

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



**Componentes de calidad de semilla de maíces nativos de la
Comarca Lagunera**

Por

MARENI GUZMAN ROBLERO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Componentes de calidad de semilla de maíces nativos de la

Comarca Lagunera

Por

MARENI GUZMAN ROBLERO

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por



DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
Presidente



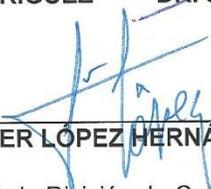
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
Vocal



M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ
Vocal



DR. JORGE QUIROZ MERCADO
Vocal suplente



M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Componentes de calidad de semilla de maíces nativos de la Comarca
Lagunera**

Por

MARENI GUZMAN ROBLERO

TESIS

Que se somete a la consideración del Comité de Asesoría como requisito parcial
para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por

ORALIA ANTUNA
DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
Asesor Principal

Armando Esp
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
Coasesor

Jose Luis Coyac Rodriguez
M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ
Coasesor

Javier Lopez Hernandez
M.E. JAVIER LOPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre, 2018



AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por darme la salud, sabiduría y conocimiento, quien me ha guiado para salir adelante, para alcanzar mis sueños.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por haberme brindado la oportunidad de ser alumno de esta institución, para formar como profesionalista y lograr que mis sueños se hicieran realidad, ser **Ingeniero Agrónomo**, gracias por todo lo que me diste, Educación, Vivienda y Alimentación.

A mis padres **Natividad Guzmán Roblero** y **Melida Roblero Ángel** que me dieron su apoyo incondicional para lograr mis metas, sus consejos gracias por confiar en mí. Mis más sinceros agradecimientos.

A la **Dra. Oralia Antuna Grijalva** por permitir que fuera parte de su equipo de trabajo y por cada uno de los consejos que me dio, y sobre todo por su confianza, gracias por todo el apoyo brindado, gracias a las instrucciones para que este proyecto se realizará.

Al **Dr. Armando Espinoza Banda** por el apoyo brindado y entera disposición para culminar este trabajo, además del gran conocimiento que me han transmitido. Gracias.

A **Alex Edray Hernandez Vázquez**, por apoyarme en todos los aspectos para culminar con la meta, brindarme su confianza.

A mis maestros por transmitir los conocimientos, en mi etapa de formación profesional.

DEDICATORIAS

A mi esposo: **Alex Edray Hernández Vázquez**

A mi hijo: **Azael Alejandro Hernández Guzmán**

A mis padres:

Natividad Guzmán Roblero

y

Melida Roblero Angel

A mi hermanos:

Adin Amador Guzmán Roblero

y

Jessica Imelda Guzmán Roblero

RESUMEN

El acopio de información de maíces nativos utilizados en los programas de mejoramiento facilita a los mejoradores la obtención de cualidades aprovechables y la asociación entre las características agronómicas y los atributos de calidad de semilla permite ampliar la caracterización, lo cual puede originar en una fuente de características, nuevas exóticas y favorable. El objetivo del presente trabajo fue: medir los índices de calidad fisiológica y física de semillas de maíces nativos de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango. Se evaluaron 30 colectas que se obtuvieron en 43 localidades de la región. La investigación se realizó en el ciclo primavera-verano del año 2017 en el laboratorio I del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna en Torreón, Coahuila. Se midieron las variables de calidad fisiológica de semilla como: ensayo de germinación estándar (GE) y para medir el vigor se realizó la prueba la Longitud media de plúmula (LP). Se evaluó también la calidad física de la semilla con la determinación de las siguientes variables: el Peso de Mil Semillas (PMS), la Longitud de Semilla (LS), el Ancho de Semilla (AS), el Espesor de Semilla (ES) y el Peso volumétrico (PV). Los resultados del comportamiento de calidad de semilla mostraron diferencias estadísticas entre los indica que de alguna forma los genotipos poseen características genéticas y fisiológicas diferentes. En el tamaño de semilla, se observa que el genotipo 1, 5, 18 y 28 se ubicó entre los materiales de mayor tamaño (LS, AS, ES) y también fue el mayor PMS. Los genotipos 8, 18 y 30 presentaron los mejores valores de germinación estándar con 100%, con respecto a los otros materiales. Por otra parte, fue el menor crecimiento de plúmula fue con 9.68 cm, sin embargo, es consideradas aún

de alto vigor. Las diferencias en niveles de calidad entre los genotipos, indican la respuesta de estas hacia el mejoramiento genético,

