

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES**

**CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE UNA POBLACIÓN DE TEOCINTE
(*Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
DOCENTE DE AGRONOMÍA USAC, GUATEMALA, C.A.**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ANDREA CAROLINA MEOÑO CANEL

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA**

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA**

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. M. A. César Linneo García Contreras
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Pto. en Electrónica Carlos Waldemar De León Samayoa
VOCAL QUINTO	Pto. Contador. Neydi Yasmine Juracán Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

Guatemala, abril de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración la tesis titulada:

Caracterización agromorfológica de una población de teocinte (*Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*) en el Centro Experimental Docente de Agronomía USAC, Guatemala, C.A.

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

ANDREA CAROLINA MEOÑO CANEL

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Que me ha dado la vida y guiado de su mano, nunca me ha abandonado, sin él no hubiese podido llegar hasta acá.

A MIS PADRES:

Francisco Javier Meoño y Marta Julia Canel por su apoyo y amor incondicional, no solo en esta etapa sino en toda mi vida. Su amor me ha enseñado que si vale la pena luchar y esforzarme cada día por mis sueños.

A MIS HERMANOS:

Angela Meoño por siempre creer en mí, por ser esa persona con tantas virtudes que siempre me dio ánimos y regaños en momentos difíciles, alentándome a seguir y triunfar.

Cristian Meoño por tu compañía en silencio, pero tan comfortable, por las risas compartidas y sin fin de locuras. Por ayudarme con mis problemas tecnológicos cuando lo necesito.

A MI ABUELA

Fuiste tú la semilla que dio origen a esta gran familia, que con tu esfuerzo, trabajo y amor me enseñaste el valor de dar sin recibir nada a cambio, un amor sincero. Un beso hasta el cielo.

A MI FAMILIA

Carmen Canel, Clemencia Canel, Ernesto Meoño y Bonifacio Canel, gracias por apoyarme en toda mi vida y por brindarme un amor incondicional sin importar la circunstancia o distancia.

A MI ASESOR

Ingeniero Agrónomo Francisco Vásquez, por su apoyo y conocimiento compartido. Por su paciencia y tiempo dedicado, gracias por ayudarme a cumplir la meta.

A MIS AMIGOS:

De la facultad, donde la vida nos hizo coincidir y formar lazos para toda la vida, gracias por tantas experiencias vividas que quedaran grabados en la memoria.

Familia Tema, por acogerme como parte de ella, por su cariño brindado y momentos únicos e inolvidables al lado de cada una de ustedes, las quiero.

TESIS QUE DEDICO

Dios:

Creador de Todo

Guatemala:

Un país tan hermoso y megadiverso

USAC:

Orgullo de pertenecer a la tricentenaria y gloriosa Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía:

Por forjarme profesionalmente, y por enseñanzas de vida que quedaran plasmadas en mi toda la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1.1 Origen del maíz.....	4
2.1.2 Distribución geográfica del maíz	6
2.1.3 Teocinte el ancestro del maíz.....	8
2.1.4 Similitudes entre el maíz y el Teocinte	9
2.1.5 Teocinte: <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	10
2.1.6 Clasificación taxonómica.....	10
2.1.7 Morfología	11
2.1.7.1 Tallo	12
2.1.7.2 Hojas.....	12
2.1.7.3 Flores y fruto	12
2.1.7.4 Semilla	13
2.1.8 Condiciones ecológicas.....	14
2.1.9 Fisiología.....	15
2.1.10 Usos	15
2.1.11 Genética.....	16
2.1.12 Metodologías de caracterización.....	17
2.1.12.1 Caracterización morfológica.....	17
2.2 MARCO REFERENCIAL	19
2.2.2 Ubicación geográfica del proyecto de investigación.....	19
2.2.3 Condiciones climáticas	20
2.2.4 Suelos	20
2.2.5 Descripción del cultivar de Teocinte.....	21
2.2.5 Trabajo de caracterización de semillas	21
2.2.5.1 Caracterización de semilla de chan (<i>Salvia hispanica L.</i>) y diseño de un producto funcional que tiene como ingrediente.	21
3. OBJETIVOS.....	22

	Página
3.1 Objetivo general	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
4. METODOLOGÍA	23
4.1 Descripción del trabajo de investigación	23
4.1.1 Siembra.....	23
4.1.2 Cosecha	24
4.1.3 Diseño experimental.....	25
4.1.4 Variables por estudiar	25
4.1.4.1 Características vegetativas	26
A. Días hasta la antésis	26
B. Días hasta la emisión de estigmas.....	27
C. Altura de la planta	27
D. Índice de macollamiento	27
E. Color del tallo	27
F. Número total de hojas por planta	27
G. Longitud de la hoja	27
H. Ancho de la hoja	27
I. Orientación de las hojas	28
J. Longitud de la panoja.....	28
K. Longitud del pedúnculo	28
L. Tamaño de la espiga	28
4.1.4.2 Características de la mazorquilla	28
A. Cobertura de la mazorquilla	28
B. Daños a la mazorquilla.....	29
C. Longitud de la mazorquilla	29
D. Número de hileras de grano por mazorquilla	29
E. Número de granos por hilera.....	29
4.1.4.3 Características del fruto	29
A. Tipo de grano	29
B. Color de grano	30
C. Peso de 1,000 granos.....	30

	Página
D. Longitud del grano	30
E. Ancho del grano	30
F. Grosos del grano	30
G. Forma de la superficie del grano	30
H. Color del pericarpio	30
I. Color de la aleurona	31
J. Color del endospermo.....	31
4.1.5 Análisis de la información.....	31
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1 Análisis agromorfológico	32
5.1.1 Caracteres cualitativos	32
5.1.2 Caracteres cuantitativos.....	34
6. CONCLUSIONES	43
7. RECOMENDACIONES.....	44
8. BIBLIOGRAFÍA.....	45
9. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del Teocinte.....	11
Cuadro 2. Descriptores utilizados para la caracterización de <i>Zea mays</i> L. ssp. huehuetenangensis.	26
Cuadro 3. Frecuencia de caracteres cualitativos del material recolectado.....	33
Cuadro 4. Análisis de caracteres cuantitativos de 50 granos de especímenes de <i>Zea mays</i> L. ssp. huehuetenangensis	36
Cuadro 5. Análisis de los caracteres cuantitativos de 30 especímenes de <i>Zea mays</i> L. ssp. huehuetenangensis	37
Cuadro 6A. Datos recolectados del grano de <i>Zea mays</i> L. ssp. huehuetenangensis	49
Cuadro 7A. Datos recolectados de la mazorquilla y foliares de <i>Zea mays</i> L. ssp. huehuetenangensis.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representación gráfica del origen del maíz según Mangelsdorf (1959).....	4
Figura 2. Localizaciones de los centros de origen, domesticación y diversificación primarias del maíz según Kato Yamakake, et. al. 2009.....	7
Figura 3. Clasificación del Teocinte.....	9
Figura 4. La planta del teocinte. A. Vista general de la planta. B. Infrutescencia femenina “mazorquilla” inmadura descubierta. C. Infrutescencia femenina “mazorquilla madura”. D. Cápsulas de fruto “granos” dispersos.....	14
Figura 5. Ubicación geográfica de la investigación (CEDA).	19
Figura 6. Fotografía de la siembra en bandeja de semilla de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	23
Figura 7. Fotografía del establecimiento de plantación en campo de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	24
Figura 8. Semillas (material genético) de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i> obtenido de la investigación	32
Figura 9. Forma y color del grano de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	32
Figura 10. Floración masculina de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	34
Figura 11. Floración femenina <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	34
Figura 12. Hileras de grano de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	35
Figura 13. Mazorquillas de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	35
Figura 14. Peso de granos	35
Figura 15. Gráfica de altura de la planta y hojas por planta de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	38
Figura 16. Gráfica de longitud y ancho de la hoja <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	39
Figura 17. Gráfica de número de hileras de grano por mazorquilla y número de granos por hilera de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	40
Figura 18. Gráfica de longitud y número de mazorquillas por planta de <i>Zea mays L. ssp. Huehuetenangensis</i>	41
Figura 19. Gráfica de longitud y ancho del grano de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	42
Figura 20A. Ciclo vegetativo del maíz	47
Figura 21A. Estado fenológico del maíz	47
Figura 22A. Características vegetativas	48
Figura 23A. Forma de la superficie del grano de <i>Zea mays L. ssp. huehuetenangensis</i>	48

RESUMEN

Caracterización agromorfológica de una población de teocinte (*Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*) en el Centro Experimental Docente de Agronomía USAC, Guatemala, C.A.

Agromorphological characterization of teocinte dwellers (*Zea mays L. ssp. Huehuetenangensis*) in the Experimental Teaching Center of Agronomy USAC, Guatemala, C.A.

En la presente investigación se muestra los datos de las características agromorfológicas del teocinte proveniente de la localidad de San Antonio Huista, Huehuetenango cultivado en el Centro Experimental Docente de Agronomía. Para la obtención de datos se utilizaron 30 especímenes muestreados de la siembra inicial a los cuales se observaron y midieron 28 caracteres tanto cuantitativos como cualitativos. Dichos datos se analizaron de manera descriptiva para poder obtener sus valores medios y medir su variabilidad y relación entre los mismos.

En las características cuantitativas más representativas, la cantidad de follaje es intermedia ya que el índice de macollamiento promedio es de 3.43 por planta, con una altura total de 107.55 cm y a la primera mazorquilla de 33.20 cm. Cada planta presenta alrededor de 20.53 mazorquillas con una longitud 8.05 cm, obteniendo alrededor de 160 granos por planta. Los granos son de tipo harinoso variando proporcionalmente en longitud, grosor y ancho con datos promedios de 0.68 cm, 4.72 mm y 0.49 cm respectivamente.

En cuanto a la variabilidad de los datos recolectados en caracteres cualitativos se muestra alta similitud entre muestras; en los caracteres cuantitativos el coeficiente de variación no sobrepasa el 28.76 % por lo que se muestra datos similares y uniformes en ambos casos. El grado de relación en caracteres cuantitativos se puede observar que solo es proporcional en lo que es la altura de la planta y en número de hojas, ya que a mayor altura aumenta el número de hojas por planta, por el resto de los caracteres cuantitativos no se muestra cambio en cuanto a magnitud o cantidad de una con otra.

La generación de dicha información se espera que sea de utilidad para investigaciones futuras para poder aumentar su producción y rendimiento en varias localidades del país y así contribuir a la existencia de este y asegurar y/o aumentar su valor cultural y alimenticio.

1. INTRODUCCIÓN

El teocinte es una planta de valor cultural y económico en muchos países así como su aporte a la biodiversidad. El teocinte es un recurso genético del cual se tiene muy poca información debido a que es una especie silvestre que no se comercializa.

A través de esta investigación se pretende lograr la generación de información acerca de esta subespecie para trabajos e investigaciones futuras de mejoramiento genético o la recuperación de este recurso genético para el aporte a la biodiversidad del país.

El maíz (*Zea mays L.*) es una especie de gran importancia para Guatemala, así como en otros países ya que representa la historia de muchos pueblos y etnias ancestrales del país que a través de prácticas tradicionales de miles de años han adaptado este grano a sus necesidades básicas de alimentación y cultura. Su importancia radica en su valor cultural, económico y principalmente alimenticio en muchos países, así como su aporte a la biodiversidad que es característica de Guatemala.

Zea mays L. ssp. huehuetenangensis es una subespecie de teocinte proveniente del municipio de San Antonio Huista, del departamento de Huehuetenango de Guatemala, es una especie silvestre en la que influye la intervención humana y tiene diferentes usos agropecuarios de los pueblos en nuestro país.

Sin embargo la disponibilidad de información de las principales características de esta subespecie en nuestro país es muy escasa ya que la misma no se cultiva y no se consume por los pobladores del lugar por lo que se comercialización es nula, pero sin embargo posee un gran valor ya que es la única especie que morfológicamente se parece al maíz como especie cultivada desconociéndose su enorme potencial en programas de mejoramiento genético en el cual se pueden explotar sus características para ser transferidas al maíz. Por lo antes expuesto el problema es el poco conocimiento que se tiene sobre las características tanto morfológicas y agronómicas de esta subespecie emparentada con el maíz y que es parte de su reservorio genético.

