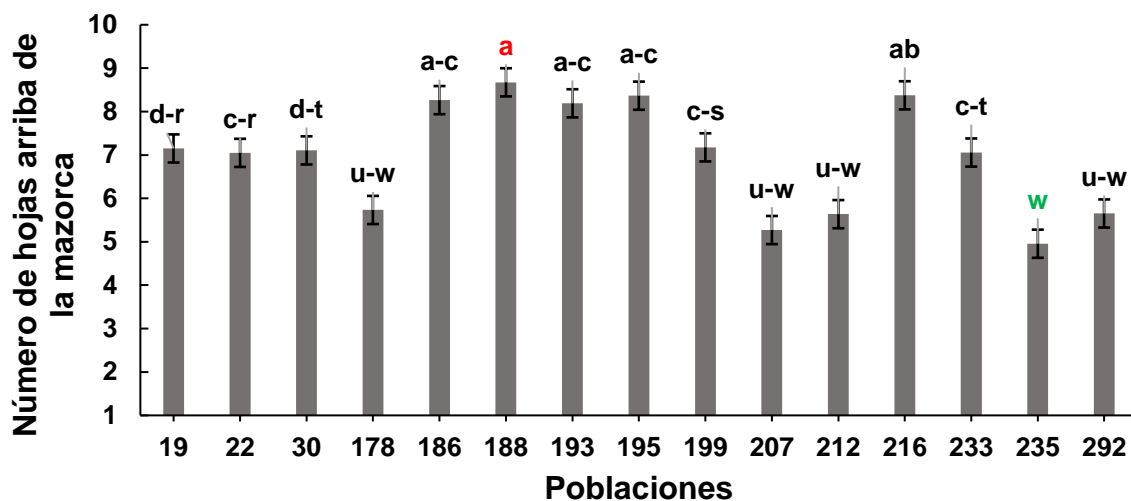


Figura 24. Comparación de medias para la variable Número de hojas arriba de la mazorca

Respecto a la variable longitud de la espiga (LOE) se encontró que las poblaciones, 21, 44, 222, 207 y 228, presentaron las espigas más grandes (61.275, 58.868, 58.246, 58.176 y 58 cm respectivamente). Las poblaciones, 30, 231, 195, 41 y 230, presentaron los promedios (53.052, 52.754, 52.608, 52.562 y 52.557) centímetros respectivamente, las poblaciones, 226, 211, 31, 181 y 46, presentaron los promedios más bajos (46.301, 46.275, 45.949, 44.539 y 40.711 centímetros respectivamente) (Figura 26).

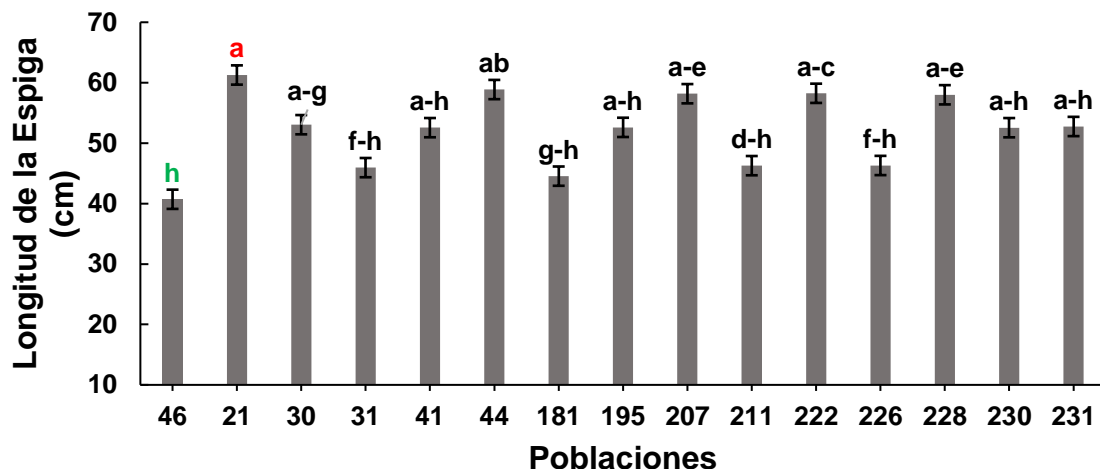


Figura 25. Comparación de medias para la variable longitud de la espiga

En la variable número de espiguillas (NES), las poblaciones, 40, 205, 211, 202 y 233, presentaron los promedios más altos (19.605, 18.608, 18.375, 17.950 y 17.890), las poblaciones, 45, 39, 227, 222 y 177, presentaron promedios intermedios (15.393, 15.160, 15.148, 15.145 y 15.127), las poblaciones, 291, 297, 192, 290 y 292, presentaron los promedios más bajos (8.882, 8.543, 8.366, 7.938 y 6.879) (Figura 27).

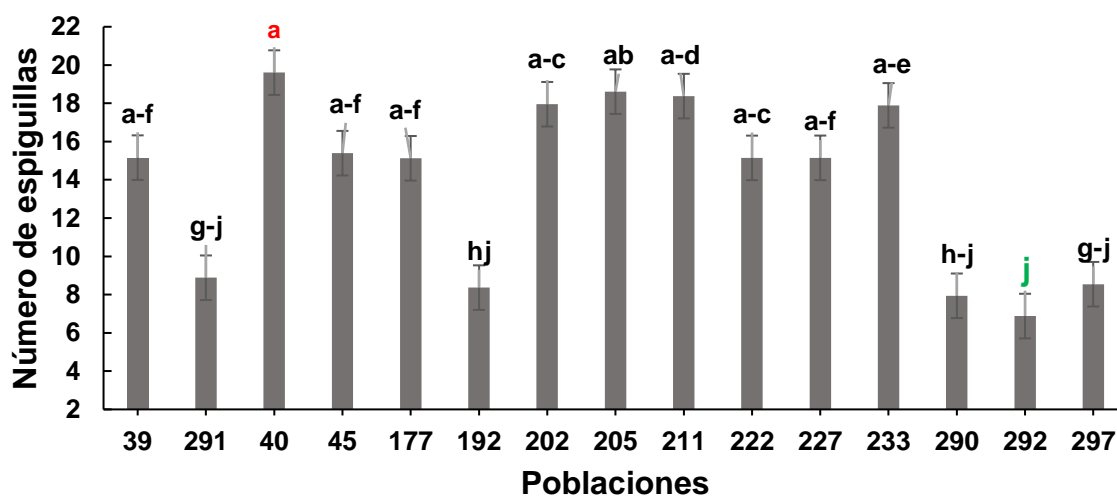


Figura 26. Comparación de medias para la variable número de espiguillas

Para la variable peso de mazorca (PEM) se encontró que las poblaciones, 33, 23, 48, 32 y 27, presentaron promedios más altos (255.044, 245.863, 245.077, 241.491 y 237.750 gramos respectivamente). En los promedios medios se encuentran las poblaciones, 210, 206, 177, 219 y 193, presentaron promedios intermedios (199.087, 198.690, 197.837, 196.013 y 195.965) gramos respectivamente, las poblaciones, 20, 184, 19, 235 y 229, presentaron los promedios más bajos (147.143, 147.04, 145.050, 109.958 y 107.777 gramos respectivamente) (Figura 28).

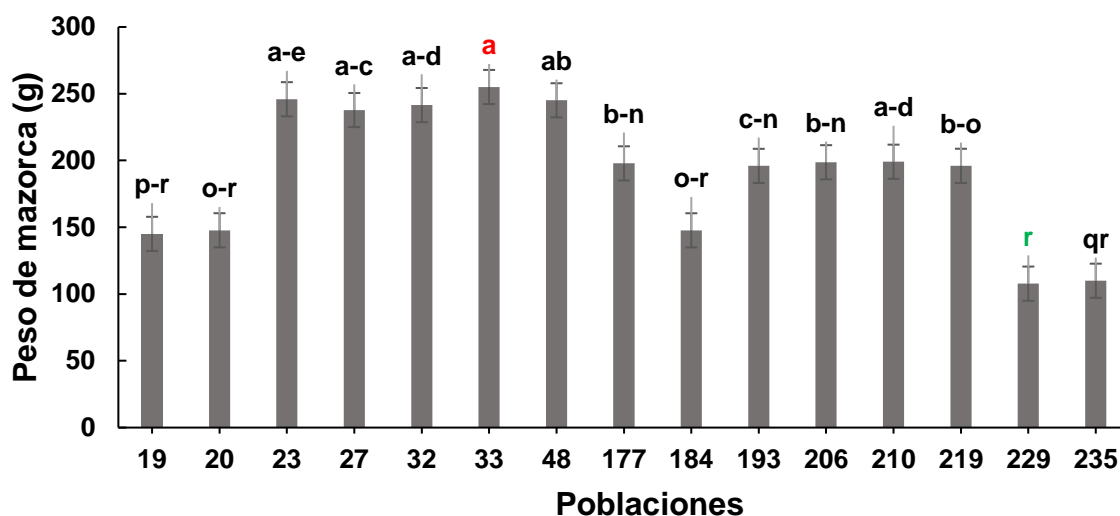


Figura 27. Comparación de medias para la variable peso de mazorca

En la variable número de hileras de mazorca (NHM) se encontró que las poblaciones, 297, 292, 290, 299 y 30, presentaron los promedios más altos (15.803, 15.105, 14.600, 14.313 y 14.285), las poblaciones, 219, 214, 235, 27 y 28, presentaron los promedios intermedios (11.925, 11,848, 11.847, 11.800 y 11.795), las poblaciones, 19, 44, 40 24 y 34, presentaron los promedios más bajos (9.300, 9.263, 9.211, 9.206 y 8.600) (Figura 29).