Palabras claves: *Zea mays* L., Colectas, Maíces nativos, Calidad fisiológica y Física de semilla.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| DEDICATORIAS..... | ii |
| ÍNDICE DE CONTENIDO..... | v |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | ix |
| RESUMEN | iii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Objetivo | 2 |
| 1.2. Hipótesis | 2 |
| II. REVISION DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Diversidad de maíces nativos | 3 |
| 2.2 Maíces nativos | 4 |
| 2.3. Valor nutricional del maíz | 5 |
| 2.4. Situación actual de maíces nativos en México | 5 |
| 2.5. Calidad fisiológica de semillas | 7 |
| 2.6. Generalidades de semilla | 9 |
| 2.6.1. Semillas de calidad | 10 |
| 2.7. Estructura del grano de maíz | 11 |
| 2.7.1. Pericarpio | 11 |
| 2.7.2. Endospermo | 12 |
| 2.7.3. Germen | 12 |
| 2.8. Composición química de las partes del grano | 13 |
| 2.9. Características del grano de maíz | 14 |
| 2.9.1. Peso del grano de maíz | 14 |
| 2.9.2. Recolección del grano de maíz | 14 |
| 2.9.3. Calidad del grano de maíz | 14 |
| 2.10. Clasificación de semillas | 15 |
| 2.10.1. Semillas duras | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 2.10.2. Semillas latentes..... | 15 |
| 2.10.3. Semillas muertas..... | 16 |
| 2.11. Germinación..... | 16 |
| 2.11.1 Tipos de germinación..... | 16 |
| 2.12. Variabilidad genética..... | 17 |
| 2.13. Mutación genética..... | 18 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 20 |
| 3.1. Localización del área de estudio..... | 20 |
| 3.2. Localización del sitio de estudio..... | 21 |
| 3.3. Localización del sitio experimental..... | 22 |
| 3.4. Condiciones climáticas..... | 23 |
| 3.4.1. Clima..... | 23 |
| 3.4.2. Temperatura..... | 23 |
| 3.4.3. Precipitación pluvial..... | 23 |
| 3.4.4. Humedad Relativa..... | 23 |
| 3.4.5. Evaporación..... | 24 |
| 3.4.6. Evapotranspiración..... | 24 |
| 3.4.7. Heladas..... | 24 |
| 3.4.8. Vientos..... | 24 |
| 3.4.9 Suelos..... | 24 |
| 3.5. Colecta del material genético (maíces nativos)..... | 24 |
| 3.6. Identificación del material genético (maíces nativos)..... | 25 |
| 3.7. Variables morfológicas..... | 27 |
| 3.8. Variables de calidad fisiológica..... | 28 |
| 3.8.1. Ensayo de germinación estándar..... | 28 |
| 3.8.2. Desarrollo y evaluación de plántulas..... | 28 |
| 3.8.3. Peso de mil semillas (PMS)..... | 30 |
| 3.8.4. Peso volumétrico (PV)..... | 30 |
| 3.8.5. Longitud de semilla (LS)..... | 30 |
| 3.8.6 Ancho de Semilla (AS)..... | 30 |
| 3.8.7 Espesor de Semilla (ES)..... | 31 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| Promedio de componentes de calidad fisiológica de semilla de maíces nativos | 34 |
| Germinación estándar (GE) | 34 |
| Longitud media de plúmula (LP) | 35 |
| Promedio de componentes de calidad física de semilla de maíces nativos | 37 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 2 |
| VII. ANEXOS | 9 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Composición por cada 100 gramos de maíz amarillo, según Maya, (2018). | 5 |
| Cuadro 2. Colectas de maíces nativos en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018..... | 26 |
| Cuadro 3. Colectas de maíces nativos en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018..... | 27 |
| Cuadro 4. Rangos para la longitud media de plúmula utilizada para determinar el vigor en plántulas (Peretti, 1994)..... | 29 |
| Cuadro 5. Cuadrados medios para variables de calidad fisiológica y física de semillas de maíces nativos. | 33 |
| Cuadro 6. Comparación de medias de los genotipos evaluados para las variables de calidad fisiológica de semilla. | 36 |
| Cuadro 7. Comparación de medias de los genotipos evaluados para las variables de calidad física de semilla..... | 1 |

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

| | |
|--|----|
| Figura 1. Estructura composicional del grano de maíz según (UNAM, 2017). ... | 13 |
| Figura 2. Localización Comarca Lagunera, en el estado de Coahuila y Durango. UAAAN UL, 2018..... | 20 |
| Figura 3. Localización del municipio de Torreón en la región de la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila y Durango. UAAAN UL, 2018. | 21 |
| Figura 4. Localización del sitio experimental en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (Laboratorio de Fitomejoramiento). UAAAN UL, 2018..... | 22 |
| Figura 5. Localización geográfica de los sitios donde se realizaron las colectas de maíces nativos en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018.. | 25 |

I. INTRODUCCIÓN

México, es considerado el lugar de origen y domesticación del maíz (*Zea mays* L.) y uno de los centros más reconocidos de su diversidad por todo el territorio. La evaluación de la diversidad en maíces nativos es importante para el planteamiento de estrategias de conservación, caracterización y uso del germoplasma en el mejoramiento genético, dado su potencial como fuente de características nuevas, exóticas y favorables (González *et al.*, 2013).