El maíz (*Zea mays L.*) declarado en Guatemala como Patrimonio Cultural Intangible de la Nación en el año 2014 según Decreto Legislativo 13-2014, reconociendo así que el grano es representativo de las etnias ancestrales de Guatemala, su conservación, descripción y

caracterización del mismo no se ha impulsado por lo que es una especie en vías de extinción a pesar de que es la especie silvestre más cercana genéticamente al maíz y su distribución ocurre en lugares muy específicos de Guatemala y México por lo que es necesario conocer lo mejor posible las características botánicas y agronómicas para la generación de información para investigaciones futuras y también contribuir a la conservación de esta subespecie a través de la observación de la adaptabilidad de esta subespecie a las condiciones edafoclimáticas del CEDA para ver si seguirá reproduciéndose de manera natural en el lugar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Origen del maíz

El maíz conocido como un bien natural por comunidades a lo largo del todo el continente americano y otras comunidades agrarias distribuidas en todo el mundo, es un cultivo resultado de miles de años de procesos de domesticación y mejoramiento. (Sánchez G., J. 2011).

Según la teoría tripartita propuesta en 1939 por Mangelsdorf y Reeves, explica que el maíz fue domesticado a partir de un maíz silvestre como se muestra en la figura 1. Aunque Goodman (1988) después de estudiar varias teorías e hipótesis sobre el origen del maíz llegó a la conclusión de que aún no se ha descubierto con certeza el origen y evolución del mismo, llegando a la actualidad, según este autor de que el ancestro o pariente silvestre del maíz cultivado es un teocinte anual basado en los siguientes tres postulados de la teoría tripartita (Kato Yamakake, Mapes Sánchez, Mera Ovando, Serratos, H. & Bye Boettler, 2009).



Fuente: Serratos Hernández, J. A., 2009.

Figura 1. Representación gráfica del origen del maíz según Mangelsdorf (1959).

- 1) Que el maíz cultivado fue domesticado de un maíz silvestre palomero-tunicado sin nudos cromosómicos.
- 2) Que el maíz sin nudos cromosómicos se hibridó con el *Tripsacum* que tiene muchos nudos cromosómicos terminales dando origen a un nuevo tipo de planta, el teocinte.
- 3) Que la hibridación directa de maíz con *Tripsacum* o la introgresión de germoplasma de *Tripsacum* vía teocinte a maíz dió origen a la mayoría de los tipos modernos de maíz que existen en América (Kato Yamakake, Mapes Sánchez, Mera Ovando, Serratos, H. & Bye Boettler, 2009).

Según Weatherwax (1955) las especies de *Tripsacum* actuales se han interpretado de dos maneras tomando como base aspectos morfológicos, ha propuesto que el maíz, teocinte y *Tripsacum* fueron originados por algún ancestro común mediante una “evolución divergente ordinaria” que produjo las diferencias entre ellos por “absorción diferencial de órganos durante el desarrollo” (Kato Yamakake, 2009).

Sin haber logrado evidencia alguna acerca del origen de este maíz silvestre hipotético, parece indicar claramente que la teoría tripartita nunca ha sido una teoría sobre el origen del maíz. Más bien ha sido una teoría sobre el origen del teocinte, aceptando siempre como un hecho la existencia de ese maíz silvestre hipotético, y el *Tripsacum*. (Kato Yamakake, et al., 2009).

En los años noventa se consolidaron los argumentos propuestos por Mangelsdorf acerca del origen del maíz con el auxilio de técnicas de biología molecular. Doebley (1992) apoyo la teoría de Beadle, que explicaba que las diferencias morfológicas entre maíz y teocinte “se iniciaron con mutaciones unas cuantas mutaciones que afectaron poderosamente la morfología de la planta de maíz adulta” (Serratos, H., 2009).

Las metodologías moleculares han contribuido para estudiar el marco evolutivo de los organismos que anteceden al maíz y el teocinte, aunque aún hoy en día existe confrontación en cuanto al origen del maíz llegando así a un mismo consenso entre investigadores “el teocinte es el ancestro del maíz” (Serratos, H., 2009).

También existen otros factores que son muy importantes para evaluar el centro de origen y diversificación del maíz, siendo uno de ellos los procesos de domesticación entre los cuales se incluye la intervención humana en la agricultura. Según estudios de Doebley el proceso de

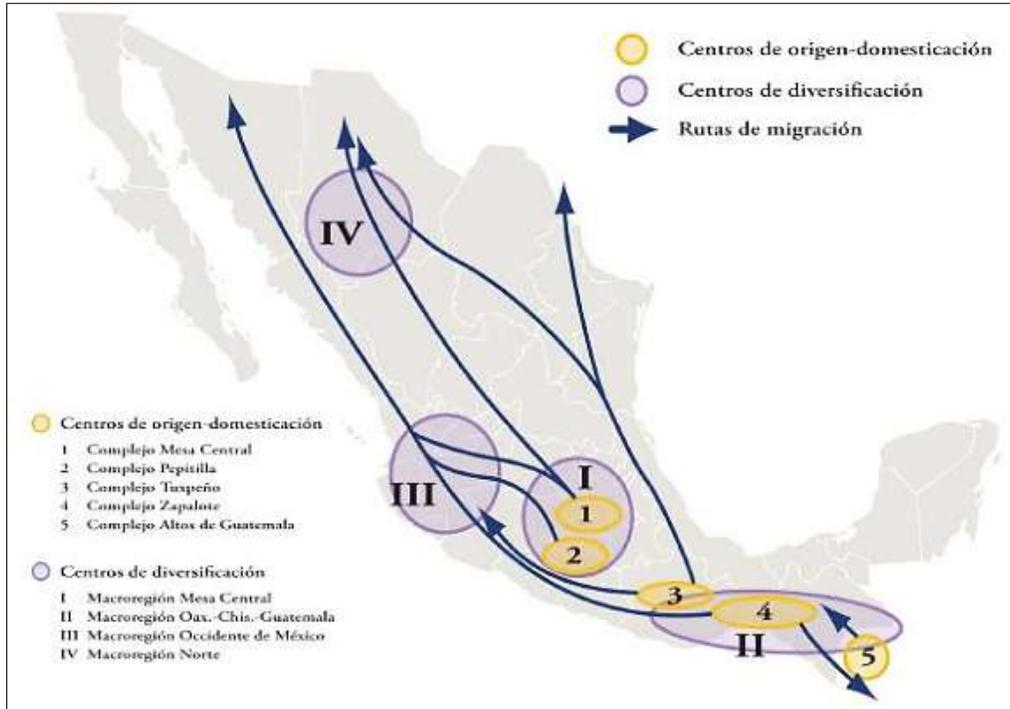
domesticación del maíz surgió hace miles de años en el sur de México identificando así al “teocinte *Zea mays ssp parviglumis* como el progenitor único del maíz, y el teocinte *Zea mays ssp. mexicana* como contribuyente de su diversificación, principalmente del maíz del altiplano” siendo estas dos especies propia de la región de Balsas de México (Serratos, H., 2009).

De acuerdo con la mencionado en el párrafo anterior muchos investigadores siguen el carácter unicentrico de origen del maíz Fukunaga (2005) obtienen resultados que “interpretan en el sentido de que *ssp. huehuetenanguensis* dio origen a los teocintes anuales de México, especie Balsas (*ssp. parviglumis*) y especie Nobogame, Mesa Central, y Chalco (*ssp. mexicana*), olvidando que la especie de Huehuetenango antes descrita posee solamente nudos cromosómicos terminales y en los teocintes anuales de México predominan los nudos intercalares con unos pocos terminales” sin embargo aún estudian el intercambio entre los nudos cromosómicos terminales a intercalares, lo cual causa debate acerca del origen de los teocintes mexicanos de los guatemaltecos (Kato Yamakake, et al., 2009).

2.1.2 Distribución geografica del maíz

La distribución del teocinte se encuentra restringida a áreas tropicales y subtropicales de México, Guatemala, Honduras y Nicaragua mayormente como poblaciones aisladas de tamaños variables ocupando superficies de una hectárea hasta varios kilómetros cuadrados (Sánchez G., 2011).

En base a estudios realizados por McClintock et al. (1981) sobre la morfología de maíces y teocintes en América se origino una teoría del origen del maíz que propone que “el maíz fue originado y domesticado en varias regiones entre México y Guatemala (Mesoamérica)” demostrando que su distribución tuvo un inicio multicéntrico como se muestra en la figura 2, en donde se determinaron cinco centros de domesticación: (Kato Yamakake, et al., 2009).



Fuente: Kato Yamakake, et al., 2009.

Figura 2. Localizaciones de los centros de origen, domesticación y diversificación primarias del maíz según Kato Yamakake, et. al. 2009

- 1) Mesa Central de México, que dio origen al maíz primigenio que se le ha dado el nombre de Complejo Mesa Central.
- 2) Región de altura media en los estados de Morelos, México, Guerrero y sus alrededores, que desarrolló el Complejo Pepitilla.
- 3) La región centro-norte de Oaxaca que originó el Complejo Tuxpeño.
- 4) El territorio comprendido entre los estados de Oaxaca y Chiapas, del cual resultó el germoplasma de - nominado Complejo Zapalote.
- 5) La región alta de Guatemala, del cual surgió el germoplasma que se denominó Complejo Altos de Guatemala.

Según Piperno & Flannery (2001) cree que la domesticación del maíz inicio en la cuenca del río Balsas al sur de México, pero cabe resaltar que aún no se ha completado un registro arqueológico exacto de la domesticación del maíz en México, e incluso podrían encontrarse restos arqueológicos de maíz más antiguos que los reportados (Kato Yamakake, et al., 2009).

También se tiene que tomar en cuenta que la distribución moderna de teocinte puede diferir de su distribución en el momento de la domesticación del maíz, aunque “la distribución actual del eocinte a lo largo de la vertiente occidental de México y Guatemala es paralela a la de antiguas civilizaciones mexicanas de la Mesa Central y los Mayas en Mesoamérica” (Kato Yamakake, et al., 2009).

2.1.3 Teocinte el ancestro del maíz

El término teocinte deriva de la palabra náhuatl “teocentli”, de teo, dios y centli, maíz, “maíz del dios” o “grano de los dioses” (Conabio, 2011).

Beadle, Doebley, Stec & Dorweiller (1997) indican que este problema ha quedado resuelto por los estudios que mostraron que las diferencias morfológicas entre las inflorescencias femeninas del maíz y teocinte son genéticas (Kato Yamakake, et al., 2009).

Después de varios estudios del teocinte ha sido aceptado como el ancestro silvestre del maíz. Algunas especies de teocinte son distintas genética y taxonómicamente a las del maíz, Doebley & Matsuoka (2002) presentan que “la evidencia genética disponible confirma que una especie de teocinte, *Z. mays ssp. parviglumis*, es el antepasado directo del maíz al compartir una relación genética muy estrecha y el teocinte *Z. mays ssp. mexicana* como contribuyente en la diversificación del maíz de la Mesa Central mexicana” (Santacruz Varela, A., 2014).

Harshberger (1896); Mangelsdorf (1964) & Wilkes (1967) mencionan “La clasificación del género *Zea* ha cambiado con el tiempo. En un inicio los primeros ordenamientos emplearon aspectos morfológicos resultantes de la selección humana durante el proceso de domesticación” (Kato Yamakake, et al., 2009).

En base a esto se clasificaron en dos secciones: la sección *Euchlaena* que incluía todos los teocintes en este grupo; y por la otra parte la sección *Zea* que sólo incluía al maíz.

Luego Iltis (1980) & Doebley (2003), elaboraron una clasificación para *Zea* basándose en estructuras morfológicas teniendo como elemento clave las glumas de las espiguillas en las dos especies, ya que es una estructura sin intervención humana. El resultado fue una nueva división que produjo dos secciones: *Luxuriantes* y *Zea*, las cuales se muestran en la figura 3.



Fuente: Davidse, G.; Sousa Sánchez, M.; Chater, A. O., 1994.

Figura 3. Clasificación del Teocinte

La sección Luxuriantes, donde se agrupan dos especies de teocinte anuales de Centroamérica (*Zea luxurians* y *Zea nicaraguensis*), junto a estos una nueva población anual descrita recientemente en el norte de Oaxaca (*Zea sp.*), y los teocintes perennes de México (*Z. perennis* y *Z. diploperennis*) a lo que se agregan dos nuevas poblaciones recientemente descubiertas (*Zea sp.*) una en Nayarit y otra en Michoacán. La sección Zea, se compone solo de la especie *Zea mays*, la cual incluye a su vez la subespecie anual de Guatemala ***Z. mays ssp. huehuetenanguensis***, y las subespecies de teocintes anuales de México (*Z. mays ssp. mexicana*, *Z. mays ssp. parviglumis*) y la del maíz (*Z. mays ssp. mays*) propiamente. (A. Bedoya, Chávez Tovar, 2010).

2.1.4 Similitudes entre el maíz y el Teocinte

El maíz y del teocinte tienen bastantes diferencias morfológicas en especial en la forma y tamaño de la mazorca, sin embargo no son tan distintos genéticamente ya que los dos pueden hibridarse y producir híbridos fértiles; estudios realizados por Doebley muestran que las características morfológicas de ambos dependen de los genes de cada uno (A. Bedoya, 2010).