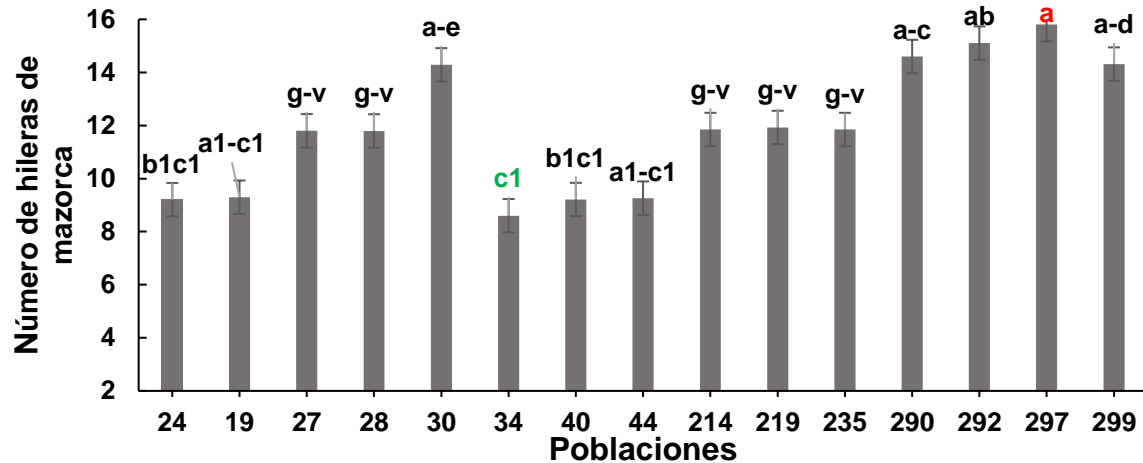


Figura 28. Comparación de medias para la variable número de hileras de mazorca

Con respecto a la variable longitud de mazorca (LOM) las poblaciones, 31, 44, 35, 196 y 36, presentaron los promedios más altos (23.721, 23.632, 22.688, 22.636 y 22.471) centímetros respectivamente, las poblaciones, 237, 232, 217, 206 y 26, presentaron los promedios intermedios (18.083, 17.918, 17.880, 17.690 y 17.686) centímetros respectivamente, las poblaciones, 291, 208, 221, 233 y 229, presentaron los promedios más bajos (15.267, 15.190, 15.159, 15.080 y 13.559) centímetros respectivamente (Figura 30).

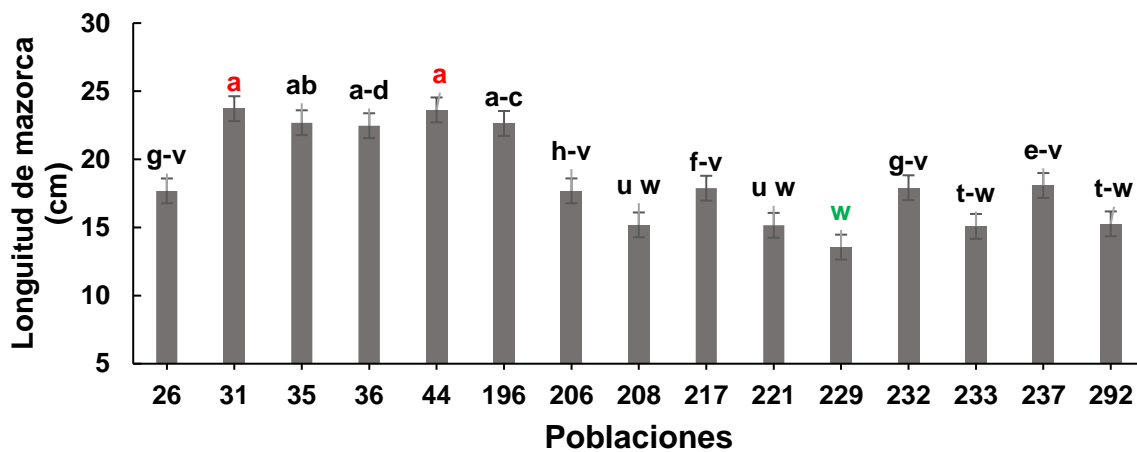


Figura 29. Comparación de medias para la variable longitud de mazorca

Respecto a la variable diámetro de mazorca (DIM) se encontró que las poblaciones, 188, 183, 32, 198 y 205, presentaron los promedios más altos (54.500, 53.647, 53.247, 52.673 y 52.565) milímetros respectivamente, las poblaciones, 292, 46, 180, 211 y 220, presentaron los promedios intermedios (48.736, 48.575, 48.4802, 48.479 y 48.444) milímetros respectivamente, las poblaciones, 20, 184, 19, 229 y 235 con los promedios más bajos (40.065, 39.967, 39.598, 39.535 y 38.790 milímetros respectivamente) (Figura 31).

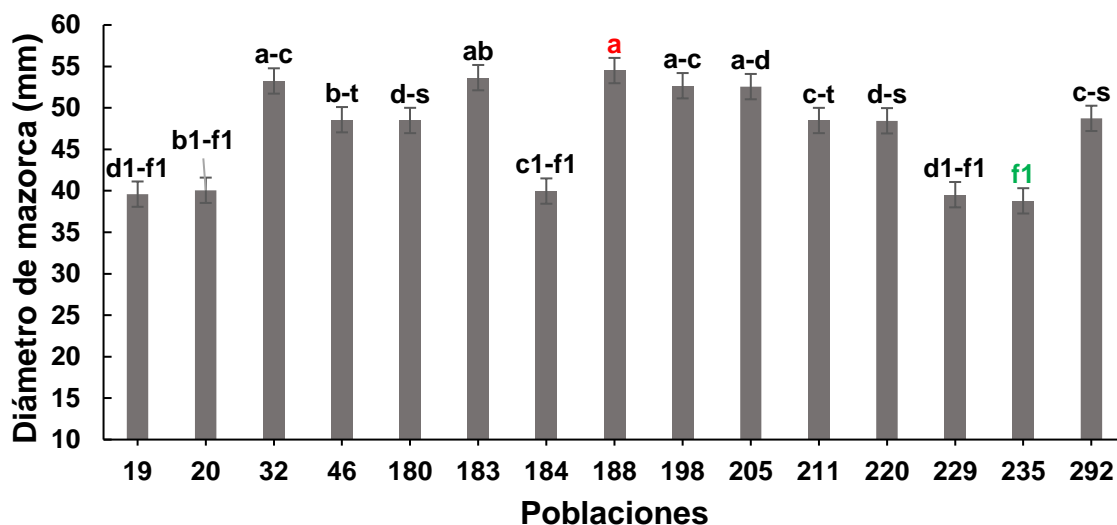


Figura 30. Comparación de medias para la variable diámetro de mazorca

En la variable grueso de 10 granos (G10G), las poblaciones, 192, 35, 34, 44 y 36, presentaron los promedios más altos (51.394, 50.418, 50.400, 50.114 y 50.088) milímetros respectivamente, las poblaciones, 28, 236, 219, 290 y 206, presentaron promedios intermedios (44.311, 44.299, 44.294, 44.254 y 44.211) milímetros respectivamente, las poblaciones, 291, 297, 192, 290 y 292, presentaron los promedios más bajos (41.065, 40.990, 40.915, 40.502 y 36.325 milímetros respectivamente) (Figura 32).