Sin embargo, el maíz criollo que se cultiva en México, presenta algunas características poco deseables como el bajo potencial productivo debido a las condiciones de temporal en que es establecido, sin embargo, los agricultores deberán adecuar las siembras acordes a la irregularidad de las lluvias que se presentan durante el año, desarrollando a través del tiempo sus propios materiales de siembra (genotipos criollos), aprovechando la variabilidad genética que presentan. Por su parte la gran mayoría de los productores en el campo, los que utilizan semilla criolla hasta hoy en día ofrecen resistencia a sustituirlas por materiales mejorados (variedades e híbridos). Muchos de estos materiales criollos, han sido utilizados de generación en generación donde se han obtenido combinaciones de acuerdo a la observación y la experiencia propia (Hernández, 2016).

Un factor importante a considerar viene a ser la calidad de la semilla, considerado este como un factor preponderante para el agricultor, porque de ello dependerá el número de plantas desarrolladas con excelentes características

agronómicas en un área determinada, es decir, aquellas que muestran un alto vigor (Delouche and Cadwell, 1962). Las semillas de alta calidad son aquellas que pueden ser sembradas en condiciones poco óptimas y con viabilidad alta en su almacenamiento durante un mayor tiempo en comparación con lotes de semillas que presentan un menor vigor, pero dentro del rango de calidad. De ahí que la calidad de la semilla se reflejará en el efecto fundamental en cuanto al rendimiento del cultivo (Hilmig y Méndez, 2007).

Por lo anterior el programa de mejoramiento y conservación de recursos genéticos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ha incluido además de la evaluación agronómica, la medición de índices de calidad de semilla, para incluirlos en su programa de selección y mejoramiento de germoplasma criollo de maíz.

1.1. Objetivo

Medir la medición de índices de calidad fisiológica de semillas de maíces nativos de la región de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango.

1.2. Hipótesis

Ho: La semilla de maíces nativos presentan buenas características en su calidad fisiológica.

Ha: La semilla de maíces nativos no presenta buenas características en su calidad fisiológica.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Diversidad de maíces nativos

Las variedades criollas de maíz que han sido conservadas por los agricultores en los sistemas de producción asociados con la economía campesina poseen alta variabilidad genética y recombinación como resultado de las variaciones y contribuyen a la evolución en sus conjuntos productivos (Aramendiz *et al.*, 2005). Los sistemas agrícolas, depende de la productividad de los mismos y de las condiciones ambientales bajo las que se cultiva. En México los cultivos de maíz nativo poseen una gran diversidad genética. El 80 % de la superficie cultivada en el país corresponde a maíz nativo y el 20 % a maíces mejorados (Aragón *et al.*, 2006). Estos cultivos se encuentran principalmente en condiciones de temporal y los agricultores generalmente disponen de más de una variedad nativa adaptada a su ambiente (Marcos, 2016).

Para mantener la diversidad es necesario diseñar mecanismos de intervención que no solamente estimulen la conservación del material genético, sino que también contribuyan a mejorar los resultados productivos y económicos para los agricultores (Aguirre *et al.*, 2010), al permitir el acceso a la diversidad de las variedades nativas de la región, capacitación en técnicas de selección y la manipulación de semilla para mantener las características valiosas (Bellon *et al.*, 2004).

González *et al.*, (2013) mencionan que la evaluación de la diversidad en maíces nativos es importante para el planteamiento de estrategias de

conservación, caracterización y uso del germoplasma en el mejoramiento genético. Por su parte Vigouroux *et al.*, (2008), señalan que dado su alto potencial son considerados como fuentes benéficas y exóticas para la población.

Los grupos heterogéneos de agricultores de México cultivan diferentes poblaciones de maíz en múltiples condiciones agroecológicas, colaborando a la diversificación de las razas de maíz en todo el país (Kato *et al.*, 2009), conservarlos es una tarea ineludible que requiere definir estrategias a corto plazo, es de suma importancia sustentar la necesidad de proteger el germoplasma nativo y garantizar su conservación *in situ* (Fernández *et al.*, 2013); Por lo que se debe deducir de conservar no sólo estos materiales, sino especialmente los procesos de producción que desde tiempos ancestrales han generado, mantenido y diversificado las razas nativas (Kato *et al.*, 2009).