Así mismo el maíz y del teocinte destacan entre las gramíneas por su tipo de inflorescencia ya que ambas tienen las flores masculinas y femeninas en la misma planta pero en lugares separados. Las inflorescencias masculinas en ambas especies se ubican en la panoja de la parte apical de la planta mientras que las inflorescencias femeninas se ubican en la mazorca en el caso del maíz y en la mazorquilla en del teocinte. El teocinte crece como planta silvestre y puede aparecer en los sembradíos de maíz como una maleza, coincidiendo los períodos de floración llevándose a cabo constantemente cruzamientos naturales (A. Bedoya, 2010).

2.1.5 Teocinte: *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*.

La sección *Zea mays* esta agrupada en cuatro subespecies entre las cuales se encuentra la subespecie huehuetenangensis (*Zea mays L. ssp. huehuetenangensis* Iltis & Doebley) (Kato Yamakake, et al., 2009).

En la Flora Norteamericana *Zea mays ssp. huehuetenanguensis* es morfológicamente similar a la *ssp. parviglumis*, pero a menudo crece más de 5 m de altura, y tiene hojas esencialmente glabras y panículas estaminadas más pequeñas con menos (menos de 40), las ramas más firmes, y diferentes características ecológicas, fenológicas, y moleculares (Iltis, H., 2003).

2.1.6 Clasificación taxonómica

En el cuadro 1 se muestra la clasificación taxonómica del Teocinte elaborado en base al descriptor de maíz (*Zea mays L.*) del Centro Internacional de Recursos Filogenéticos.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del Teocinte

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae
Género	Zea
Especie	mays L.
Subespecie	huehuetenangensis
Nombre Común	Teocinte, huiscatuto

Fuente: elaboración propia, 2016.

Los teocintes más abundantes en la naturaleza son las formas anuales, en la clasificación *Zea* las poblaciones de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis* son encontradas como poblaciones silvestres o semisilvestres (Kato Yamakake, et al., 2009).

Esta subespecie es endémica de la provincia de Huehuetenango, Guatemala, en donde crece como una mala hierba o maleza en los bordes de los campos de maíz en su área de distribución natural, que comúnmente se hibrida con *ssp. mays*. (Herbario de Utah State University). Se encuentra distribuida en la zona de San Antonio Huista, Buxup, Lupina y Tzisbaj en altitudes de 900-1650 msnm en Guatemala (Kato Yamakake, et al., 2009).

2.1.7 Morfología

Wilkes (1993) describe a el teocinte anual y al maíz similares en su morfología general sobre todo en su etapa vegetativa (Rojas, 2010).

El teocinte es una planta herbácea de hábito anual presentando un aspecto similar al del maíz en tallo, hojas y espiga terminal. La característica que los diferencia es el tipo de inflorescencia femenina, en el maíz se presenta en forma de “mazorca polística (varias hileras en granos) con la semilla desnuda, en cambio el teocinte presenta mazorcas dísticas (dos hileras) con la semilla protegida por un segmento duro del raquis” (Kato Yamakake, et al., 2009).

Iltis & Doebley citados por Davidse, G. en la Flora Mesoamerica de la Universidad Autónoma de México la describe a *Zea mays ssp. huehuetenanguensis* así:

- Panícula estaminada 14 cm - 18 cm; racimos de 1 - 65, con una capa basal de abscisión prominente; eje 6 cm - 8 cm; racimo terminal laxo, casi tan delgado como los racimos laterales.
- Espiguillas estaminadas 4.6 mm - 7.2 mm hasta 7.9 mm; pedicelos 3 mm - 5.5 mm.
- Espigas pistiladas 2 o más por rama lateral, 5 cm - 10 cm, dísticas, delgadas; espata 1; entrenudos del raquis 6 mm - 8 mm, desarticulándose.
- Espiguillas pistiladas solitarias, en 2 hileras; entrenudos cupulados del raquis triangulares; gluma inferior endurecida, brillante.

2.1.7.1 Tallo

Agrupar plantas herbáceas con hábitos perennes y anuales, de tallos erectos ramificados, de elevada longitud alcanzando alturas de 2 m a 6 m, con muchos entrenudos con tejido parenquimatoso, sólidos, a menudo con raíces fúlcreas.

2.1.7.2 Hojas

Hojas en su mayoría caulinares; lígula una membrana; láminas grandes, lineares, aplanadas (Davidse, G.; Sousa Sánchez, M.; Chater, A. O., 1994).

2.1.7.3 Flores y fruto

Las flores se presentan en inflorescencias unisexuales. Es inflorescencia es pistilada en una espiga solitaria axilar, delgada y envuelta en una o varias espatas con entrenudos del raquis no articulados e hinchados. El estilo y estigma son solitarios, muy largos, las puntas extendiéndose más allá de las espatas envolventes (Davidse, G. et al., 1994).

Según Wilkes (2004), en la planta del teocinte se desarrolla una espiga masculina en el extremo de cada rama lateral. Las espigas se agrupan en fascículos llamados racimos los cuales

emergen de las ramas laterales dándole así un aspecto de candelabro cuando son robustas, aunque hay una gran porción variable de plantas que no son ramificadas (Rojas, 2010).

Las espiguillas tienen un callo oblicuo, truncado o aplanado con una gluma inferior endurecida, lisa, inconspicuamente alada en la punta y una gluma superior membranácea. El flósculo inferior es estéril con lema inferior pequeña y hialina; pálea inferior pequeña y hialina. El flósculo superior pistilado con lodículas ausentes e hilo punteado (Davidse, G. et al., 1994).

La espiga o inflorescencia masculina también se desarticula por el desarrollo de un tejido de abscisión (Kato Yamakake, et al., 2009).

“El fruto individual del maíz es botánicamente una cariósida, un fruto seco que contiene una sola semilla fusionada en el interior de los tejidos del propio fruto”. Los teocintes anuales de la sección *Zea* tienen cápsulas de los frutos es una cariopsis de forma triangular en su arreglo exterior, contiene dos estructuras hermanas, un germen del cual se desarrollará una nueva planta y un endospermo el cual proveerá los nutrientes a la plántula hasta que ésta logre desarrollar la suficiente área foliar para tornarse en autótrofa. (Muñoz O., A. Cuevas S., Santacruz V., Olvera H., Taboada G, 2001).

2.1.7.4 Semilla

Las semillas de *Zea mays ssp. huehuetenanguensis* son dispersadas en las cápsulas del fruto debido al desarrollo de un tejido de abscisión entre esos segmentos. La espiga o inflorescencia masculina también se desarticula por el desarrollo de un tejido de abscisión. Ésta es una capacidad de dispersión de las semillas que el maíz perdió durante el proceso de domesticación y que distingue a el teocinte como pariente silvestre (Kato Yamakake, et al., 2009). (figura 4)



Fuente: Kato Yamakake, et al., 2009.

Figura 4. La planta del teocinte. A. Vista general de la planta. B. Infrutescencia femenina “mazorquilla” inmadura descubierta. C. Infrutescencia femenina “mazorquilla madura”. D. Cápsulas de fruto “granos” dispersos.

Wilkes (2004) menciona que la cantidad total de semilla producida por una planta de teocinte es aproximadamente de 500 a 800 semillas en 100 mazorcas; y de 5 a 11 semillas por cada espiga. (Kato Yamakake, et al., 2009).

2.1.8 Condiciones ecológicas

Roberts et al. (1957) & Ortega (2003) se refieren al maíz como un cultivo sembrado en varias regiones agroecológicas con altitudes desde 0 m a 4,000 m s.n.m., cultivado en varias latitudes de los dos hemisferios (Kato Yamakake, et al., 2009).

En general el maíz se cultiva en regiones con precipitaciones pluviales desde 400 mm a 3,000 mm y con climas donde las temperaturas en época de veranos son de 21 °C a 27 °C, siendo un cultivo exigente en agua dependiendo de su etapa vegetativa, adaptándose a todo tipo de suelo ya

que su alta diversidad se encuentra en zonas climáticas inestables tanto en el régimen de temperatura como de lluvia.

Según Reyes (1990) la menor cantidad de agua requerida por este cultivo es cuando la semilla germina siempre y cuando se mantenga una humedad constante. Por otra parte, la mayor cantidad de agua requerida es en la etapa vegetativa de crecimiento, siendo la etapa de floración de la cual depende el desarrollo, la polinización y el llenado de los granos por lo que se considera el periodo más crítico para el rendimiento de la planta (Kato Yamakake, et al., 2009).

2.1.9 Fisiología

Wilkes (1993), el ciclo de crecimiento de esta subespecie inicia con las lluvias de verano, en agosto o septiembre el teocinte alcanza la etapa de floración media. La colecta de semillas maduras se da de octubre a diciembre que es cuando caen al suelo y permanecen ahí en latencia hasta el siguiente periodo de lluvias (Mondragón, J., 2009).

Olivo et al. (2001) menciona que una característica fisiológica del maíz es la estructura anatómica de sus hojas ya que tienen dos tipos de células epidérmica y estomáticas que les permite fijar el CO₂ con un gasto menor de energía y pérdida de agua en la evapotranspiración, denominándolas así plantas C4, por lo que se adapta a zonas tropicales en donde la evapotranspiración es alta.

2.1.10 Usos

Desde la época precolombina los antiguos pobladores hacían uso del teocinte y el maíz de los que tal vez se bebía el jugo dulce de la caña. “Por selección humana, se llegó a producir un maíz primitivo, que se consumía de diversas maneras” (Kato Yamakake, et al., 2009).

Ittis (2000) & Vargas (2007) mencionan que una de las grandes creaciones de las culturas mesoamericanas fue el proceso de nixtamalización el cual se utiliza en la elaboración de tamales y tortillas favoreciendo la biodisponibilidad de nutrientes y aminoácidos. Una forma sencilla de utilizar el teocinte calentando la semilla hasta que explote obteniendo lo que hoy se conoce como

“poporopo o palomita de maíz” también se puede moler hasta producir harina (Kato Yamakake, et al., 2009).

Mondragón-Pichardo & Vibrans (2005), el teocinte se utiliza como forraje principalmente en la época de sequía para alimentar borregos, vacas, burros y caballos; además, la semilla se muele para alimentar a cerdos y gallinas (Mondragón, J., 2009).

2.1.11 Genética

Wilkes (1977) explica la gran diversidad de teocinte con la teoría genética de las poblaciones que dice que “los altos niveles de diversidad molecular son el producto de factores como altas tasas de mutación junto con un tamaño grande de población efectiva, aparecen entonces nuevos alelos en una población por el proceso natural de mutación, y la pérdida aleatoria de estos alelos (deriva genética) afectará a pequeñas poblaciones con mayor severidad que las grandes”. Por tanto, las diferentes especies de teocinte tienen cierto grado de aislamiento produciendo así especies fisiológica y genéticamente diferentes (A. Bedoya, 2010).

Gaut et. al. (2000) realizó un estudio en donde explora la evaluación genética en la secuencia del maíz y sus parientes silvestres dando como resultado una historia evolutiva compleja debido a la incompatibilidad filogenética entre genes. Ya que en las secuencias derivadas de plantas de teocinte de diferentes localidades cada taxa tiene un grupo muy bien definido de genes, pero también en cada una de ellas se encuentran secuencias muy parecidas de otras taxas, siendo este resultado de la selección natural y patrones de flujo génico que posiblemente sean comunes en las angiospermas con polinización cruzada.

Otro estudio realizado por Dorweiler et al. (1993) en la transformación del teocinte una especie silvestre a una especie cultivada enfocándose en el desarrollo de la gluma, que es la cubierta que envuelve al grano del teocinte, basándose en los loci implicados utilizando técnicas moleculares y el estudio de caracteres cuantitativos se identificó un locus importante “tga1 (teosinte glume architectu- re1)”, el cual según Bukler & Stevens (2006) una mutación en este gen provocó que la cubierta se volviera más suave siendo este suceso positivo para su domesticación ya que la cubierta del teocinte es demasiado dura para su consumo alimenticio (A. Bedoya, 2010).

A través de las mutaciones o evoluciones de estos genes ocurridas en pocas etapas muestra también la diferencia en la disposición o forma de la planta, el teocinte tiene un tallo erecto que se

ramifica en donde cada una porta flores femeninas y masculinas mientras que el maíz cultivado en cada ramificación porta la flor femenina y que después de la fecundación se forma la flor masculina siendo esta la mazorca (A. Bedoya, 2010).

2.1.12 Metodologías de caracterización

2.1.12.1 Caracterización morfológica

En la identificación de especies, familias y géneros de plantas los caracteres morfológicos han sido muy usados, constituyéndose estos en una herramienta útil e indispensable para realizar numerosos estudios en genética de poblaciones y agricultura (Falconer 1981).