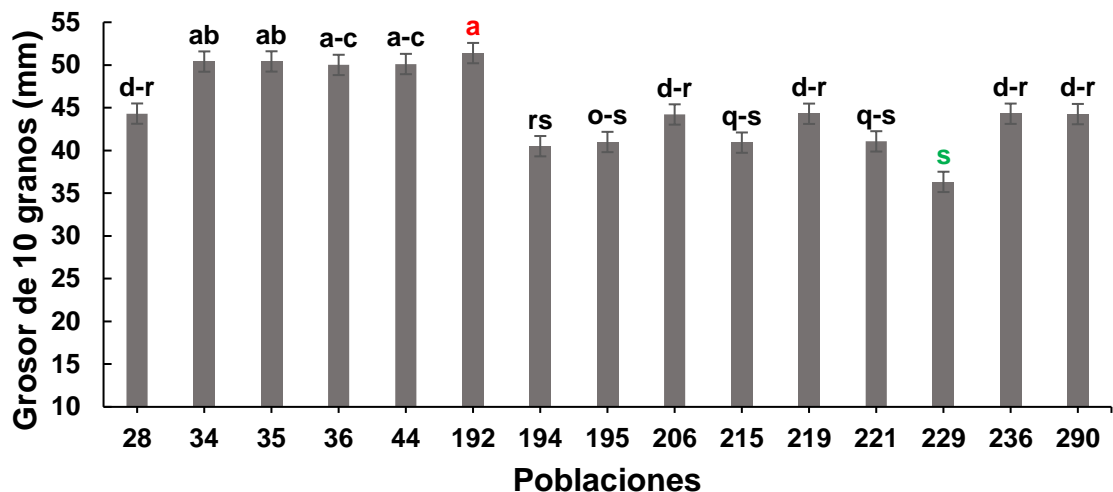


Figura 31. Comparación de medias para la variable grosor de grano

Para la variable diámetro de olote (DIO), las poblaciones, 188, 32, 175, 27 y 198, presentaron promedios más altos (33.531, 33.446, 32.783, 33.360 y 32.264) milímetros respectivamente, las poblaciones, 195, 202, 194, 208 y 200, presentaron los promedios intermedios (29.736, 29.726, 29.715, 29.627 y 29.433) milímetros respectivamente, las poblaciones, 19, 235, 184, 20 y 229, presentaron los promedios más bajos (24.447, 24.409, 24.297, 24.085 y 21.530) milímetros respectivamente, (Figura 33).

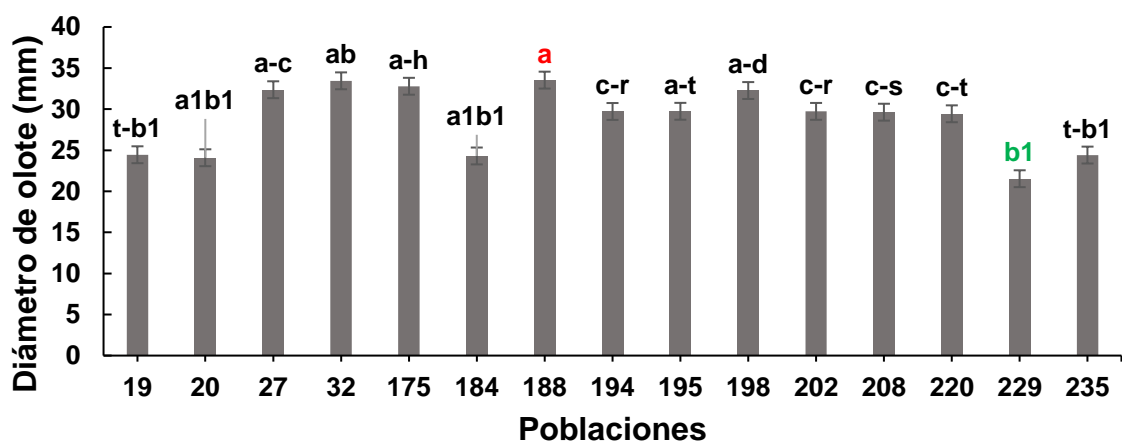


Figura 32 Comparación de medias para la variable diámetro de olote

En la variable peso de olote (PEO) las poblaciones, 32, 33, 23, 27 y 48, presentaron los promedios más altos (50.385, 49.196, 48.850, 44.850 y 44.076) gramos respectivamente, las poblaciones, 199, 24, 190, 45 y 221, presentaron los promedios intermedios (34.560, 34.326, 34.315, 34.060 y 33.918) gramos respectivamente, las poblaciones, 292, 39, 20, 235 y 229, presentaron los promedios más bajos (24.846, 24.524, 24.118, 18.413 y 13.853) gramos respectivamente, (Figura 34).

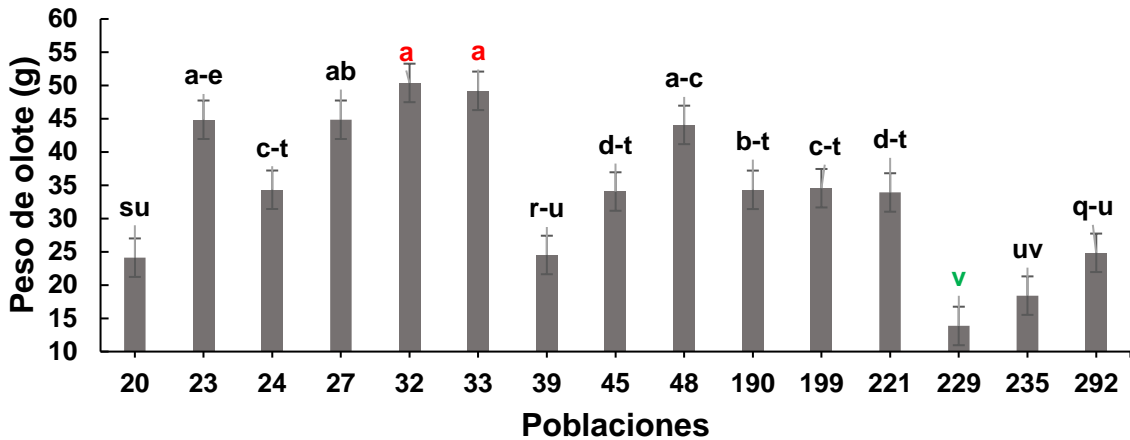


Figura 33. Comparación de medias para la variable peso de olote

Con respecto a la variable ancho de 10 granos (ANG) las poblaciones, 34, 40, 33, 44 y 36, presentaron los promedios más altos (122.909, 188.721, 118.181, 166.761 y 166.745) milímetros respectivamente, las poblaciones, 215, 231, 236, 208 y 177, presentaron los promedios intermedios (104.269, 104.129, 103.966, 103.755 y 103.604) milímetros respectivamente, las poblaciones, 290, 235, 21, 229 y 297, presentaron los promedios más bajos (91.754, 89.966, 87.822, 87.751 y 86.945) milímetros respectivamente, (Figura 35).

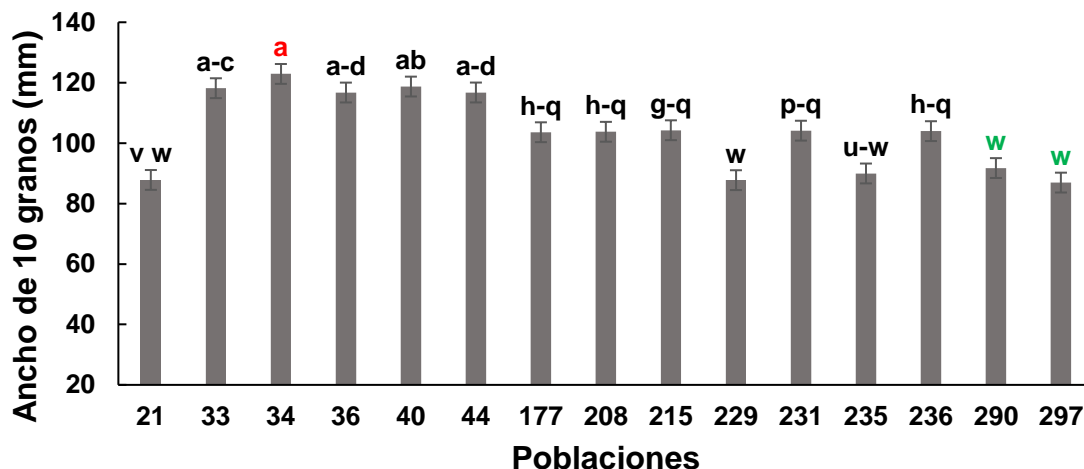


Figura 34. Comparación de medias para la variable ancho de 10 granos

Respecto a la variable largo de 10 granos (LOG) las poblaciones, 233, 205, 193, 215 y 32, presentaron los promedios más altos (131.971, 131.461, 131.381, 131.111 y 130.204) milímetros respectivamente, las poblaciones, 41, 180, 227, 40 y 199, presentaron los promedios intermedios (123.556, 123.394, 123.155, 123.053 y 123.020) milímetros respectivamente, las poblaciones, 182, 19, 221, 184 y 235, los promedios más bajos (111.695, 105.965, 105.917, 105.419 y 96.792) milímetros respectivamente, (Figura 36).