Los agricultores del campo son los que se han encargado de conservar y seleccionar semilla de sus poblaciones de maíz durante varios años (Dzib *et al.*, 2016). Esto conlleva a que nuevas generaciones conozcan el valor alimenticio y traten de conservar las razas nativas de maíces, con la finalidad de no perder el material genético.

2.2. Maíces nativos

La siembra de semillas criollas de maíz por los campesinos, ha generado un recurso fitogenético de gran biodiversidad, con más de 50 razas nativas reconocidas (Kato *et al.*, 2009).

2.3. Valor nutricional del maíz

Cuadro 1. Composición por cada 100 gramos de maíz amarillo, según Maya, (2018).

| Nutrientes | Composición por 100 gramos de maíz amarillo cocido |
|--|--|
| Carbohidratos..... | 19.0 g |
| Azúcares..... | 3.2 g |
| Proteínas..... | 3.2 g |
| Retinol (Vitamina A)..... | 10µg (1%) |
| Tiamina (Vitamina B ₁)..... | 0.2 mg (15%) |
| Niacina (Vitamina B ₃)..... | 1.7 mg (11%) |
| Ácido fólico (Vitamina B ₉)..... | 46.0µg(12%) |
| Vitamina C..... | 7.0mg (12%) |
| Hierro..... | 0.5mg (4%) |
| Magnesio..... | 37.0mg(10%) |
| Potasio..... | 270mg(6%) |

2.4. Situación actual de maíces nativos en México

México, es considerado como el centro de origen, domesticación y dispersión del maíz (*Zea mays* L.). En la actualidad se han descrito alrededor de 59 razas potencialmente diferentes (Matsuoka *et al.*, 2002; Ángeles *et al.*, 2010). En el continente americano se reportan alrededor de unas 300 razas. La variación México representa un 22.7 por ciento de la diversidad del maíz en el continente (Serratos, 2009).

Los maíces nativos, además de ser parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, son el sustento de miles de familias en zonas rurales, por lo que su protección y conservación resulta fundamental. Se han identificado una serie de ventajas para las variedades locales en las pequeñas unidades de producción, entre las que destaca la posibilidad de hacer un mejor manejo del riesgo agrícola, lo que proporciona mayores garantías en la producción alimentos en cantidad suficiente (Fernández *et al.*, 2013). La diversidad del maíz en las regiones se puede reforzar a través de la selección de maíces por los agricultores en el mejoramiento participativo y en las ferias de semillas (Dzib, 2016).

La variabilidad genética de maíz constituye una riqueza para la población mundial y puede ser la base para lograr la soberanía alimentaria en México y el mundo, ante los cambios climáticos y la pérdida de criollos nativos. La diversidad de maíz en México ha sido caracterizada en estudios morfológicos, bioquímicos, y moleculares (Preciado y Montes, 2011).

Herrera *et al.*, (2000), por su parte identificaron 11 caracteres morfológicos que recomiendan usar para la evaluación de la diversidad genética.

Sin embargo, Doebley *et al.*, (1984) analizaron el patrón de 13 isoenzimas en 94 accesiones (34 razas) de maíz mexicano y reportaron una gran variación tanto dentro de razas (72 %) como entre población (27 %).

Sánchez *et al.*, (2000), estudiaron morfológicamente y por isoenzimas a 209 accesiones de 59 razas, y encontraron mayor diversidad entre poblaciones que entre razas.

Reif *et al.*, (2006), utilizaron 25 marcadores SSR para caracterizar 25 accesiones de 24 razas mexicanas, y también reportaron gran variabilidad en el material utilizado. Por lo tanto, se vieron buenos resultados asegurando mayor variabilidad entre población de material genético.

2.5. Calidad fisiológica de semillas

La calidad fisiológica de una semilla resulta de la historia de la planta madre, primero la adquisición de la habilidad para producir semillas vigorosas y tolerar el secado, entonces la pérdida de vigor es un proceso de envejecimiento que empieza durante el secado de la semilla (Powell *et al.*, 1984).

Las diferencias estructurales de mayor importancia en la semilla son: tamaño, forma y tipo de endospermo, el cual es el mayor componente de la semilla con aproximadamente el 82%, seguido del germen, 12%, pericarpio, 5%, y pedicelo, 1% (FAO, 1993).

Existe gran diversidad en tamaño, forma y composición de la semilla debido a factores genéticos, ambientales y a la ubicación de ésta en la mazorca (Boyer y Hannah., 2001).

La germinación involucra cambios a nivel celular y genético como la hidratación de proteínas, respiración, proliferación celular o la activación de genes para la liberación de exudados (Walker *et al.*, 2003).