Abadie et ál. (2003) define la caracterización como la “descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma y que permite diferenciar a las accesiones de una especie, sea en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad ó características cuya expresión es poco influenciada por el ambiente” (Tácan Pérez, 2007).

Enríquez (1966) menciona que la mayoría de las plantas cultivadas tiene sus propios descriptores establecidos a través de la variabilidad de caracteres cualitativos y cuantitativos, lo cuales son fácil de trabajar e interpretar ya que son de criterio visual y técnico. Estos descriptores se utilizan para caracterizaciones morfológicas los cuales deben ser fácilmente observables, ser uniformes, ser altamente discriminante y tener baja influencia ambiental para que la colecta y análisis de datos sean lo más simplificado posible (Tácan Pérez, 2007).

Valls (1989) define varios usos para la caracterización tales como: proporcionar un mejor conocimiento del germoplasma, permitir identificar duplicados, permitir identificar genotipos faltantes en las colecciones que facilitan la planificación de nuevas colectas e introducciones; permitir el establecimiento de colecciones núcleos (Tácan Pérez, 2007).

Los aspectos que tomar en cuenta para la caracterización de semillas son:

- Germinación: Es una secuencia de eventos que dan como resultado la transformación de un embrión en estado quiescente en una plántula. En una prueba de germinación estándar,

las semillas se colocan en condiciones ideales de luz y temperatura para inducir la germinación

- Tamaño de la muestra de semillas el cual debe ser por lo menos 1,000 g.

- Pureza: Pureza física, el objetivo del análisis de pureza es determinar:
 - a. La composición en peso de la muestra que se analiza y por consiguiente la composición del lote de semillas
 - b. La identidad de las distintas especies de semillas contaminantes y de las partículas de materia inerte constituyentes de la muestra.

- Vigor: La viabilidad de la semilla es uno de los principales atributos a considerarse en cualquier evaluación de calidad. Isely (1957) define el vigor como la “suma total de todos los atributos de la semilla que favorecen el establecimiento rápido y uniforme de plántulas en el campo”. Existen las pruebas directas en las cuales se expone a las semillas, bajo condiciones controladas en el laboratorio, a los factores adversos (estrés) que se espera reduzcan la emergencia en el campo. Las pruebas indirectas Son aquellas en las que se evalúa o mide una determinada característica de la semilla, que posteriormente se correlaciona con su performance en el campo.

- Sanidad de semillas: concierne principalmente la presencia o ausencia de organismos causantes de enfermedades o pestes, pero incluye además deficiencias nutricionales de las plantas y otras condiciones como senectud de estas.

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.2 Ubicación geográfica del proyecto de investigación

El proyecto de investigación se ejecutará en el Centro Experimental Docente de Agronomía – CEDA- perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado geográficamente en las coordenadas $140^{\circ} 35'6''$ Latitud Norte $900^{\circ} 33'9''$ Longitud Oeste, a 1,502 m s.n.m. (Cordón E.N., 1991), (figura 5).



Fuente: Google Earth, 2017.

Figura 5. Ubicación geográfica de la investigación (CEDA).

2.2.3 Condiciones climáticas

El clima presente en el CEDA se clasifica de la siguiente manera: B2´b´Bi un clima templado con invierno benigno, húmedo con invierno seco. Perteneciente al valle intercolinar de las tierras altas del cinturón volcánico. La zona de vida a la que pertenece es el Bosque Húmedo Subtropical templado (Bh-st). Presenta una precipitación media anual de 1,216 mm distribuidos en 110 días de mayo a octubre, con una temperatura media anual 18.3 °C, una humedad relativa media de 79 % y con un viento de 17.8 km/h (Cordón E.N., 1991).

La FAO (2012), indica que el maíz requiere una temperatura que está entre 15 °C y 30 °C; menciona, además, en un clima templado-frío y sub-cálido.

2.2.4 Suelos

Según el mapa mundial de suelos de la FAO/UNESCO los suelos del CEDA se encuentran clasificados dentro de los suelos cambisoles.

Según Simmons, Tárano y Pinto, “son suelos originados de ceniza volcánica pomácea de color claro, con relieve casi plano y un buen drenaje interno, mientras que la parte superficial presenta un color café muy oscuro, franco arcilloso, de 30 cm a 50 cm de profundidad y la parte subsuperficial es de un color café amarillento a café rojizo, franco arcilloso, entre 50 cm a 60 cm de espesor”.

El declive dominante es de 0 % – 2 %, el drenaje a través del suelo es lento, la capacidad de abastecimiento de humedad es muy alta, el peligro de erosión es bajo, la fertilidad natural es alta y el problema especial que presenta en el manejo del suelo es el mantenimiento de la materia orgánica.

En su mayoría todos los tipos de maíz se adaptan muy bien a todos los tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, con pH de 6,5 a 7,5 es donde se aprecia el mejor desarrollo. Requieren además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje (INFOAGRO, 2012).

2.2.5 Descripción del cultivar de Teocinte

El germoplasma de Teocinte *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis* proviene de un terreno del municipio San Antonio Huista del departamento de Huehuetenango, Guatemala con coordenadas geográficas 15° 30´ 04” de latitud y 91° 46´ 15” de longitud a una altitud de 1,230 m s.n.m.

2.2.5 Trabajo de caracterización de semillas

En Guatemala se han realizado anteriormente trabajos de caracterización de semillas de diferentes cultivos entre los que se puede citar el siguiente trabajo:

2.2.5.1 Caracterización de semilla de chan (*Salvia hispanica* L.) y diseño de un producto funcional que tiene como ingrediente.

El objetivo principal de este estudio fue determinar la composición de nutrientes de la semilla de chan cultivada por pequeños productores de Cunén, El Quiché, y a partir de su contenido de ácido graso alfa linolenico diseñar una barra con alto contenido de este nutriente esencial (Alvarado, 2011).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Caracterizar agromorfológicamente una población de teocinte (*Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*) del municipio de San Antonio Huista del departamento de Huehuetenango de Guatemala en el Centro Experimental Docente de Agronomía.

3.2 Objetivos específicos

1. Generar información acerca de la especie *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis* para aportar a investigaciones futuras.
2. Describir las principales características cualitativas y cuantitativas de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*
3. Determinar el grado de relación entre los caracteres cuantitativos, así como la variabilidad caracteres cuantitativos y cualitativos de *Zea mays L. Ssp. huehuetenangensis*. Para su respectiva aplicación agronómica.

4. METODOLOGÍA

4.1 Descripción del trabajo de investigación

4.1.1 Siembra

Se sembraron 100 plantas de teocinte en bandejas con sustrato peat moss para su germinación (figura 6) y posteriormente trasladarla a campo definitivo, en un área de 100 m lineales previamente preparado con rastra y paso de arado, colocadas a cada 0.5 m (figura 7).



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 6. Fotografía de la siembra en bandeja de semilla de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*



Fuente: Andrea Meoño, 2015.

Figura 7. Fotografía del establecimiento de plantación en campo de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*.

Se realizó un monitoreo constante en donde se realizó tres controles fitosanitarios preventivos en las etapas de emergencia, floración y madurez fisiológica. Donde se utilizó insecticidas acompañado de abonos foliares.

4.1.2 Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual, identificando primeramente que el grano haya llegado a madurez fisiológica. La recolección se realizó en cada unidad experimental en este caso 30 muestras en condiciones favorables, utilizando sobres de papel previamente identificados para cada muestra.

Luego se realizó el secado del grano de forma ancestral, hasta cuando el grano presento 13 % de humedad. Posteriormente se realizó el desgranado y se guardó la semilla en sobres de papel para su pesado, en el cual se obtuvo el peso de 1,000 granos.

4.1.3 Diseño experimental

En la caracterización no se utilizó un diseño experimental. Únicamente se analizaron 30 muestras de las 100 plantas debido a que fueron las únicas muestras que en las condiciones experimentales tuvieron un buen desarrollo.

4.1.4 Variables por estudiar

Para la caracterización de dicha especie se utilizaron los descriptores de maíz (*Zea mays L.*) publicado por el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR, por sus siglas en inglés), se utilizaron 28 descriptores de los cuales 18 corresponden a descriptores cuantitativos y 10 son cualitativos (cuadro 2).

Cuadro 2. Descriptores utilizados para la caracterización de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*.

Características de la planta	Descriptores	
	Cuantitativos	Cualitativos
Vegetativos	Días hasta la antésis Días hasta la emisión de estigmas Altura de la planta Índice de macollamiento Número total de hojas por planta Longitud de la hoja Ancho de la hoja Longitud de la panoja Longitud del pedúnculo Tamaño de la espiga	Color del tallo Orientación de las hojas
Mazorquilla	Longitud de la mazorquilla Número de mazorquillas por planta Número de hileras de grano por mazorquilla Número de granos por hilera	Cobertura de la mazorquilla Daños a la mazorquilla
Grano	Peso de 1000 granos Longitud del grano Ancho del grano Grosor del grano	Tipo de grano Color del grano Forma de la superficie del grano Color del pericarpio Color de la aleurona Color del endospermo

Fuente: elaboración propia, 2015.

4.1.4.1 Características Vegetativas

Las características vegetativas incluyen toda la etapa de crecimiento de la planta desde siembra hasta su cosecha. Para la toma de datos vegetativos se tomaron 30 plantas por entrada.

A. Días hasta la antésis

La antésis se refiere al período de la floración masculina de la planta, se tomó el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas ha liberado el polen (IBPGR, 1991).

B. Días hasta la emisión de estigmas

Se refiere al período de floración femenina, se tomó el número de días desde la siembra hasta que han emergido los estigmas del 50% de las plantas (IBPGR, 1991).

C. Altura de la planta

Se obtuvo el promedio de la medición desde la base de la planta hasta el punto donde la panoja empieza a ramificarse, este valor se registró en centímetros (IBPGR, 1991).

D. Índice de macollamiento

El macollo es una ramificación del tallo desde la base de la planta. Se midió al momento de la floración masculina realizando un promedio del número de macollos por planta todas las plantas (IBPGR, 1991).

E. Color del tallo

Se indicó el color del tallo predominante al momento de la floración por observación directa: 1 (Verde), 2 (Rojo sol), 3 (Rojo), 4 (Morado) y 5 (Café) (IBPGR, 1991).

F. Número total de hojas por planta

Se contabilizó el número total de hojas por planta y luego se obtuvo el promedio por planta (IBPGR, 1991).

G. Longitud de la hoja

Esta medición se realizó después de la floración, midiendo en centímetros desde la lígula hasta el ápice de la hoja que sobresale de la mazorca más alta en cada planta (IBPGR, 1991).

H. Ancho de la hoja

En esta medición se utilizó la misma hoja de cada planta utilizada para la medición de su longitud, midiéndolo en el punto medio de la hoja en centímetros (IBPGR, 1991).

I. Orientación de las hojas

Esta descripción se realizó después de la floración en cada planta de acuerdo a lo siguiente: 1 (Erectas) y 2 (Colgante) (IBPGR, 1991).

Las siguientes características se realizarán después del estado lechoso (grano verde o llenado del grano) de la planta:

J. Longitud de la panoja

Se midió la distancia en centímetros, entre la primera ramificación y la última rama primaria en centímetros en cada planta (IBPGR, 1991).

K. Longitud del pedúnculo

Se obtuvo un promedio de la medición del pedúnculo en centímetros de cada planta al momento de la floración (IBPGR, 1991).

L. Tamaño de la espiga

Se realizó la medición en cada planta clasificándolas de acuerdo a la siguiente descripción: 3 (Pequeña), 5 (Mediana) y 7 (Grande) (IBPGR, 1991).

4.1.4.2 Características de la mazorquilla

Los datos de las características de la mazorquilla se tomaron durante la cosecha.

A. Cobertura de la mazorquilla

Se observó la cobertura y se clasificó de acuerdo a la siguiente descripción para cada planta: 3 (Pobre), 5 (Intermedia) y 7 (Buena) (IBPGR, 1991).

B. Daños a la mazorquilla

Se realizó la medición cualitativamente del grado del daño a la mazorquilla en cada planta, ya sea por pudrición, insectos, etc. clasificándolas de acuerdo a la siguiente descripción: 0 (Ninguno), 3 (Poco) y 7 (Grave) (IBPGR, 1991).

C. Longitud de la mazorquilla

La longitud se midió en centímetros en la mazorquilla más alta en cada planta (IBPGR, 1991).

D. Número de hileras de grano por mazorquilla

Se contabilizó el número hileras de grano por mazorquilla de cada planta y se registró el valor promedio (IBPGR, 1991).