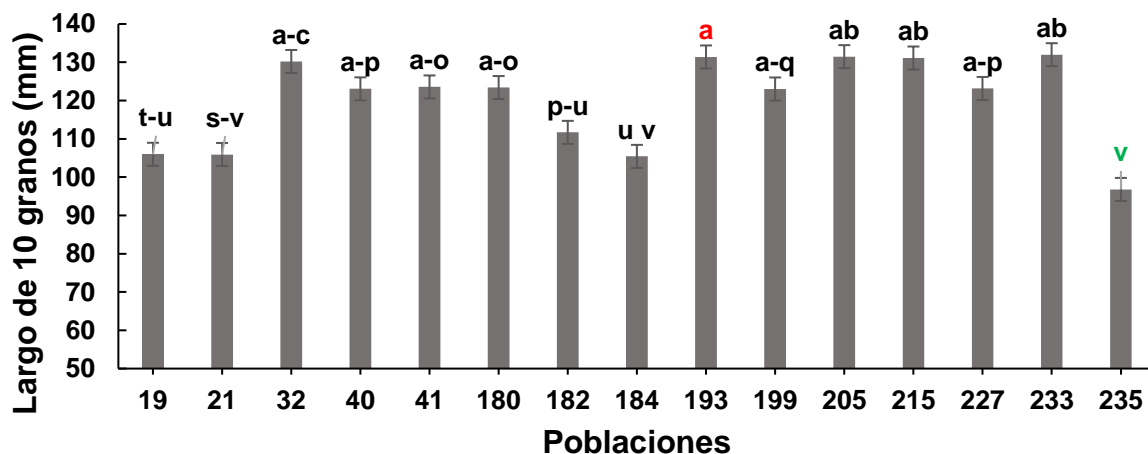


Figura 35. Comparación de medias para la variable largo de 10 granos

Para la variable volumen de 100 granos (VOG) las poblaciones, 33, 34, 36, 40 y 27, presentaron promedios más altos (82.903, 79.275, 75.583, 75.500 y 73.650) mililitros respectivamente, las poblaciones, 214, 223, 186, 233, 206, presentaron promedios intermedios (62.610, 62.338, 62.325, 62.181 y 61.175) mililitros respectivamente, las poblaciones, 20, 19, 229, 21 y 235, presentaron los promedios más bajos (51.566, 48.625, 44.004, 42.450 y 38.056) mililitros respectivamente, (Figura 37).

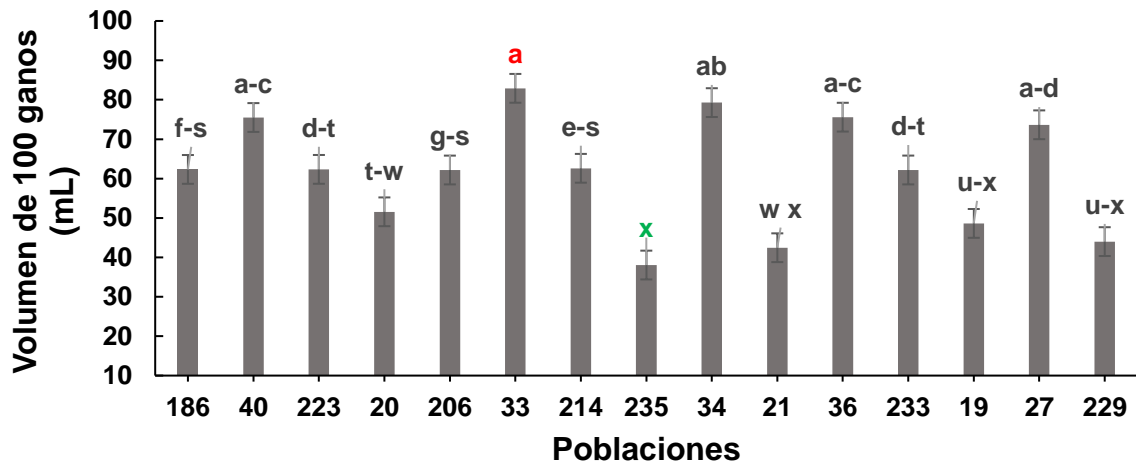


Figura 36. Comparación de medias para la variable volumen de 100 granos

En la variable peso de 100 granos (PEG) las poblaciones, 33, 34, 40, 196 y 36, presentaron los promedios más altos (57.777, 54.550, 52.947, 52.624 y 52.387) gramos respectivamente, las poblaciones, 227, 192, 209, 191 y 215, presentaron los promedios intermedios (44.764, 44.719, 44.581, 44.518 y 44.507) gramos respectivamente, las poblaciones, 2197, 19, 235, 21 y 229, presentaron los promedios más bajos (36.674, 36.575, 33.488, 32.475 y 32.263) gramos respectivamente, (Figura 38).

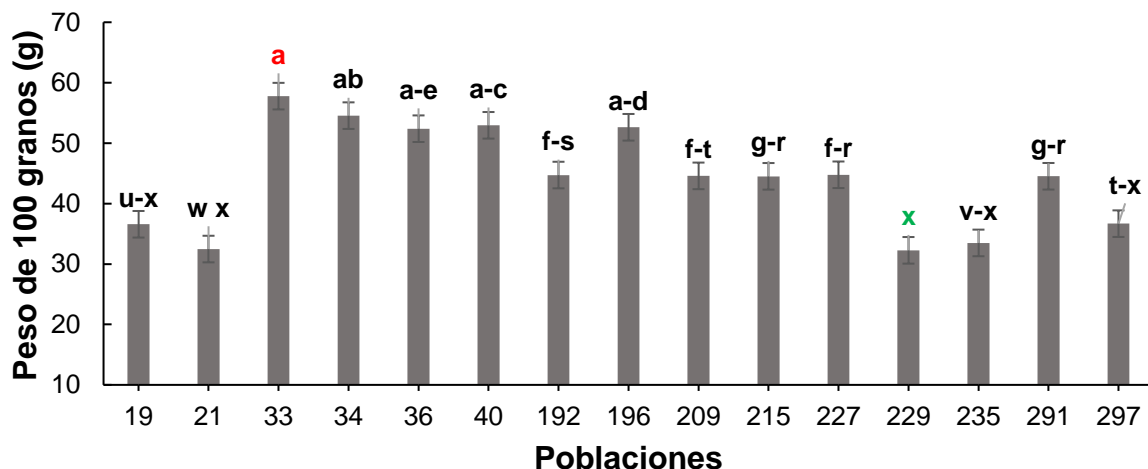


Figura 37. Comparación de medias para la variable peso de grano

Respecto a la variable rendimiento de grano (RG) se encontró que las poblaciones, 33, 23, 48, 27 y 32, presentaron los promedios más altos (204.758, 201.063, 200.904, 192.950 y 191.926) gramos respectivamente, las poblaciones, 177, 45, 181, 219 y 202, presentaron los promedios intermedios (161.180, 160.749, 160.484, 158.825 y 156.675) gramos respectivamente, las poblaciones, 20, 184, 19, 229 y 235, presentaron los promedios más bajos (123.619, 120.427, 118.500, 93.907 y 91.537) gramos respectivamente, (Figura 40).

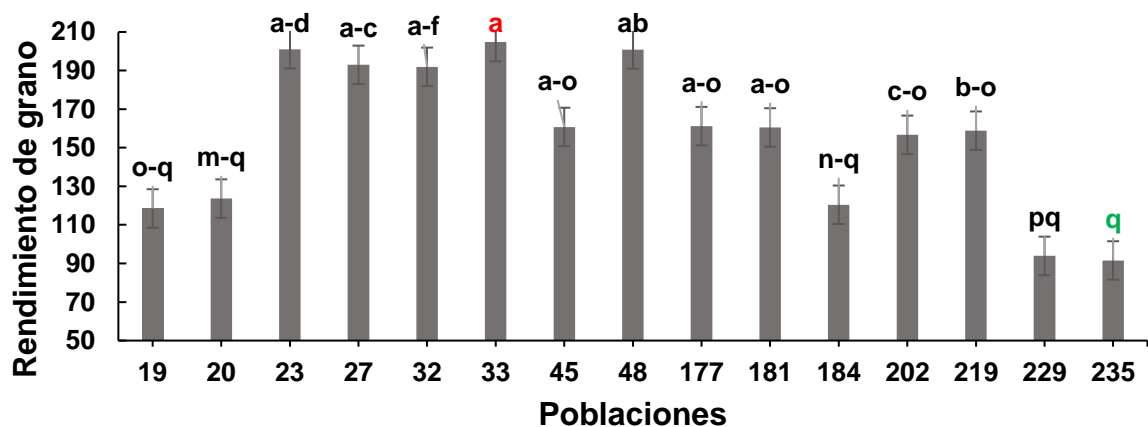


Figura 38. Comparación de medias para la variable rendimiento de grano

En la variable relación grano/olote (RG/O) se encontró que las poblaciones, 229, 34, 235, 39 y 41, presentaron los promedios más altos (2.662, 2.010, 1.993, 1.888 y 1.867), las poblaciones, 29, 236, 189, 181 y 22, presentaron los promedios intermedios (1.392, 1.391, 1.385, 1.384 y 1.384), en contraste las poblaciones, 175, 48, 23, 30 y 32, presentaron los promedios más bajos (1.172, 1.154, 1.110, 1.049 y 1.018), (Figura 41).