Mendoza *et al.*, (2004), mencionan que la madurez fisiológica no es el mejor indicador de la máxima calidad de la semilla sino la acumulación de materia seca, son cuatro los componentes que originan que una semilla sea de máxima calidad, el genético, fisiológico, físico y fitopatológico, no obstante, las causas de muerte de la semilla son muy diversas, pero se ha estudiado más desde el punto de vista fisiológico y de sanidad.

Los maíces nativos tienden a presentar un mayor contenido de fenoles, lo que implica una protección natural contra las plagas de almacenamiento (Peña *et al.*, 2013).

No se puede explicar la calidad con solamente un conjunto de variables, ya sea físicas del grano (tamaño, color, peso de mil granos), comúnmente utilizadas para la selección del material o producto. Sin embargo, la dureza de grano o el índice de flotación son mediciones indirectas de la microestructura, y se relacionan con el tipo y proporción de endospermo, así como con la humedad en el grano. Todos estos factores y sus interrelaciones afectan el desempeño de las razas en el procesamiento y el rendimiento industrial (Figueroa *et al.*, 2013).

La semilla tiene un efecto fundamental sobre el rendimiento, genera la necesidad de mejorar la calidad de la semilla (mayor germinación y vigor), para garantizar una óptima población de plantas y mayor rendimiento. (Layne *et al.*, 2008).

El proceso de germinación y desarrollo de las plántulas, como todos los procesos fisiológicos está afectado por la temperatura. Ésta afecta principalmente la actividad enzimática necesaria para la degradación de las sustancias de reservas. El mayor efecto nocivo de las bajas temperaturas con humedad se da durante la etapa de imbibición-activación enzimática de la semilla (entrada de agua a la semilla) Olivares *et al.*, (1990).

La calidad de la semilla se puede evaluar mediante variables de calidad física, como el contenido de humedad, el peso de mil semillas y el peso volumetrico, entre otras; o de variables de calidad fisiologica, como son la viabilidad y germinacion. La mayoría de estas variables generalmente se cuantifican facilmente, pero pueden o no pueden estar asociadas al vigor. (Hernández *et al.*, 2000).

La caracterización física y química del grano de las diferentes razas de maíces permite identificar aquellas con la calidad requerida para su aprovechamiento industrial. (Salinas *et al.*, 2013). El proceso de germinación y desarrollo de las plántulas, como todos los procesos fisiológicos está afectado por la temperatura. (Gámes *et al.*, 2015)

2.6. Generalidades de semilla

La semilla es aquella la que se forma a partir del rudimento seminal, localizado en el ovario de las flores, tras producirse la fecundación por los granos de polen (Megías *et al.*, 2018).

Es definida también como un ovulo fecundado maduro de una planta que se encuentra encerrado dentro del ovario o fruto, unidas a él, por el funículo que es filamento pequeño y delgado que une al ovulo con la placenta. Por lo tanto, realizan tres funciones fundamentales de la semilla, la primera, que es portadora de las características genéticas inherentes de generación a generación esencialmente sin cambio alguno; la segunda, la semilla funciona como un sistema eficaz de almacenaje para una planta viva y tercera, que cierra el ciclo de reproducción de especies (Moreno, 2005).

Las semillas son la base principal para el sustento humano, también sirve de alimento para animales domésticos. A demás de tener potencial genético de las especies agrícolas y sus variedades resultantes de la mejora continua y la selección a través del tiempo (Doria, 2010; FAO, 2018).

2.6.1. Semillas de calidad

La obtención de semillas de alta calidad juega un papel determinante en el rendimiento final del cultivo. Las propiedades que deben reunir los lotes de semilla de calidad son (Doria, 2010).

2.6.1.1. Genuidad

En la genuidad refiere a que en un lote de semillas, éstas deben corresponder a la especie y el cultivar deseado.

2.6.1.2. Pureza

Para este criterio el material deberá estar libre de semillas extrañas, semillas de maleza u otros cultivos o especies.

2.6.1.3. Limpieza

Las semillas deberán de estar libres de materias extrañas (palillos, basura entre otros) o de tierra.

2.6.1.4. Viabilidad

Las semillas como material sexual para su reproducción deben ser capaces de germinar y desarrollar una plántula normal en condiciones óptimas de siembra (Doria, 2010).

2.6.1.5. Vigor

Según Doria, (2010), vigor se refiere a la habilidad o característica que posee la semilla de producir plantas sanas y eficientes. El vigor es una característica genética de la planta expresada a nivel de semilla, que es afectada por factores exógenos como la nutrición de la planta madre, daños mecánicos ocasionados durante la cosecha, el procesamiento y el almacenamiento (Gutiérrez *et al.*, 2007).