E. Número de granos por hilera

Se contabilizó el número de granos por hilera de la mazorquilla más alta de cada planta y se registró el valor promedio. (IBPGR, 1991).

4.1.4.3 Características del fruto

Estas características se realizaron por observación directa después de la cosecha. Se utilizaron 50 granos tomados al azar del total de la cosecha, utilizando los mismos granos para cada descriptor.

A. Tipo de grano

Se indicó como máximo tres tipos de grano en orden de la frecuencia siguiente: 1 (Harinoso), 2 (Semiharinoso; con una capa externa de endosperma duro), 3 (Dentado), 4 (Semidentado; entre dentado y cristalino, pero más parecido al dentado), 5 (Semicristalino; cristalino de capa suave), 6 (Cristalino), 7 (Reventador), 8 (Dulce), 9 (Opaco), 10 (Tunicado) y 11 (Ceroso) (IBPGR, 1991).

B. Color de grano

Esta medición se realizó al momento de la cosecha y se clasificó el color de cada grano de acuerdo con la escala siguiente: 1 (Blanco), 2 (Amarillo), 3 (Morado), 4 (Jaspeado), 5 (Café), 6 (Anaranjado), 7 (Moteado), 8 (Capa blanca) y 9 (Rojo) (IBPGR, 1991).

C. Peso de 1,000 granos

Esta variable se determinó después de la cosecha desgranando alrededor de 10 – 15 mazorquillas y se registró el peso de 1,000 granos expresado en gramos (IBPGR, 1991).

D. Longitud del grano

Se midió la longitud de cada grano utilizado anteriormente registrando el valor en centímetros (IBPGR, 1991).

E. Ancho del grano

Se midió el ancho de cada grano en su punto medio registrando el valor en centímetros (IBPGR, 1991).

F. Grosos del grano

Con la ayuda de un calibrador (vernier) se midió el grosor de cada grano en el punto medio registrando el valor promedio en milímetros (IBPGR, 1991).

G. Forma de la superficie del grano

Se observó y clasificó la forma predominante de cada grano de acuerdo a la siguiente escala: 1 (Contraído), 2 (Dentado), 3 (Plano), 4 (Redondo), 5 (Puntiagudo) y 6 (Muy puntiagudo) (IBPGR, 1991).

H. Color del pericarpio

Se observó y clasificó de acuerdo con la siguiente descripción: 1 (Incoloro), 2 (Blanco grisáceo), 3 (Rojo), 4 (Café) y 5 (Otro; especificar) (IBPGR, 1991).

I. Color de la aleurona

Se observó y clasificó de acuerdo con la siguiente descripción: 1 (Incoloro), 2 (Bronceado), 3 (Rojo), 4 (Morado) y 5 (Otro; especificar) (IBPGR, 1991).

J. Color del endospermo

Se observó y clasificó de acuerdo con la siguiente descripción: 1 (Blanco), 2 (Crema), 3 (Amarillo pálido), 4 (Amarillo), 5 (Anaranjado) y 6 (Capa blanca). (IBPGR, 1991)

4.1.5 Análisis de la información

El análisis de la información se realizó por medio de estadística descriptiva y así poder medir y/o observar las medidas y tamaños promedios de los diferentes caracteres fisiológicos del teocinte.

Para la determinación de la variabilidad de caracteres morfológicos cualitativos entre las muestras se empleó la frecuencia que es un parámetro estadístico que nos indica el porcentaje que una determinada característica, se repite dentro de un conjunto de muestras analizadas.

Para la determinación de la variabilidad morfológica de los caracteres cuantitativos se utilizaron parámetros estadísticos de promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. El promedio nos refleja el valor medio de un conjunto de datos, la desviación estándar se la nos indica el grado de dispersión entre los valores de las muestras y el coeficiente de variación es el valor más adecuado que nos permite comparar la variabilidad que existe entre las mismas.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis agromorfológico

5.1.1 Caracteres cualitativos

Las características cualitativas evaluadas fueron a nivel de grano, mazorquilla y foliar se determinó que el 77 % de las muestras recolectadas presentaron un color de tallo verde y el 23 % fueron rojo sol, la orientación de las hojas fueron colgantes en su totalidad y el tamaño de la espiga presente en las muestras recolectadas fue el 100 % tamaño mediano. En lo respecta a la mazorquilla presento una cobertura 90 % buena y el 10 % intermedia; presentando un daño del 17 % de las muestras recolectadas.

En el grano las todas las muestras recolectadas presentaron un pericarpio de color café, con aleurona incolora y el endospermo 88 % blanco y 12 % crema (figura 8). Además, todas las muestras recolectadas presentaron un grano del tipo harinoso y de color jaspeado-café (60 % de las muestras) y 40 % color blanco. Finalmente, en lo referente a la superficie del grano, se indicó que es puntiagudo en un 82 % y muy puntiagudo un 18 % (figura 9).



Figura 8. Semillas (material genético) de *Zea Mays L. ssp. huehuetenangensis* obtenido de la investigación



Figura 9. Forma y color del grano de *Zea Mays L. ssp. huehuetenangensis*

En el cuadro 3 se muestran los resultados de los caracteres cualitativos de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

Cuadro 3. Frecuencia de caracteres cualitativos del material recolectado.

Descripciones		Frecuencia
Color del Tallo	1. Verde	23
	2. Rojo Sol	7
	3. Rojo	0
	4. Morado	0
	5. Café	0
Orientación de las hojas	1. Erectas	0
	2. Colgantes	30
Cobertura de la mazorquilla	3. Pobre	0
	5. intermedia	3
	7. Buena	27
Tamaño de la espiga	3. Pequeña	0
	5. Mediana	30
	7. Grande	0
Daños a la mazorquilla	0. Ninguno	25
	3. Poco	5
	7. Grave	0
Tipo de grano	1. Harinoso	30
Color del grano	1. Blanco	20
	2. Amarillo	0
	4. Jaspeado	30
	5. Café	
Forma de la superficie del grano	4. Redondo	0
	5. Puntigudo	9
	6. Muy puntigudo	41
Color de pericarpio	4. Café	50
Color de la aleurona	1. Incoloro	50
Color del endospermo	1. Blanco	44
	2. Crema	6
	3. Amarillo Pálido	0

5.1.2 Caracteres cuantitativos

En las características cuantitativas, las plantas de teocinte se tomaron alrededor de 119 días para la floración masculina (figura 10) y 132 días para la floración femenina (mazorquilla) (figura 11). Teniendo como altura promedio de las treinta muestra recolectadas 107.55 cm, con un índice promedio de macollamiento del 3.43.



Figura 11. Floración masculina de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*



Figura 10. Floración femenina *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

La longitud de las mazorquillas presento un promedio de 8.05 cm, con 2 hileras de grano por mazorquilla y 9 granos por hilera; finalmente los granos presentaron un promedio de 0.68 cm de largo, 0.49 cm de ancho y 4.72 mm de grosor (figura 12 y 13).



Figura 12. Hileras de grano de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*



Figura 13. Mazorquillas de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

El peso obtenido de 1,000 granos a un porcentaje de humedad del 13 % registrado fue de 51.23 g (figura 14).



Figura 14. Peso de granos

En los cuadros 4 y 5, se muestran los resultados obtenidos de los caracteres cuantitativos de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

Cuadro 4. Análisis de caracteres cuantitativos de 50 granos de especímenes de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

No. De Grano	Longitud (cm)	Grosor (mm)	Ancho (cm)
1	0.81	4	0.41
2	0.62	4	0.4
3	0.71	4	0.4
4	0.7	5	0.49
5	0.61	6	0.58
6	0.73	6	0.58
7	0.71	5	0.57
8	0.8	5	0.61
9	0.62	5	0.5
10	0.61	4	0.57
11	0.71	6	0.62
12	0.58	5	0.52
13	0.62	5	0.51
14	0.61	4	0.4
15	0.62	5	0.49
16	0.73	4	0.4
17	0.71	5	0.5
18	0.8	4	0.41
19	0.74	4	0.42
20	0.61	4	0.4
21	0.73	5	0.52
22	0.63	4	0.53
23	0.67	5	0.61
24	0.68	5	0.48
25	0.62	5	0.42
26	0.7	6	0.53
27	0.79	5	0.48
28	0.67	5	0.5
29	0.62	3	0.55
30	0.71	4	0.4
31	0.66	5	0.57
32	0.61	4	0.43
33	0.6	4	0.4
34	0.63	6	0.4
35	0.8	5	0.59
36	0.7	5	0.48
37	0.71	4	0.51
38	0.65	5	0.5
39	0.64	5	0.43
40	0.68	6	0.47
41	0.7	5	0.5
42	0.65	4	0.51
43	0.62	4	0.53
44	0.61	5	0.49
45	0.6	4	0.53
46	0.78	5	0.5
47	0.71	4	0.46
48	0.6	4	0.49
49	0.69	5	0.56
50	0.73	6	0.58
Promedio	0.68	4.72	0.49
DesvEst	0.06	0.73	0.07
CV	9.35	15.46	13.33

Cuadro 5. Análisis de los caracteres cuantitativos de 30 especímenes de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

No. de Planta	Días hasta la antésis	Días hasta la emisión de estigmas	Altura de la planta	Índice de macollamiento	Número total de hojas por planta	Longitud de la hoja	Ancho de la hoja	Longitud de la panoja	Longitud del pedúnculo	Número de mazorquillas por planta	Longitud de la Mazorquilla	Número de hileras de grano por mazorquilla	Número de granos por hilera
M1	118	140	103	4	9	43	4	70.6	32.3	24	7.4	2	8
M2	118	140	100	4	8	58.3	4.4	64	35.9	21	8.5	2	10
M3	118	140	86.8	3	5	38	3.3	60.3	26.4	19	8	2	10
M4	123	140	107	6	11	36.3	4.9	73.8	33.1	27	7.5	2	10
M5	123	130	99.8	5	10	36.1	3	67.7	32	23	7.8	3	9
M6	123	130	125.5	4	13	40	4.5	90.9	34.5	22	8	2	10
M7	117	130	109.1	3	10	34.5	4.3	76.5	32.5	18	8	3	11
M8	118	130	104	3	7	32.5	2.9	68	35.9	19	7.7	2	8
M9	118	130	102.3	4	9	27	4.1	65	37.2	21	8.3	2	9
M10	118	130	125.6	4	15	46	3	86	39.5	22	8.5	2	9
M11	118	130	100	4	7	36.4	3.8	72.5	27.4	19	6	2	8
M12	117	130	127.8	4	12	34	4	94.5	33.2	24	8	3	9
M13	117	130	97.8	3	6	50.2	4.4	71.3	26.4	20	9	2	7
M14	120	140	115.6	3	8	31.2	3.8	79.9	35.6	21	9	2	10
M15	120	140	112	3	7	44.4	3.6	78.2	33.7	20	7.5	2	10
M16	120	140	127.2	3	13	52.8	5.1	88.7	38.4	19	8.3	2	10
M17	120	140	118	3	11	35.6	2	83.3	34.6	21	8	2	8
M18	118	140	105	3	8	37.3	4	71.3	33.6	22	8.5	2	8
M19	118	140	106.9	3	7	31.2	3.9	70.6	36.2	19	9.5	2	8
M20	118	140	100	2	6	27.4	4.3	73.6	26.3	13	8	2	9
M21	118	140	104.2	2	6	33.6	4.5	72.1	32	15	8.8	2	8
M22	115	130	106.5	3	8	50.3	4.9	72.9	33.5	20	8	2	10
M23	115	130	109.4	3	8	53.5	4.7	74.8	34.5	21	8	2	8
M24	118	135	108.5	3	11	34.6	4	72.8	35.6	19	7	2	8
M25	118	135	110	3	7	47	3.8	76.6	33.3	22	7.5	2	8
M26	118	135	128.4	2	15	56.7	4	90.4	37.9	14	10	2	8
M27	120	135	99.3	4	10	31.4	4	68.8	30.4	25	8.3	2	9
M28	120	135	94.4	4	8	34.7	3.4	62.7	31.6	24	7.4	2	11
M29	120	135	97.4	4	10	33.2	4.2	67.6	29.7	22	7	2	8
M30	120	135	95	4	8	28	3.3	62.1	32.8	20	8	2	8
Promedio	118.73	135.17	107.55	3.43	9.10	39.17	3.94	74.25	33.20	20.53	8.05	2.10	8.90
DesvEst	1.96	4.45	10.87	0.86	2.62	8.91	0.67	8.93	3.46	3.04	0.78	0.31	1.06
CV	1.65	3.29	10.10	25.00	28.76	22.75	17.07	12.03	10.41	14.79	9.63	14.53	11.93

Como se puede observar en la figura 15, la altura de planta promedio es de 107.55 cm, la altura mínima registrada es de 86.6 cm (M3) y la máxima de 128.4 cm (M26). Existe una relación exponencial de grado 3 con respecto al número de hojas y la altura de la planta, al aumentar la altura de la planta también aumenta el número de hojas. En la altura mínima se presentan 5 hojas (altura = 86.8 cm) desde la altura de la primera mazorca y en la altura máxima se presentan 15 hojas (altura = 128.4 cm).