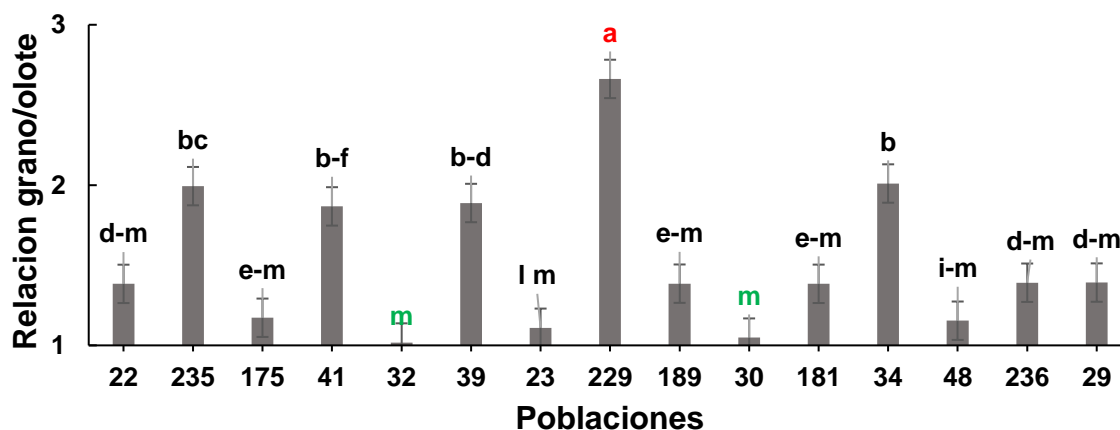


Figura 39. Comparación de medias para la variable relación grano/olote

En la variable días a floración femenina las poblaciones, 46, 221, 188, 297 y 299, presentaron mayores promedios (102, 99.25, 99, 99 y 98.75) días respectivamente, las poblaciones, 47, 181, 196, 227 y 232, presentaron los promedios intermedios (94, 94, 94, 94 y 94) días respectivamente, las poblaciones, 39, 184, 185, 235 y 34, presentaron los promedios más bajos (86, 85, 84.5, 83.75 y 82.5) días respectivamente, (Figura 42).

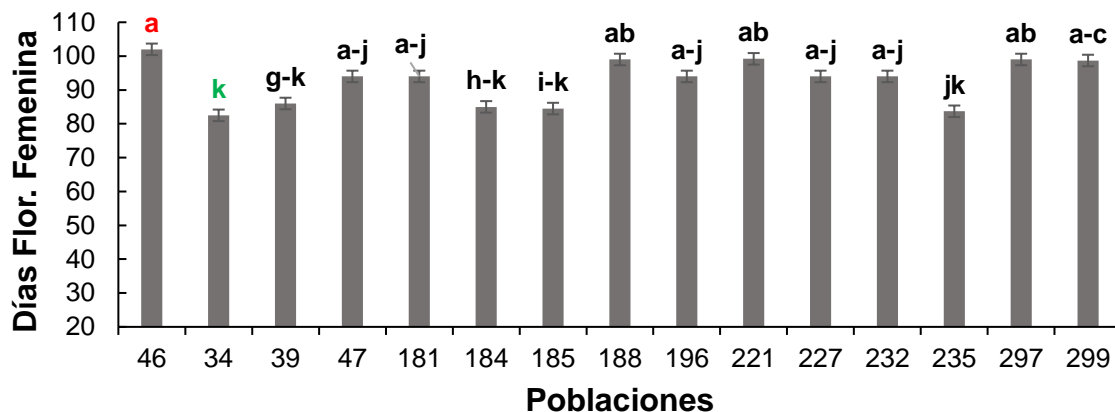


Figura 40. Comparación de medias para la variable días a floración femenina

En la variable días a floración masculina se encontró que las poblaciones, 46, 290, 297, 33 y 221, presentaron mayores promedios (98.75, 97.25, 96.75, 96.25 y 96.25) días respectivamente, las poblaciones, 184, 178, 185, 235 y 34, presentaron los promedios intermedios (83, 82.75, 81.75, 80.5 y 80.25) días respectivamente, las poblaciones, 233, 27, 220, 236 y 47, presentaron los promedios más bajos (91, 90.5, 90.5, 90.25 y 90) días respectivamente, (Figura 43).

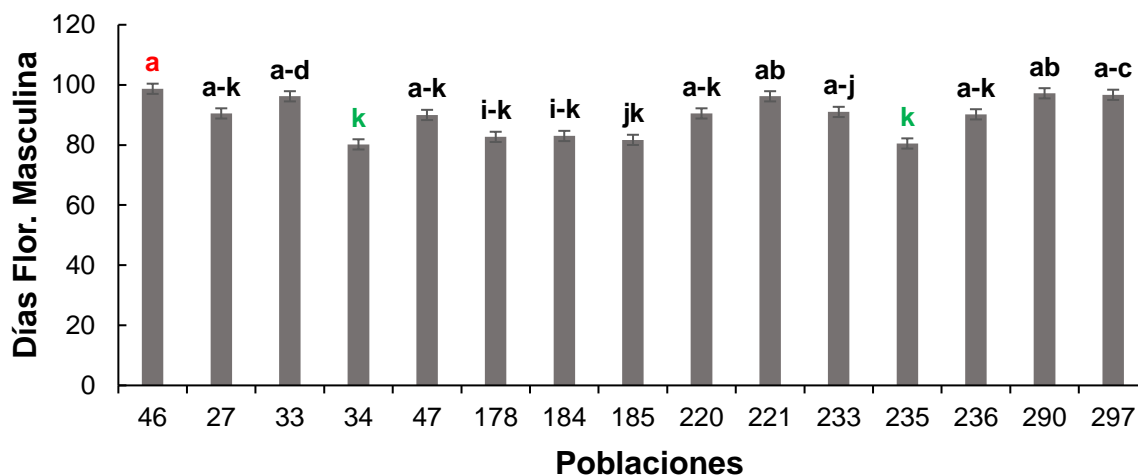


Figura 41. Comparación de medias para la variable días a floración masculina

Los resultados indican que existe variación entre poblaciones de maíces nativos de Sinaloa, concordando con los reportados por Gordón-Mendoza *et al.* (2010), quienes encontraron diferencias significativas en la interacción genotipo ambiente para todas las variables (excepto altura de planta, y altura de las mazorcas o con los de Cervantes *et al.* (2016), que encontraron efecto del genotipo y de la interacción genotipo x ambiente para todas sus variables. Gil *et al.* (2004) reportaron la diversidad de maíz en el Estado de Puebla, por el número de variedades identificadas, Mijangos *et al.*, (2007). Por su parte, Hortelano *et al.* (2008) mencionan la existencia de diversidad genética en otras variedades de maíz con base en la presencia de diferencias estadísticas entre las poblaciones de maíces estudiadas.

Parente y Gutiérrez (2005) caracterizaron en un ambiente común a materiales nativos de Sinaloa, encontraron diferencias significativas para las variables de mazorca. Así mismo, Valdez y Sicairos (2010) caracterizaron 4 poblaciones prometedoras de maíces criollos de Sinaloa en condiciones de riego del Valle de Culiacán, concordando con el reporte hecho por Muñoz (2003), quien menciona que se existe una amplia variación en el Valle de Puebla en los maíces nativos en cuanto a coloración de grano, ciclo vegetativo, forma y tamaño de mazorca, entre otras características.

Linares-Holguín *et al.* (2019) Caracterización fenotípica y agronómica de 144 maíces nativos de Sinaloa en dos ambientes, un estudio realizado por Gómez (2016) en el que se reportó variación para todas sus variables evaluadas en 81 poblaciones de maíces nativos del Estado de Sinaloa, así como también están en concordancia con González-Martínez *et al.*, (2019), quienes en un estudio evaluaron 44 poblaciones nativas de maíz y encontraron diferencias estadísticas para todas las variables.

Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) reportaron alta diversidad genética en 52 poblaciones de maíces locales en Puebla. Otro estudio realizado por Morales (2012), reportó variación entre caracteres de planta en 21 poblaciones analizadas en condiciones de temporal en Sinaloa. Delgado (2018) reportó una diversidad fenotípica

encontrada en las poblaciones de maíz amarillo para los Valles Altos de México, Flores (2014) encontró una variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla, México, Navarro (2012), diversidad y caracterización de maíces criollos: estudio de caso en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México, muestran que existe una amplia diversidad territorial y la misma podría ser explicada como la expresión de las necesidades específicas en los diversos intereses de manejo entre familias, hacia las diferentes poblaciones de criollos, Pomboza (2011) documentó la existencia de diversos tipos de milpas en la Mixteca Alta de Oaxaca, entre las cuales se registran dos y hasta cinco cultivos básicos.