2.7. Estructura del grano de maíz

Las inflorescencias femeninas denominadas estigmas son las que darán origen a la formación de los granos de maíz. Esta estructura puede contener de 300 a 1 000 granos según el número de hileras, el diámetro y la longitud de la mazorca (FAO, 1993).

Los granos de maíz son definidos como cariósides desnudas, cuyas partes fundamentales son el pericarpio, el endospermo, el germen y el fenículo. El principal parámetro de clasificación es el color externo del grano.

2.7.1. Pericarpio

Definido como la capa que constituye la parte externa del 5% al 6% del total del peso del grano. Presenta cierta resistencia al agua y al vapor. Se encuentra dividido en cuatro capas delgadas (UNAM, 2017).

2.7.1.1. Epidermis (o Epicarpio)

Considerada como la capa externa que cubre el grano la que está conformado por células de paredes gruesas.

2.7.1.2. Mesocarpio

Constituido por capas con pocas células, siendo la capa externa la más gruesa similar a la del epicarpio (epidermis), mientras las células de las capas internas son planas de paredes delgadas.

2.7.1.3. Células cruzadas (o Células transversales)

Definidas como capas de células largas paralelas, sin ramificaciones.

2.7.1.4. Células tubulares

Conjunto de capas conformadas por células largas paralelas, sin ramificación.

2.7.2. Endospermo

En la gran mayoría de las variedades de maíz, este representa alrededor del 80% al 82% del total del peso del grano seco y es la fuente de almidón y proteína para la semilla que va a germinar. Por su parte el almidón usado en comidas (como componente energético), útil en la preparación de edulcorantes, bioclásticos y otros productos. El endospermo está principalmente constituido por tres tipos de células:

2.7.2.1. Capa de las aleuronas

Compuesto por una sola célula la que contiene aceite, minerales y vitaminas.

2.7.2.2. Endospermo corneo (o Endospermo cristalino)

Constituido de forma irregular y conformado por células alargadas

2.7.2.3. Endospermo harinoso

Es localizado en la parte central del grano y está constituido por células grandes en relación a las otras células que componen el endospermo.

2.7.3. Germen

Se encuentra constituido por dos componentes principales

2.7.3.1. Embrión germen

Que representa entre el 8% y el 12% del peso del grano. Conformado por el escutelo y el eje embrionario principalmente

2.7.3.1.1. Escutelo

Órgano encargado de la alimentación del embrión en el momento de su germinación.

2.7.3.1.2. Eje embrionario

Constituido principalmente por una plúmula, que posee de cinco a seis hojas y una radícula.

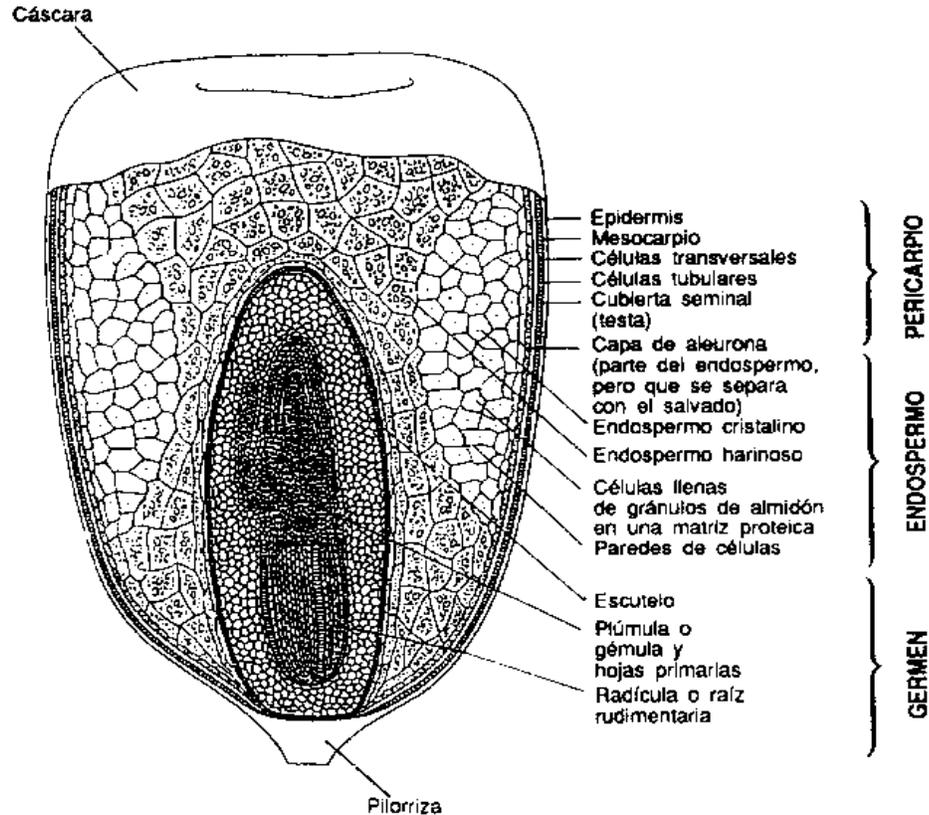


Figura 1. Estructura composicional del grano de maíz según (UNAM, 2017).