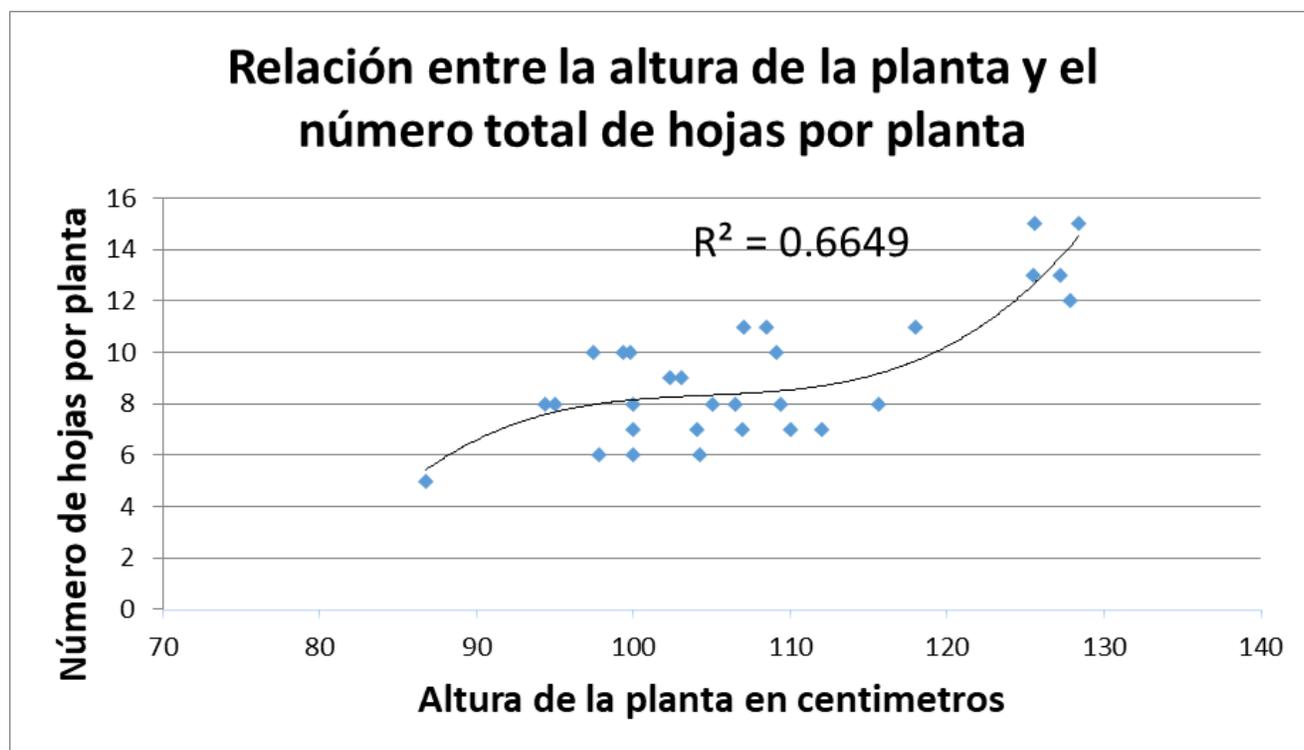


Figura 15. Gráfica de altura de la planta y hojas por planta de *Zea mays L. ssp. huehuetenenagensis*.

Respecto a la longitud y ancho de la hoja, se observa en la figura 16 que existe una relación lineal con respecto a las variables, es decir que sin importar la longitud de las hojas, todas presentan la misma media en cuanto al ancho en centímetros. La longitud máxima de la hoja de la primera mazorquilla registrada es de 58.3 cm (M2) y la mínima es 27 cm (M9), presentando 4.4 y 4.1 hojas respectivamente cada planta.

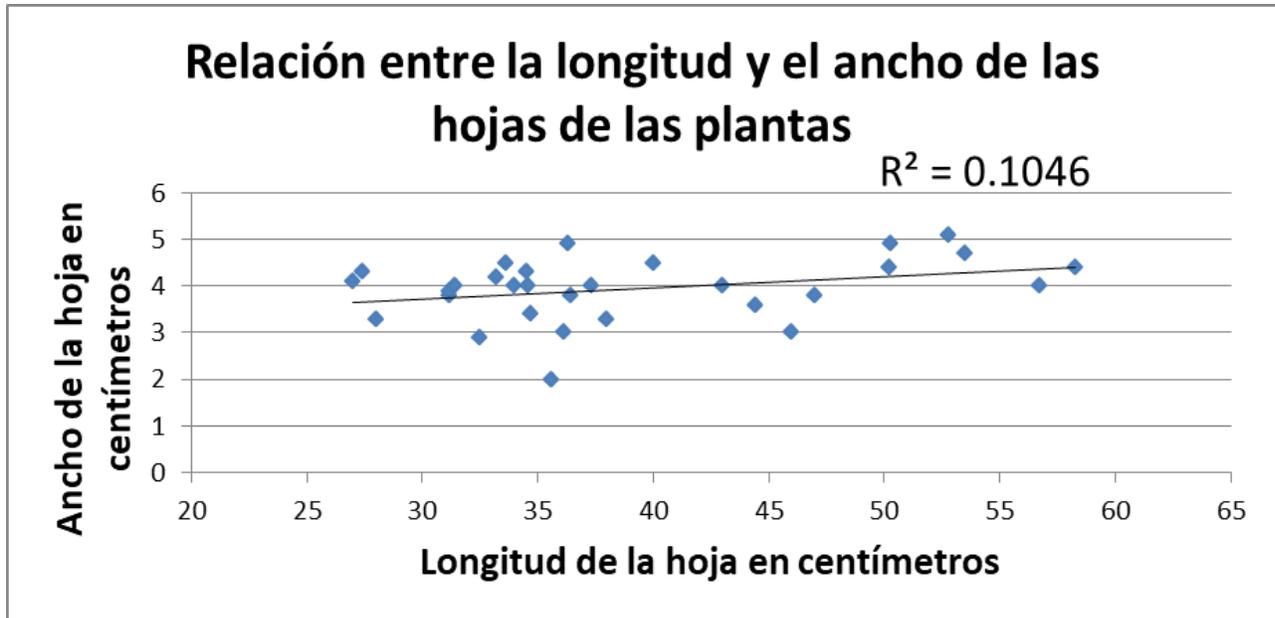


Figura 16. Gráfica de longitud y ancho de la hoja *Zea mays L. ssp. huehuetenenagensis*

En la figura 17 se puede observar que el número de hileras de grano por mazorquilla no tiene relación con respecto al número de granos por hilera, ya que las mazorquillas tienen 2 y 3 hileras únicamente y cada hilera tiene entre 7 y 11 granos. La muestra M7 presenta la mayor cantidad de hilera de granos por mazorca (3 hileras) y mayor número de granos por hilera (11 granos) la muestra M13 presenta menor número de granos por hilera (7 granos) y menor número de hileras de grano por mazorca (2 granos).

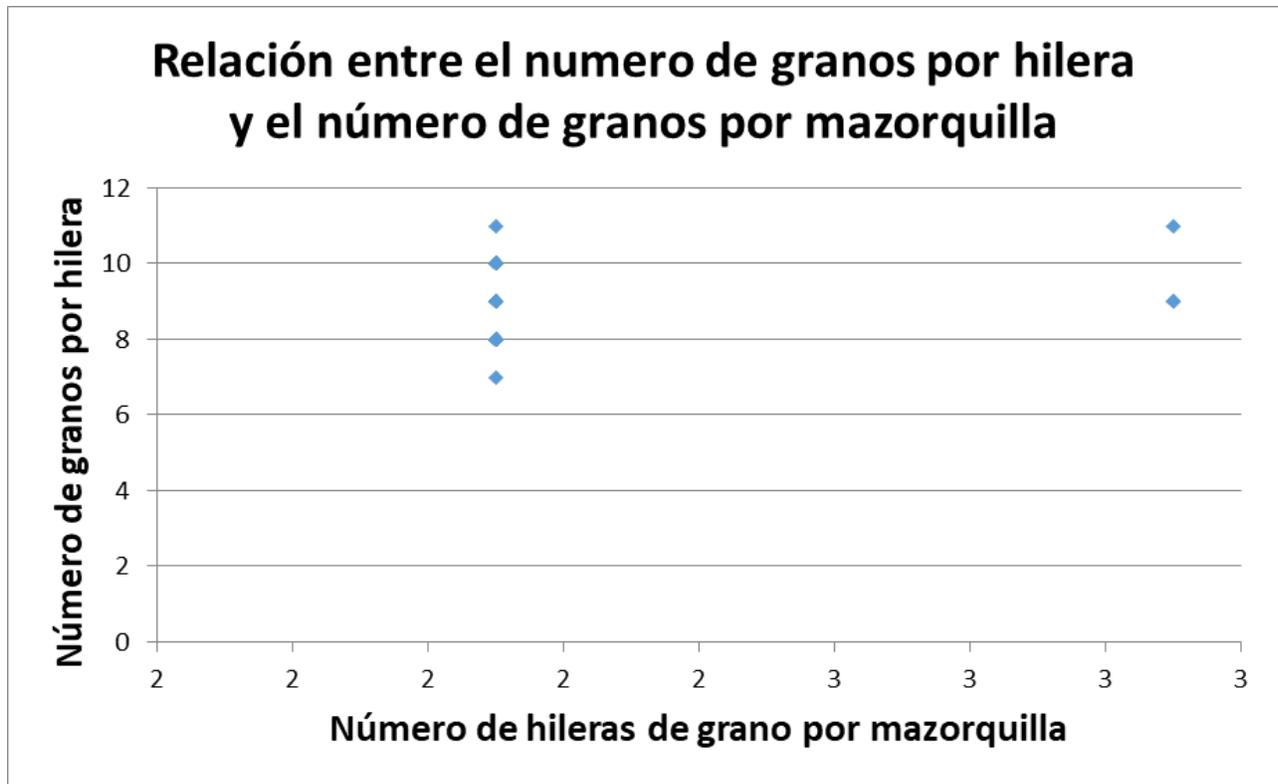


Figura 17. Gráfica de número de hilas de grano por mazorquilla y número de granos por hilera de *Zea mays L. ssp. huehuetenenagensis*

En la figura 18, se observa que existe una relación lineal con una constante lo cual indica que sin importar que la planta tenga más mazorquillas, las mazorquillas tendrán la misma longitud en centímetros. El número promedio de mazorquillas por planta es de 20.53, el número máximo registrado es de 27 mazorquillas por planta (M4) y el mínimo es de 13 mazorquillas (M20), en lo que respecta a la longitud de las mazorquillas no depende de la longitud de la misma, la longitud máxima es de 10 cm (M20) siendo esta la que registra el menor número de mazorquillas.

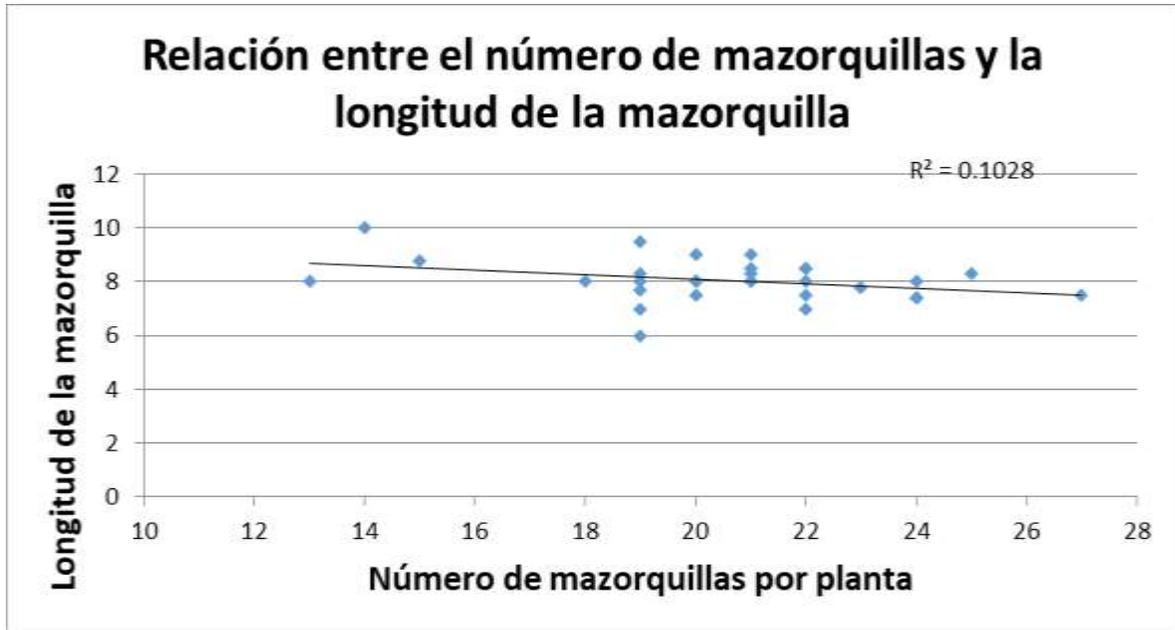


Figura 18. Gráfica de longitud y número de mazorquillas por planta de *Zea mays L. ssp. Huehuetenenagensis*.