Muñoz *et al.* (2001) señalan que en las áreas de las culturas Zapotecas y Mixtecas y en las aldeañas, se encuentra otra de las más amplias diversidades del maíz. Asimismo, los resultados están en correspondencia con los realizados por Contreras-Molina *et al.* (2016), que caracterizaron morfológicamente a 76 muestras de maíz nativo de la Sierra Nororiental de Puebla y encontraron una alta variación entre las poblaciones estudiadas, respecto a algunos caracteres aquí evaluados. Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) reportaron alta diversidad genética en 52 poblaciones de maíces locales en Puebla.

Espinoza-Trujillo *et al.*, (2006), realizaron la caracterización agromorfológica y el comportamiento agronómico de 114 poblaciones nativas de varios estados de la Meseta Central de México. Al respecto existe coincidencia con lo encontrado por Martín *et al.* (2008), cuando caracterizaron maíces nativos del noroccidente de México.

6.3 Análisis de componentes principales

Los análisis de componentes principales (CP) de las poblaciones, indican que los tres componentes primeros explican un 76.56 % del total la varianza; 38.90% para el CP1, 25.15% para el CP2 y 12.51 % para el CP3 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Proporciones de varianzas explicada y acumulada en el sitio de caracterización agro-morfológica en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte de Sinaloa.

Componente	Auto Valores de la Matriz de Correlación			
	Auto Valor	Diferencia	Proporción	Acumulada
1	7.0035	2.4759	0.3890	0.3890
2	4.5276	2.2754	0.2515	0.6405
3	2.2522	1.1991	0.1251	0.7656
4	1.0531	0.1717	0.0585	0.8241
5	0.8814	0.1134	0.0489	0.873
6	0.7680	0.3206	0.0426	0.9156
7	0.4474	0.0854	0.0248	0.9404
8	0.3620	0.1498	0.0201	0.9605
9	0.2122	0.0655	0.0117	0.9722
10	0.1467	0.057	0.0081	0.9803
11	0.0897	0.0234	0.0049	0.9852
12	0.0663	0.0663	0.0036	0.9888
13	0.0610	0.0053	0.0033	0.9921
14	0.0490	0.012	0.0027	0.9948
15	0.0310	0.018	0.0017	0.9965
16	0.0247	0.0063	0.0013	0.9978
17	0.0225	0.0022	0.0012	0.999
18	0.0017	0.0017	0.0010	1

De acuerdo con los resultados obtenidos, si se utilizan los valores propios de los componentes principales se pueden identificar las variables que muestran variación para cada componente (Cuadro 4). Para el CP1, el número de hileras de mazorca, rendimiento de grano, altura de mazorca, peso de olote, altura de planta y volumen de 100 granos, fueron las variables con mayor aportación. Para el CP2, las variables, ancho de grano, longitud de mazorca, peso de mazorca, largo de grano, número de espigillas, número de hojas arriba de la mazorca, para el CP3, las variables que tienen mayor aporte son; número de hojas bajo la mazorca, peso de mazorca, diámetro de mazorca, grosor de 10 granos y peso de 100 granos.

Cuadro 5. Variables respuesta de mayor importancia en cada componente principal en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte de Sinaloa.

Variable	Auto Valor		
	C1	C2	C3
Altura de mazorca (ALM)	0.2919	0.0147	-0.3622
Altura de planta (ALP)	0.2835	0.0824	-0.3652
Número de hojas bajo la mazorca (NHB)	0.1288	-0.0685	0.0988
Número de hojas arriba de la mazorca (NHA)	0.2623	-0.0447	-0.3728
Longitud de espiga (LOE)	0.0860	-0.0025	-0.2098
Número de espigillas (NES)	0.2177	0.0341	-0.4014
Número de hileras de mazorca (NHM)	0.0355	-0.4282	0.1926
Peso de mazorca (PEM)	0.3238	-0.0602	0.2561
Longitud de mazorca (LOM)	0.0908	0.3934	0.1758
Diámetro de mazorca (DIM)	0.2473	-0.3186	0.0963
Grosor de 10 granos (G10G)	0.0412	0.3722	0.2932
Diámetro de olote (DIO)	0.2711	-0.2505	0.1343
Peso de olote (PEO)	0.3277	0.0321	0.1770
Ancho de 10 granos (ANG)	0.1728	0.3708	-0.0165
Longitud de 10 granos (LOG)	0.2303	-0.2865	0.0628
Volumen de 100 granos (VOG)	0.2737	0.2356	0.1258
Peso de 100 granos (PEG)	0.2841	0.2401	0.1338
Rendimiento de grano (RG)	0.3120	-0.0809	0.2551

6.4. Clasificación de las variables estudiadas

El dendograma construido mediante las semejanzas en variables agro-morfológicas mostro 4 grupos principales, 12 ramificaciones y 6 subgrupos (Figura 43), donde el grupo 1 agrupo 8 poblaciones y muestra los promedios más altos en la variable humedad y junto al grupo 3 relación grano/olote y los promedios más bajos para número de hojas debajo de la mazorca, peso de mazorca, diámetro de olote, ancho de 10 granos, longitud de 10 granos, volumen de 10 granos, peso de 100 granos, rendimiento de grano.

En el grupo 2 se agruparon 17 poblaciones, las cuales mostraron los promedios más bajos para las variables, altura de mazorca, altura de planta, número de hojas arriba de la mazorca, longitud de la espiga, número de espigillas, días a floración femenina y junto al grupo 4 días a floración masculina.

En el grupo 3 se agruparon 47 poblaciones las cuales presentaron los promedios más altos para, número de hojas arriba de la mazorca junto al grupo 4, número de hileras de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de olote, longitud de 10 granos y días a floración femenina, presenta los promedios más bajos para las variables, longitud de mazorca, grosor de 10 granos y relación grano olote

Finalmente, el grupo 4 se compone de 18 poblaciones, las cuales presentaron los promedios más altos para las variables, altura de mazorca, altura de planta, número de hojas debajo de la mazorca, longitud de la espiga, número de espigillas, peso de mazorca, longitud de mazorca, grosor de 10 granos, ancho de 10 granos, volumen de 100 granos, peso de 100 granos, rendimiento de grano y tiene los promedios más bajos en la variable número de hileras de mazorca (Cuadro 6).