2.8. Composición química de las partes del grano.

Como se aprecia en la **Figura 1**, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente del 87 por ciento, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%).

El endospermo, por su parte, con un nivel elevado de almidón (87%), alrededor del 8% de proteínas y un contenido de grasa relativamente bajo. (Makinde and Lachange, 1989).

2.9. Características del grano de maíz

El grano de maíz es desarrollado principalmente mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis de la absorción de nutrimentos y el metabolismo que ocurre en la planta (FAO, 1993).

2.9.1. Peso del grano de maíz

El peso de un grano de maíz tiende a una gran variación desde los 19 gramos a los 30 gramos por cada 100 granos (FAO, 1993).

2.9.2. Recolección del grano de maíz

Durante la recolección de las mazorcas las que son retiradas de forma manual o mecánica son eliminadas las brácteas que envuelven la mazorca y luego son separaos los granos de forma manual o mecánica (FAO, 1993).

2.9.3. Calidad del grano de maíz

La calidad del grano de maíz se encuentra asociada tanto a su constitución física, que viene a determinar la textura y la dureza, como en su composición química, que define el valor nutricional y las propiedades tecnológicas. La importancia relativa de estas características dependerá del destino final de la producción (UNAM, 2017).

2.10. Clasificación de semillas

2.10.1. Semillas duras

Martínez *et al.*, (2017), señalan que la dureza endospermática de los granos de maíz, depende de la concentración proteica, sin embargo la composición del almidón podría afectarla también. Se ha reportado que endospermos con alta proporción de amilosa relativa al almidón total son más compresibles durante el llenado de granos y permiten que el endospermo sea denso y duro.

2.10.2. Semillas latentes

La latencia es considerada como la nula germinación de semillas viables cuando son colocadas en condiciones óptimas para su germinación; una semilla recién madurada puede no germinar en condiciones favorables pero puede hacerlo después de un periodo de almacenamiento (Pérez *et al.*, 2015). Causas de la latencia: inmadurez del embrión, restricciones mecánicas para el desarrollo del embrión, impermeabilidad de las cubiertas seminales al agua y oxígeno, presencia de sustancias inhibitoras en diferentes tejidos de la semilla, requerimientos especiales de luz y temperatura (Doria, 2010).

2.10.3. Semillas muertas

Son aquellas semillas que no tienen la capacidad para germinar o no son viables, se determina como compuestos solubles por la anómala permeabilidad de las membranas celulares.

2.11. Germinación

La germinación de una semilla representa el proceso en el cual se producen las transformaciones metabólicas necesarias para el completo desarrollo de la plántula; la germinación comprende las fases de imbibición de agua, elongación celular, división celular y diferenciación de células y tejidos. La ausencia de germinación puede tener varias causas, entre ellas que la semilla no sea viable, que el ambiente no sea óptimo para la germinación, o que la semilla presente latencia (Pérez *et al.*, 2015).

La velocidad de germinación se encuentra relacionada proporcionalmente con el tamaño de la semilla, por lo que las semillas grandes presentarán una germinación más lenta por tomarles mayor tiempo en acumular humedad y embeberse, mientras que las semillas pequeñas presentan un menor cociente de superficie/volumen aumentando su velocidad germinativa (Sánchez *et al.*, 2010)

2.11.1 Tipos de germinación

Los cambios fisiológicos y metabólicos que se producen en las semillas, no latentes, después de la imbibición de agua, tienen como finalidad el desarrollo de la plántula. Así, se distinguen dos tipos diferentes de germinación: en las plántulas denominadas epigeas, los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable

crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de inserción de los cotiledones) (Doria, 2010).

En las plántulas hipogeas, los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo. El hipocótilo es muy corto, prácticamente nulo. A continuación, el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, que son, en este caso, los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula (Doria, 2010).