En la figura 19, existe una relación lineal con una constante lo cual hace que sin importar la longitud del grano, el ancho siempre será el mismo. La longitud promedio del grano se encuentra en 0.68 cm en todas las muestras y el ancho del grano es de 0.49 cm. Las muestras 1 y 8 presentan la misma longitud de grano (0.8 cm) y son superiores en relación a las demás, mientras que el ancho del grano no varía mucho entre las muestras.

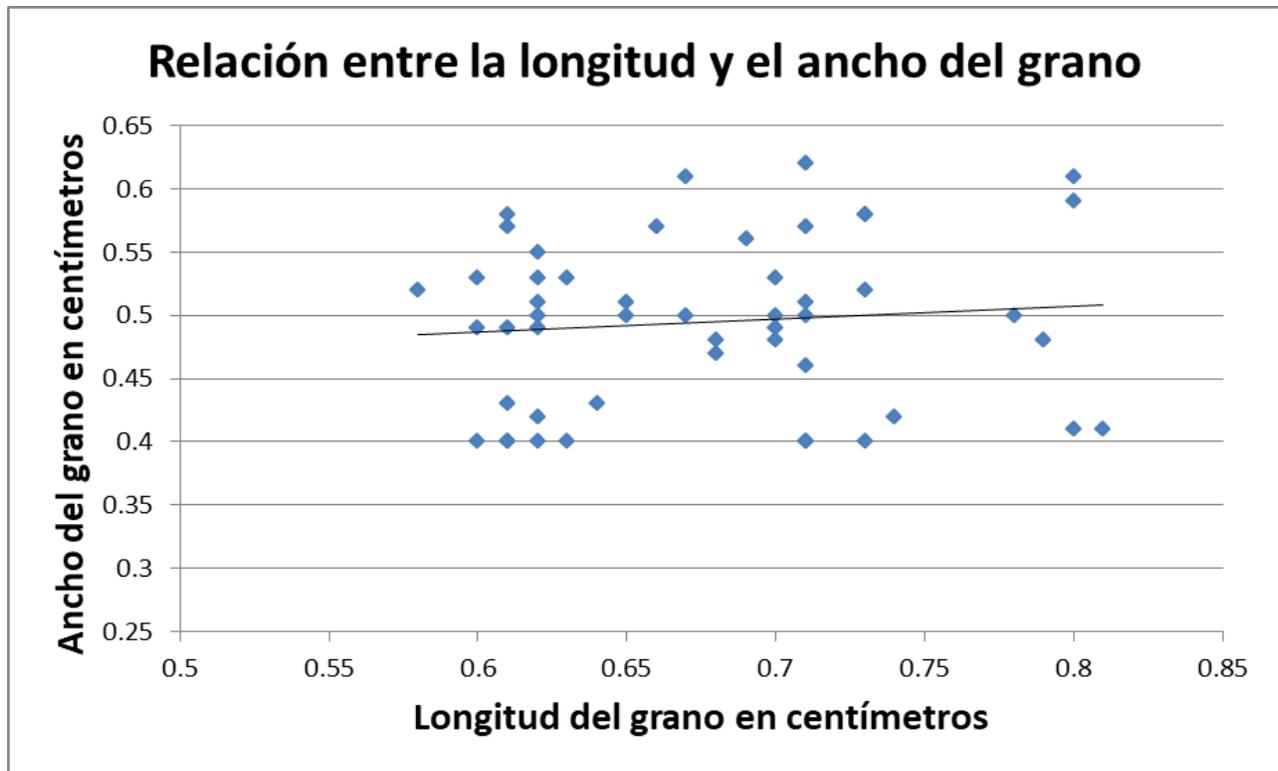


Figura 19. Gráfica de longitud y ancho del grano de *Zea mays L. ssp. huehuetenenagensis*

6. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones climáticas del CEDA presentadas durante el desarrollo de la planta, solo el 30 % de la población inicial cumplió con el desarrollo fenológico de la misma. Presentando un período de emergencia a los 10 a 15 días desde la siembra en bandeja, así como un período de floración masculina que ocurrió a los 119 días y la floración femenina a los 135 días desde el día de la siembra. El tiempo a la cosecha de las mazorquillas fue de 60 días después de la floración femenina y la obtención del grano seco fue 15 días después.
2. A nivel foliar el teocinte presentó un tallo de color verde en su mayoría (77 %), siendo la cantidad de follaje intermedia ya que el índice de macollamiento promedio fue de 3.43 por planta, la cobertura de la mazorquilla es buena. La planta de teocinte alcanzó una altura promedio de 107.55 cm aunque puede llegar a una máxima de 128.4 cm, la altura a la que se ubicó la primera mazorquilla desde el nivel del suelo fue de 33.20 cm (longitud del pedúnculo). La longitud y ancho de la hoja promedio fue de 39.17 cm y 3.94 cm respectivamente mientras que la longitud de la panoja fue de 74.25 cm. A nivel de mazorquilla cada planta presento alrededor de 20.53 mazorquillas con una longitud 8.05 cm, cada una con 2.10 hileras de grano y 8.90 granos por mazorquilla en promedio.
3. Los frutos en su mayoría fueron en su orden de color jaspeado-café (60%) y blanco (40%), con una superficie puntiaguda y con dimensiones promedio de 0.68 cm de largo, 4.72 mm de grosor y 0.49 cm de ancho, todos de tipo harinoso.
4. La variabilidad entre los caracteres cualitativos de las muestras de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis* fue similar tanto a nivel foliar, mazorquilla y grano, de igual manera en las características cuantitativas dado que el coeficiente de variación calculado no supera el 28.76%.
5. El grado de relación entre caracteres cuantitativos de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis* fue proporcional solamente en la altura de la planta y en número de hojas, debido a que a mayor altura aumenta el número de hojas por planta. En las características restantes no existe relación en cuanto al aumento de una con otra.

7. RECOMENDACIONES

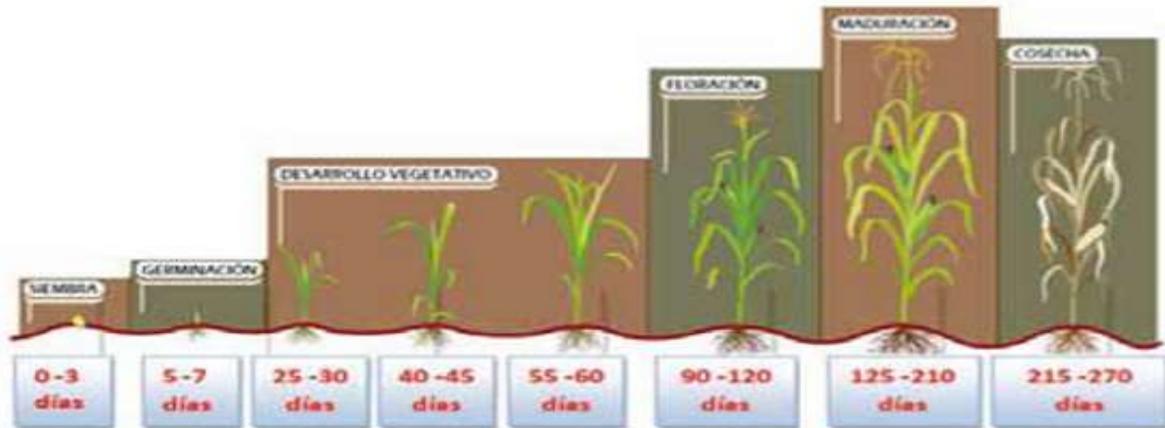
1. Realizar la siembra y cosecha de *Zea mays L. ssp. huehuetenagensis* en un suelo rico en materia orgánica con buen drenaje y un porcentaje alto de humedad en el suelo para así garantizar un rendimiento alto al momento de la cosecha.
2. Realizar evaluaciones de rendimiento en diferentes localidades en donde existan variaciones climáticas con respecto a su lugar de origen (San Antonio Huista) para que de esta manera se pueda empezar con la adaptación y propagación garantizando la existencia de esta.
3. Realizar la investigación planteada en las condiciones de San Antonio Huista para tener de manera completa un comparador que ayude a determinar la adaptación y desarrollo del teocinte en otras zonas distintas.
4. Conservar el material obtenido en bancos de semilla o germoplasma para investigaciones futuras en las cuales se pueda estudiar el mejoramiento genético y así favorecer su existencia e introducción cultural y alimenticia en generaciones futuras.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarado Rupflin, DI. 2011. Caracterización de semilla de chan (*Salvia hispanica L.*) y diseño de un producto funcional que la contiene como ingrediente (en línea). Revista 23 de la Universidad del Valle de Guatemala no. 23:43-49. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en http://www.uvg.edu.gt/publicaciones/revista/volumenes/numero-23/REVISTA_23_pag_43-49.pdf
2. Bedoya, C. A.; Chávez Tovar, V.H. 2010. Teocintle el ancestro del maíz. Claridades Agropecuarias no. 201: 32-42.
3. Congreso de la República de Guatemala, GT. 2014. Decreto 13-2014: ley que declara al maíz (*Zea mays L.*) como patrimonio cultural intangible de la nación. Diario de Centro América, Guatemala, mayo, 16: p. 1-2
4. Cordón, EN. 1991. Levantamiento detallado de suelos del Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 137 p.
5. Davidse, G; Sousa Sánchez, M; Chater, A. O. (eds.). 1994. Flora Mesoamericana: Alismataceae a Cyperaceae. Zea L. Trad. Sousa-Peña, M.; Cruickshank V., M. México, D. F., México, Universidad Nacional Autónoma de México. v. 6, p. 400-401.
6. El cultivo de maíz (en línea). 2012. INFOAGRO. Consultado 1 ago 2016. Disponible en www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp
7. Falconer, D.1981. Introduction to quantitative genetics. New York, US, Longman340 p.
8. FAO. 2012. Mejoramiento de maíz con objetivos especiales (en línea). Roma, Italia. Consultado el 1 ago 2016. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s21.com
9. Hernández Casillas, JM. 2010. Proyecto: conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009 (en línea). México, D.F., México, CONABIO. Consultado el 1 jul 2015. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo8_ResultadosProyectos/F2016/Convenio%207%20Regiones/Centro/Informe%20final/Inf%20Fin_EdoMex-DF_FZ016.pdf
10. IBPGR, 1991. Descriptores para el maíz. México, D.F., México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos. p 1-28.
11. Iltis, H. H. Doebley, J.F. 2003. Zea L. (en línea). Flora de Norteamérica. v. 25. Consultado 30 jun. 2015. Disponible en <http://herbarium.usu.edu/webmanual>