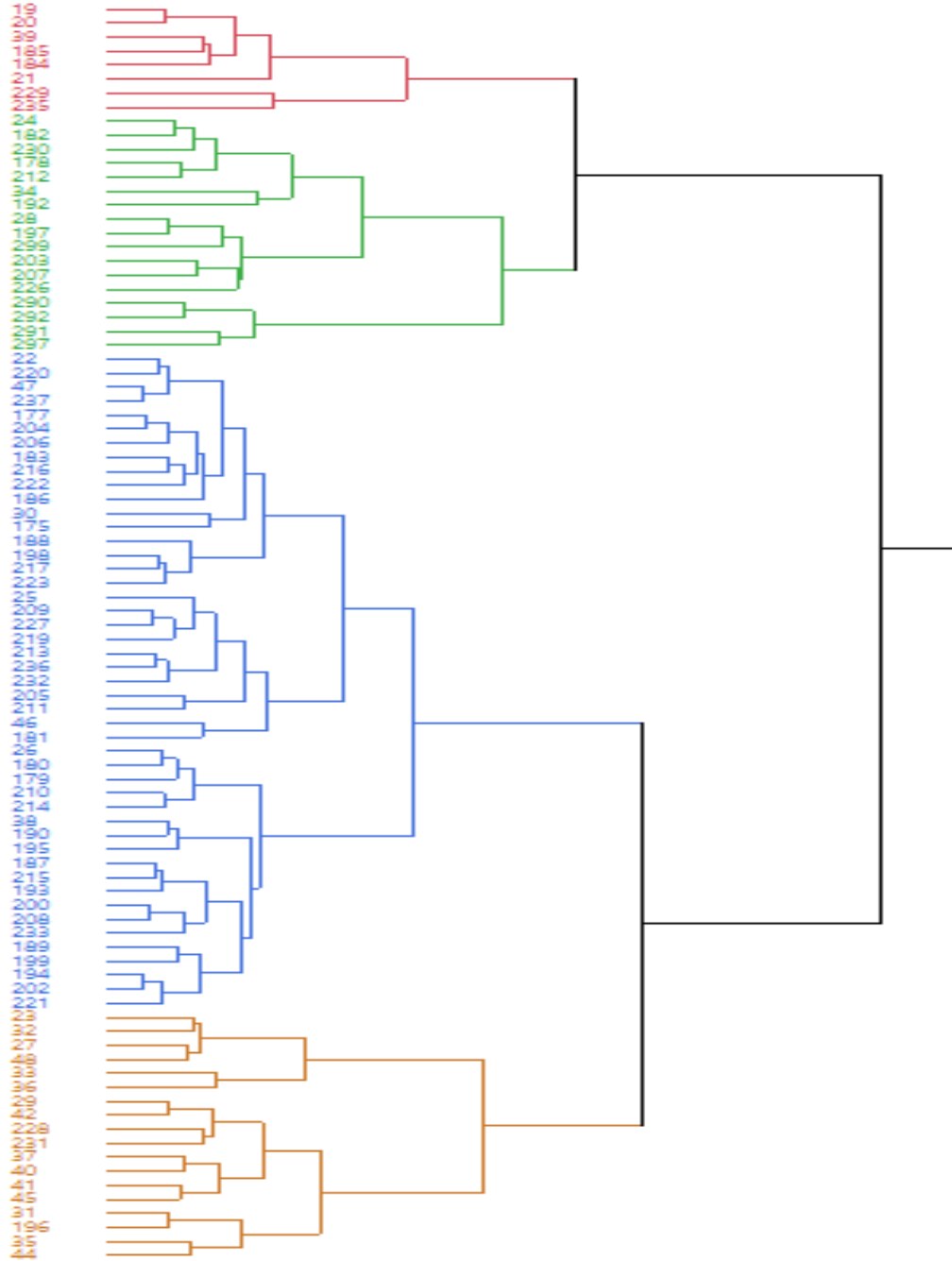


Figura 42. Dendrograma de las 90 poblaciones evaluadas

Cuadro 6.- Máximos, Mínimos y Promedios

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
ALM	MAX 187	MAX 220	MAX 222	MAX 224
	MIN 78	MIN 59	MIN 69	MIN 77
	PRO 124.6	PRO 118.6	PRO 150.8	PRO 154.6
ALP	MAX 370	MAX 376	MAX 391	MAX 390
	MIN 210	MIN 172	MIN 192	MIN 198
	PRO 275.1	PRO 263.6	PRO 295.7	PRO 308
NHB	MAX 7	MAX 7	MAX 7	MAX 7
	MIN 4	MIN 4	MIN 4	MIN 4
	PRO 5.3	PRO 5.4	PRO 5.4	PRO 5.6
NHA	MAX 9	MAX 11	MAX 11	MAX 11
	MIN 5	MIN 3	MIN 4	MIN 4
	PRO 6.4	PRO 6.2	PRO 7.4	PRO 7.4
LOE	MAX 75	MAX 80	MAX 85	MAX 78
	MIN 32	MIN 22	MIN 21	MIN 25
	PRO 52.5	PRO 51.4	PRO 52.5	PRO 54.1
NES	MAX 26	MAX 31	MAX 35	MAX 35
	MIN 3	MIN 1	MIN 1	MIN 2
	PRO 13.5	PRO 11.8	PRO 15.8	PRO 16.3
NHM	MAX 14	MAX 22	MAX 22	MAX 18
	MIN 8	MIN 8	MIN 6	MIN 8
	PRO 10.7	PRO 11.9	PRO 12.3	PRO 10.5
PEM	MAX 250	MAX 340	MAX 345	MAX 349
	MIN 65	MIN 56	MIN 58	MIN 71
	PRO 144	PRO 187.5	PRO 199	PRO 210
LOM	MAX 24.2	MAX 28	MAX 28	MAX 28
	MIN 11.3	MIN 9.5	MIN 9	MIN 10
	PRO 17.9	PRO 18.3	PRO 17	PRO 20.4
DIM	MAX 48.4	MAX 62.3	MAX 62.2	MAX 61.6
	MIN 32.8	MIN 33.2	MIN 35.2	MIN 32.8
	PRO 40.7	PRO 46.8	PRO 49.8	PRO 46.7
G10G	MAX 58.2	MAX 59.4	MAX 59.7	MAX 59.2
	MIN 31.7	MIN 32.3	MIN 30	MIN 30

	PRO	43.9	PRO	46.2	PRO	43.3	PRO	47.4
DIO	MAX	33	MAX	41.2	MAX	39.9	MAX	39.5
	MIN	19.4	MIN	18.8	MIN	19.1	MIN	20
	PRO	24.5	PRO	28.3	PRO	30.2	PRO	28.7
PEO	MAX	49	MAX	67	MAX	67	MAX	67
	MIN	11	MIN	10	MIN	9	MIN	10
	PRO	23.6	PRO	31.4	PRO	35.1	PRO	38.5
ANG	MAX	123.1	MAX	136.6	MAX	135.4	MAX	136.2
	MIN	72.7	MIN	72.6	MIN	72.6	MIN	80.9
	PRO	97.3	PRO	103.6	PRO	102.9	PRO	112.5
LOG	MAX	136.4	MAX	155	MAX	154.9	MAX	151.2
	MIN	89.6	MIN	89.8	MIN	89.5	MIN	89
	PRO	109.3	PRO	120.3	PRO	125.1	PRO	120.9
VOG	MAX	79.32	MAX	102	MAX	96	MAX	96
	MIN	32	MIN	26	MIN	30	MIN	30
	PRO	49.9	PRO	62.2	PRO	62	PRO	71.5
PEG	MAX	55	MAX	73	MAX	68	MAX	69
	MIN	24	MIN	20	MIN	23	MIN	24
	PRO	36.7	PRO	44.1	PRO	44.6	PRO	50.5
HUM	MAX	12	MAX	13.3	MAX	13.3	MAX	7
	MIN	8.6	MIN	7	MIN	7	MIN	13
	PRO	10.3	PRO	10.2	PRO	10	PRO	9.6
RG	MAX	209	MAX	309	MAX	316	MAX	322
	MIN	44	MIN	41	MIN	41	MIN	34
	PRO	120.3	PRO	155.1	PRO	163.8	PRO	171.4
RGO	MAX	3.2	MAX	4.5	MAX	3.8	MAX	4.2
	MIN	0.7	MIN	0.5	MIN	0.5	MIN	0.5
	PRO	1.8	PRO	1.5	PRO	1.3	PRO	1.4
Días Flor. Fem	MAX	86.9	MAX	92.44	MAX	94.58	MAX	93.47
	MIN	100	MIN	117	MIN	113	MIN	113
	PRO	80	PRO	76	PRO	81	PRO	79
Días Flor. Mas	MAX	83.90	MAX	90.10	MAX	91.32	MAX	91.32
	MIN	95	MIN	121	MIN	111	MIN	111
	PRO	77	PRO	75	PRO	77	PRO	75

VII. CONCLUSIONES

Entre las poblaciones hay niveles altos de variación agro-morfológica para las variables evaluadas en esta investigación.

Las poblaciones más sobresalientes fueron las poblaciones 33 la cual presentó los promedios más altos en 8 de las 20 variables (ALM, ALP, PEM, PEO, ANG, VOG, PEG Y RG) y la población 36 en las variables (ALM, ALP, NHB, LOM, G10G y ANG) de las variables evaluadas.

La población menos sobresaliente fue la población 235 que presentó los promedios más bajos en 11 de las 20 variables (ALM, ALP, NHA, PEM, DIO, PEO, ANG, LOG, VOG, PEG Y RG).

La población que presentó el mayor rendimiento fue la población 33.

Los tres primeros componentes explicaron el 76.56 % de la variación existente en las poblaciones de maíces nativos de la parte norte del estado de Sinaloa.

VIII. LITERATURA CITADA

- Anderson, E., Cutler, H. C. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 29: 69-89.
- Ángeles, G. E. 2010. Caracterización, rendimiento de maíces nativos y descripción de las unidades de producción en el municipio de Molcaxac, Puebla. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados. 205 p.
- Aragón, C. F., Tabas S., Hernández C. J. M., Figueroa C. J. D., Serratos 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.org.mx/institucion7proyrctos/resultados/infCS002.pdf>
- Aragón, C. F. H., Castro, N., Dillanes, J. F., Ortega, J. M., Hernández, C. E., Paredes, S., y Montes, J. S. (2004). Conservación in situ y mejoramiento participativo de la milpa en Oaxaca, México. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos. 124-130 p.
- Arias-Reyes, L., Latournerie-Moreno, D., Jarvis, D. W., Chavez-Servia, J. D., Sauri-Duch, E. 2006. In situ conservation of agricultural biodiversity of Milpa in Yucatan. *Proc. Internat. Conf. Ecological Society America*. Mérida, Yucatán, México. Disponible en: <http://abstracts.co.allenpress.com/pweb/esai2006/document/58909>
- Bellon, M. R. 2004. Conceptualizing interventions to support on-farm genetic resource conservation. *World Development* 32 (1): 159-172.
- Bellon, M. y M.L. Morris. 2009. Linking global and local approaches to agricultural technology development. ae role of participatory plant breeding research in the CGIAR. CIMMYT Economics working paper 02-03. México D. F. CIMMYT

- Benz, B. F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. *Arqueología mexicana* vol. V. Núm. 25 pp. 16-23.
- BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G. O. 1993a. Eight cycles of selection for drought tolerance in tropical maize. 1. Responses in yield, biomass and radiation utilization. *Field Crops Res.* 31 :233-252
- Bommer, R. 1991. The historical development of international collaboration in plant genetic resources. In Van Hintun Th. JL; Frese, L; Perrin, PM. eds. Searching for new concepts for collaborative genetic resources management. Papers of the EUCARPIA/IBPGR Symposium. International Board for Plant Genetic Resources. Roma, Italia. p. 3-12.
- Cabrerizo, C. 2012. "El maíz en la alimentación Humana". Disponible en: www.infoagro.com.
- Castro, N. S., López, S. J. A., Pecina, M.J. A., Mendoza, C. M.C. y Reyes, M. C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* 4 (4): 645-653.
- Cervantes S., T., M.M. Goodman, E. Casas, and J.O. Rawlings. 1978. Use genetics effects and genotype by environment interactions for the classification of Mexican races of maize. *Genetics.* 90:339-348
- Cabrera L. y Palacios R. N. 2015. No con todo el maíz se hacen tortillas. <https://www.cimmyt.org/es/no-con-todo-el-maiz-se-hacen-tortillas-2>.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. Agrobiodiversidad en México: el caso del Maíz. Disponible en: ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida..
- CONABIO. Website. Razas De Maíz De México. Recuperado De: [Http://Www.Biodiversidad.Gob.Mx/Usos/Maices/Razas2012.Html](http://www.Biodiversidad.Gob.Mx/Usos/Maices/Razas2012.Html)

- CIMMYT, Programa de maíz. 2017. Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. Segunda edición. México, D.F.: CIMMYT.
- CIMMYT/IBPGR. 1991. Descriptors for maize. International maize and wheat improvement center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources. Rome. 3-28.
- Cosecha récord de maíz en Sinaloa. 2019. (GCMA)<https://www.gcma.com.mx/cosecha-record-de-maiz-en-sinaloa.php>
- Deras, F.H. 2014. Guía técnica el Cultivo del maíz. En línea: http://observatorioredsicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/el_salvador_guiatecnica_maiz_2014.pdf
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2022. Disponible en: <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2022/es/>
- Fernández, S.R., Morales, Ch. L. y Galvinez, M.A. 2010. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. Fitotecnia vol.36. México. Disponible en: <http://www.revistafitotecniamexicana.org/ocumentos/36-supl-3-A/1a.pdf>.
- Franco, T. H. e Hidalgo R. 2003. Análisis Estadísticos de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. p 89.
- González, M. A. y Ávila, C.A. 2014. El maíz en Estados Unidos y en México: Hegemonía en la producción de un cultivo. Argumentos 27(75): 215-237
- Hellin, J. y M. Bellon (2007). "Manejo de semillas y diversidad del maíz". LEISA, 23-2, septiembre.

- Hellin J, A Keleman, G Atlin (2010) Smallholder Farmers and Maize in Mexico: A Value-Chain Approach to Improved Targeting of Crop-Breeding Programs. *J. New Seeds* 11:262-280.
- Hernández, X. E. (1987). *Revista Geografía Agrícola*. México. Chapingo.799 P
- Hernández, E. 1972. Exploración etnobotánica en maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8:46-51.
- Hortelano, S. R., Muños, G., Santacruz, V. A., Miranda, C.S. y Córdova, T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34 (2): 189-200.
- Hernandez, X. E. y Alanis, F. G. 1970. Estudio morfológico de cinco razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de Mexico: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia* 5 (1) :3-30.
- INTA. 2012. "Fenología del maíz". Disponible en: <http://riap.inta.gov.ar>. Consultado el 23/11/2012.
- 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
- Keleman, A. y J. Hellin. 2009. Specialty maize varieties in México: A case study in market-driven agrobiodiversity conseervation. *Journal of Latin American Geography* 8: 147-174.
- Leary M. O. 2016. De México para el mundo. <https://www.cimmyt.org/es/maiz-de-mexico-para-el-mundo/>

- Louette, D; Smale M; 1996. Genetic diversity and maize seed management in a traditional Mexican community: Implications for in situ conservation of maize. NRG papers 96-03. CIMMYT. México. D.F. 21 p.
- Lugo M. R. 2009. Variación de maíces nativos de Culiacán en el estado de Sinaloa. Tesis Licenciatura. Sinaloa, México: Universidad autónoma de Sinaloa. 46p.
- Macchi L., G., F. Rincón S., N. A. Ruiz T. F., Castillo G. 2010. Selección y mantenimiento de poblaciones. Una perspectiva para la conservación in situ de la diversidad genética del maíz. Rev. Fitotec. Mex. 33 (Núm. Especial 4):
- Maroto, J. 1998. "Horticultura herbácea especial". 4ta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. 589-593 pp
- McClintock, B., Kato-Y, T.A. & Blumenshein, A. 1981. Chromosome constitution of races of maize. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados.
- Ortega C A JJ Sánchez G, N O Gómez M, V. A. Vidal M, O Palacios V, M J Guerrero H, O Cota A, S Ramírez V, J E Cervantes M, F Rincón S (2000) Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz 40 nativo y sus parientes silvestres en México. Proyecto de Investigación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 64p.
- Ortega-Paczka, R. 1985b. Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para fitomejoramiento. Versión resumida. Tesis de grado Ph. D. Leningrado, URSS.
- 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.

- Paliwal. R; Granados, G,; Lafitte, R,; Violic, A. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Editorial FAO. Roma, Italia. 4.
- Perales RH, Brush SB, Qualset CO (2003) Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Econ Bot* 57:7-20
- Pineda-Hidalgo K, Méndez-Marroquín KP, Vega-Alvarez E, Chávez-Ontiveros J, Sánchez-Peña, Garzón-Tiznado JA, Vega-García MO, López-Valenzuela JA (2013) Microsatellite-based genetic diversity among accessions of maize landraces from Sinaloa in Mexico. *Hereditas* 150: 53-59.
- Ramírez-Díaz JL, J Ron-Parra J J Sánchez-González y M Chuela-Bonaparte (2007) Selección recurrente en la población de maíz subtropical PABGT- CE. *Agrociencia* 34(1):33-39.
- Reyes, G. G. (1990). Comercialización del maíz criollo en Puebla, Tlaxcala e Hidalgo. Universidad Iberoamericana, *Lupus inquisitur*. (1ra edición), Puebla, México. 238 p
- Reyes C., P. 2005. El maíz y su cultivo. AGT-EDITOR S.A. México, D.F.
- SÁNCHEZ, V. 2002. "caracterización agromorfológica y molecular de 18 accesiones de maíz blanco de altura". Quito-Ecuador.
- 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, J; Goodman, M; and Stuber, W. 2000b. Isozymatic diversity of the races of maize of the Americas. *Maydica* 45: 185-203.

- Serratos, H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace. México. p 4-12.
- Serratos H. J. A. 2012. El origen y la diversidad del maiz en el continente americano. Segunda edición. Greenpeace. México. P40 En línea: <http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2012/9/gporigenmaiz%20final%20web.pdf>
- SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). 2022. En línea <http://www.gob.mx/siap>
- Smith, J. S. C., Chin .E. C. L, H., Shu. O. S., Wall .S. J., Senior. M. L, and Ziegler.J.1997. And evaluation of the utility of SSR loci as molecular markers in maize (Zea mays L.): comparisons from data from RFLPs and pedigree. Theoretical & Applied Genetics 95: 163-173.
- Tapia, B. C.G 1998 Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de Pachyrhizus tuberosus (LAM.) SPRENG. del CATIE. Morphologic and molecular characterization of the genetic diversity of CATIE's collection of Pachyrhizus tuberosus (LAM.) SPRENG. Turrialba (Costa Rica). CATIE. 1998. 157 páginas
- Turrent A, Serratos JA (2004) Context and background on maize and its wild relatives in Mexico. En Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in Mexico. Commission on Environmental Cooperation of North America. 55 pp. <http://www.cec.org/maize/resources/chapters.cfm?varlan=english> (Cons. 08/2016).
- Van Heerwaarden J., Hellin J., Visser R.F., Van Eeuwijk F.A. 2009. Estimación de la erosión genética del maiz en la pequeña agricultura modernizada. Theoretical and Applied Genetics, 119 (5) (2009), pp 875-888.
- Vargas, L.A. 2007 La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. Cuadernos de Nutrición 30 (3):97-102.

Yanez., Zambrano, J., Caicedo, M. y Heredia, J. 2005. "Inventario Tecnológico del programa del maíz. INIAP-EESC. Quito-Ecuador.

Yanez, C., Zambrano J., Caicedo M., Sánchez, H., Heredia J. 2003. Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos. INIAP-EESC. Programa de Maíz 22(27): 113-127.

Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. y Hernández X., E., en colaboración con Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de maíz en México, su origen, características y distribución. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Oficina de Estudios Especiales, México, D. F. 237 p. (Folleto Técnico Núm. 5.).