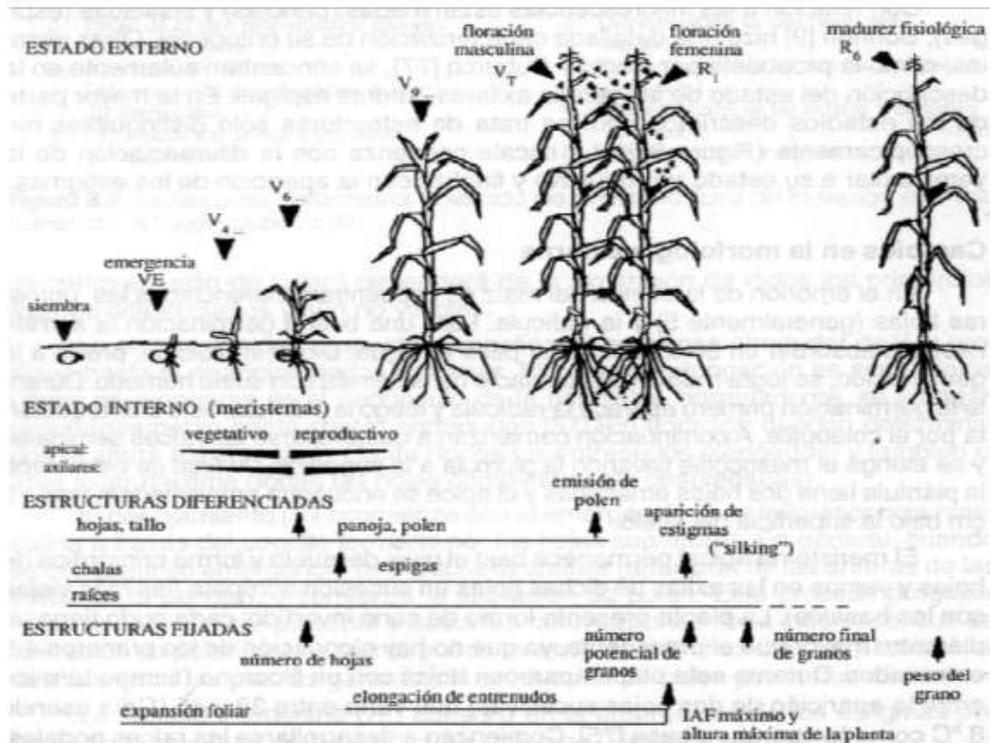
12. Kato Yamakake, T; Mapes Sanchez, C; Mera Ovando, L; Serratos Hernández, J.A; Bye Boettler, R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. México, D.F., México, Universidad Nacional Autónoma de México / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 p.
13. Mondragón, J. 2009. *Zea mays ssp. parviglumis* H. H. Iltis & Doebley (en línea). México, CONABIO: Consultado 2 jul 2015. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/zea-mays-parviglumis/fichas/ficha.htm>
14. Osorio Vásquez, R. 1988. Caracterización agromorfológica y bromatológica de 15 cultivares de ayote *Cucurbita sp.* en Jalapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 112 p.
15. Rocandio Rodríguez, M; Santacruz-Varela, A; Córdova Téllez, L.; López Sánchez, H.; Castillo Gonzales, F.; Lobato Ortiz, R.; García Zavala, J.; Ortega Paczka, R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37 (4): 351-361.
16. Rojas Victoria, NJ. 2010. Biomasa y análisis bioquímico en teocintle perenne (*Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Gúzman) en diferentes etapas fenológicas (en línea). Tesis MSc. México, COLPOS. 76 p. Consultado el 29 jun. Disponible en <http://www.biblio.colpos.mx/...>
17. Sánchez G, 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" (en línea). Consultado 2 jul. 2015. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Jesus_Sanchez_2011.pdf
18. Santacruz Varela, A. 2014. Diversidad y distribución del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37 (4): 311-312
19. Serratos Hernández, JA. 2009. Origen y la diversidad del maíz en el continente americano. México, Universidad Autónoma de la Ciudad de México/ Greenpeace. 33p.
20. Simmonds, NW. 1976. Evolution of corp plants. Poaceae. Edinburgh, Reino Unido, Edinburgh School of Agriculture/ Longman Scientific & Technical. 338 p.
21. Tacán Pérez, MV. 2007. Caracterización agromorfológica e identificación de zonas potenciales de conservación y producción de guanábana (*Annona muricata*) y chirimoya (*Annona cherimola*) en fincas de agricultores y condiciones ex situ en Costa Rica (en línea). Tesis MSc. Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Costa Rica, CATIE. 115 p. Consultado 30 jun 2015. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2953E/A2953E.PDF>

9. ANEXOS



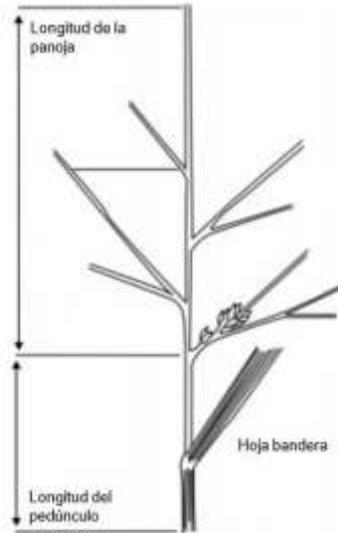
Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2,000.

Figura 20A. Ciclo Vegetativo del maíz



Fuente: Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, 2,004.

Figura 21A. Estado Fenológico del Maíz



Fuente: IBPGR, 1,991.

Figura 22A. Características Vegetativas



Fuente: IBPGR, 1,991.

Figura 23A. Forma de la superficie del grano de *Zea mays* L. ssp. *huehuetenangensis*

Cuadro 6A. Datos recolectados del grano de *Zea mays L. ssp. huehuetenangensis*

No. De Grano	Longitud (cm)	Grosor (mm)	Ancho (cm)	Tipo de grano	Color del grano	Forma de la superficie	Color del pericarpio	Color de la aleurona	Color del endospermo
1	0.81	4	0.41	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
2	0.62	4	0.4	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
3	0.71	4	0.4	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
4	0.7	5	0.49	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
5	0.61	6	0.58	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
6	0.73	6	0.58	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
7	0.71	5	0.57	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
8	0.8	5	0.61	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Crema
9	0.62	5	0.5	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
10	0.61	4	0.57	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
11	0.71	6	0.62	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
12	0.58	5	0.52	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
13	0.62	5	0.51	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
14	0.61	4	0.4	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
15	0.62	5	0.49	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Crema
16	0.73	4	0.4	Harinoso	Blanco	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Crema
17	0.71	5	0.5	Harinoso	Blanco	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
18	0.8	4	0.41	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
19	0.74	4	0.42	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
20	0.61	4	0.4	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
21	0.73	5	0.52	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
22	0.63	4	0.53	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
23	0.67	5	0.61	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
24	0.68	5	0.48	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
25	0.62	5	0.42	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
26	0.7	6	0.53	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
27	0.79	5	0.48	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
28	0.67	5	0.5	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
29	0.62	3	0.55	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
30	0.71	4	0.4	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Crema
31	0.66	5	0.57	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Crema
32	0.61	4	0.43	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Crema
33	0.6	4	0.4	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
34	0.63	6	0.4	Harinoso	Blanco	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
35	0.8	5	0.59	Harinoso	Blanco	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
36	0.7	5	0.48	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
37	0.71	4	0.51	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
38	0.65	5	0.5	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
39	0.64	5	0.43	Harinoso	Jaspeado y Café	Muy Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
40	0.68	6	0.47	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
41	0.7	5	0.5	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
42	0.65	4	0.51	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
43	0.62	4	0.53	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
44	0.61	5	0.49	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
45	0.6	4	0.53	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
46	0.78	5	0.5	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
47	0.71	4	0.46	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
48	0.6	4	0.49	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
49	0.69	5	0.56	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
50	0.73	6	0.58	Harinoso	Jaspeado y Café	Puntiagudo	Café	Incoloro	Blanco
Promedio	0.68	4.72	0.49						
DevEst	0.08	0.73	0.07						
CV	9.35	15.46	13.33						

Cuadro 7A. Datos recolectados de la mazorquilla y foliares de *Zea mays* L. ssp. *huehuetenangensis*

Número de Planta	Días hasta la antésis	Días hasta la emisión de estigmas	Altura de la planta	Índice de macollamiento	Color del tallo	Número total de hojas por planta	Longitud de la hoja	Ancho de la hoja	Orientación de las hojas	Longitud de la panoja	Longitud del pedúnculo	Tamaño de la espiga	Número de mazorquillas por planta	Longitud de la Mazorquilla	Número de hileras de grano por mazorquilla	Número de granos por hilera	Cobertura de la mazorquilla	Daños a la mazorquilla
M1	118	140	103	4	Verde	9	43	4	Colgantes	70.6	32.3	Mediana	24	7.4	2	8	Buena	Ninguno
M2	118	140	100	4	Verde	8	58.3	4.4	Colgantes	64	35.9	Mediana	21	8.5	2	10	Buena	Ninguno
M3	118	140	86.8	3	Verde	5	38	3.3	Colgantes	60.3	26.4	Mediana	19	8	2	10	Buena	Ninguno
M4	123	140	107	6	Verde	11	36.3	4.9	Colgantes	73.8	33.1	Mediana	27	7.5	2	10	Buena	Ninguno
M5	123	130	99.8	5	Verde	10	36.1	3	Colgantes	67.7	32	Mediana	23	7.8	3	9	Buena	Ninguno
M6	123	130	125.5	4	Verde	13	40	4.5	Colgantes	90.9	34.5	Mediana	22	8	2	10	Buena	Ninguno
M7	117	130	109.1	3	Verde	10	34.5	4.3	Colgantes	76.5	32.5	Mediana	18	8	3	11	Intermedio	Ninguno
M8	118	130	104	3	Rojo Sol	7	32.5	2.9	Colgantes	68	35.9	Mediana	19	7.7	2	8	Buena	Ninguno
M9	118	130	102.3	4	Rojo Sol	9	27	4.1	Colgantes	65	37.2	Mediana	21	8.3	2	9	Buena	Ninguno
M10	118	130	125.6	4	Rojo Sol	15	46	3	Colgantes	86	39.5	Mediana	22	8.5	2	9	Buena	Poco
M11	118	130	100	4	Verde	7	36.4	3.8	Colgantes	72.5	27.4	Mediana	19	6	2	8	Buena	Poco
M12	117	130	127.8	4	Verde	12	34	4	Colgantes	94.5	33.2	Mediana	24	8	3	9	Buena	Poco
M13	117	130	97.8	3	Verde	6	50.2	4.4	Colgantes	71.3	26.4	Mediana	20	9	2	7	Buena	Ninguno
M14	120	140	115.6	3	Verde	8	31.2	3.8	Colgantes	79.9	35.6	Mediana	21	9	2	10	Buena	Ninguno
M15	120	140	112	3	Verde	7	44.4	3.6	Colgantes	78.2	33.7	Mediana	20	7.5	2	10	Buena	Ninguno
M16	120	140	127.2	3	Verde	13	52.8	5.1	Colgantes	88.7	38.4	Mediana	19	8.3	2	10	Intermedio	Ninguno
M17	120	140	118	3	Verde	11	35.6	2	Colgantes	83.3	34.6	Mediana	21	8	2	8	Buena	Ninguno
M18	118	140	105	3	Verde	8	37.3	4	Colgantes	71.3	33.6	Mediana	22	8.5	2	8	Buena	Ninguno
M19	118	140	106.9	3	Verde	7	31.2	3.9	Colgantes	70.6	36.2	Mediana	19	9.5	2	8	Buena	Ninguno
M20	118	140	100	2	Verde	6	27.4	4.3	Colgantes	73.6	26.3	Mediana	13	8	2	9	Buena	Ninguno
M21	118	140	104.2	2	Verde	6	33.6	4.5	Colgantes	72.1	32	Mediana	15	8.8	2	8	Buena	Ninguno
M22	115	130	106.5	3	Rojo Sol	8	50.3	4.9	Colgantes	72.9	33.5	Mediana	20	8	2	10	Buena	Ninguno
M23	115	130	109.4	3	Rojo Sol	8	53.5	4.7	Colgantes	74.8	34.5	Mediana	21	8	2	8	Buena	Ninguno
M24	118	135	108.5	3	Verde	11	34.6	4	Colgantes	72.8	35.6	Mediana	19	7	2	8	Buena	Ninguno
M25	118	135	110	3	Verde	7	47	3.8	Colgantes	76.6	33.3	Mediana	22	7.5	2	8	Buena	Poco
M26	118	135	128.4	2	Rojo Sol	15	56.7	4	Colgantes	90.4	37.9	Mediana	14	10	2	8	Buena	Ninguno
M27	120	135	99.3	4	Rojo Sol	10	31.4	4	Colgantes	68.8	30.4	Mediana	25	8.3	2	9	Intermedio	Poco
M28	120	135	94.4	4	Verde	8	34.7	3.4	Colgantes	62.7	31.6	Mediana	24	7.4	2	11	Buena	Ninguno
M29	120	135	97.4	4	Verde	10	33.2	4.2	Colgantes	67.6	29.7	Mediana	22	7	2	8	Buena	Ninguno
M30	120	135	95	4	Verde	8	28	3.3	Colgantes	62.1	32.8	Mediana	20	8	2	8	Buena	Ninguno
Promedio	118.73	135.17	107.55	3.43	-----	9.10	39.17	3.94	-----	74.25	33.20	-----	20.53	8.05	2.10	8.90	-----	-----
DesvEst	1.96	4.45	10.87	0.86	-----	2.62	8.91	0.67	-----	8.93	3.46	-----	3.04	0.78	0.31	1.06	-----	-----
CV	1.65	3.29	10.10	25.00	-----	28.76	22.75	17.07	-----	12.03	10.41	-----	14.79	9.63	14.53	11.93	-----	-----