2.12. Variabilidad genética

Esta distribución corresponde en su gran mayoría a las distribuciones previamente reportadas para estas razas (Ortega *et al.*, 1991). En el área ecológica A se identificaron las razas (número de accesiones): Jala, Nal-Tel, Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño y la sub-raza Dzit-Baca. Dentro de este componente se identificaron también algunas razas distribuidas en la parte del Pacífico Sur: Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño y Vandeño. El grupo B comprende a las razas: Blandito de Sonora, Bofo, Dulcillo del Noroeste, Harinoso de Ocho, Onaveño, Reventador, Tabloncillo y Tabloncillo Perla (Ortega *et al.*, 1991).

El grupo C está conformado por las razas: Zapalote Chico y Zapalote Grande, las cuales pertenecen a razas mestizas prehistóricas descritas por Wellhausen *et al.*, (1951). Tanto Zapalote Chico como Zapalote Grande se encuentran en las tierras bajas de las costas de Oaxaca y Chiapas (Perales *et al.*, 2003).

Las razas Conejo, Tehua y Elotes Occidentales no agruparon en ninguna de las tres áreas ecológicas anteriormente descritas. Conejo es una de las razas clasificadas por Wellhausen *et al.*, (1951) en el grupo denominado razas no bien definidas, cuya ubicación

geográfica es en tierras poco fértiles de las costas y tierra caliente de Michoacán a Oaxaca (Ortega *et al.*, 1991).

La raza Tehua se ha encontrado en el Estado de Chiapas, en altitudes de 600 a 100 m (Wellhausen *et al.*, 1951), y corresponde a una raza antigua y casi extinta, que presenta características especiales reflejadas en su composición alélica, que ha sido mantenida por los pequeños agricultores pese al marcado desplazamiento de variedades nativas por la presencia de híbridos en sitios con alta productividad (Bellon y Hellin, 2011).

La sub-raza de Harinoso de Ocho, Elotes Occidentales, tiene su centro de distribución en la altiplanicie de Jalisco a elevaciones de 1200 a 1600 msnm, y también se ha encontrado en El Bajío (Ortega *et al.*, 1991). *Zea mays ssp.* Constituye un interesante ejemplo de variación en el contenido de ADN a nivel intraespecífico. Las diferencias en el tamaño del genoma radican principalmente en el número de cromosomas supernumerarios (cromosomas B) y el contenido de heterocromatina de los cromosomas del complemento regular (A) (Lia, 2004).

2.13. Mutación genética

Mutare (cambiar) alteración o cambio en la información genética (genotipo) de un ser vivo y que por lo tanto, va a modificar las características de éste; además se puede heredar a la descendencia (Montiel, 2010).

La inducción de mutaciones en el mejoramiento de plantas ha tenido un gran éxito, de tal forma que este método se ha desarrollado donde en los últimos 15 años se ha logrado obtener alrededor de 1019 variedades mutantes (Ahloowalia *et al.*, 2004). Esta metodología con un mayor uso por los mejoradores de plantas para incrementar la

variabilidad genética (Sinha y Joshi, 1985) y mejorar caracteres de importancia agronómica (Cervantes y Cervantes, 1996).

La obtención de variedades vegetales más perfeccionadas, constituyen una contribución fundamental en la producción agrícola y hortícola. Las técnicas para la inducción de mutaciones que se conocen desde hace 50 años, las que solo en los últimos 15 años han llegado a ser aceptadas como un instrumento valioso para la mejora de la producción agrícola (Micke, 1970)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

La Comarca Lagunera, región ubicada en el centro-norte de México, está conformada por los estados de Coahuila y Durango y debe su nombre a los cuerpos de agua que se formaban alimentados por dos ríos el Nazas y el Aguanaval, hasta antes de la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco (El Palmito), que en la actualidad regulan su afluente. Se localiza entre las coordenadas geográficas $103^{\circ}26' 33''$ longitud oeste y $25^{\circ}32'40''$ latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y al este con el municipio de Matamoros; al sur y al oeste con el estado de Durango. Se localiza a una distancia aproximada de 265 kilómetros de la capital del estado (Figura 2), INEGI, (2018).



Figura 2. Localización Comarca Lagunera, en el estado de Coahuila y Durango. UAAAN UL, 2018.

3.2. Localización del sitio de estudio

La Laguna, como comúnmente es conocida ésta próspera región, está integrada por 16 municipios, cinco del estado de Coahuila entre los que destacan Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero y Viesca y 11 en el estado de Durango como Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo de Zaragoza, Mapimí, San Pedro del Gallo, San Luis Cordero, Rodeo, Nazas, Cuencamé de Ceniceros y San Juan de Guadalupe. (INEGI, 2018). Sin embargo el municipio de Torreón, ubicado al sur oeste de la región lagunera en el que se llevó a cabo el trabajo de investigación y que está localizado entre las coordenadas geográficas 103°27' 36" longitud oeste y 25°33'20" latitud norte (**Figura 3.**)

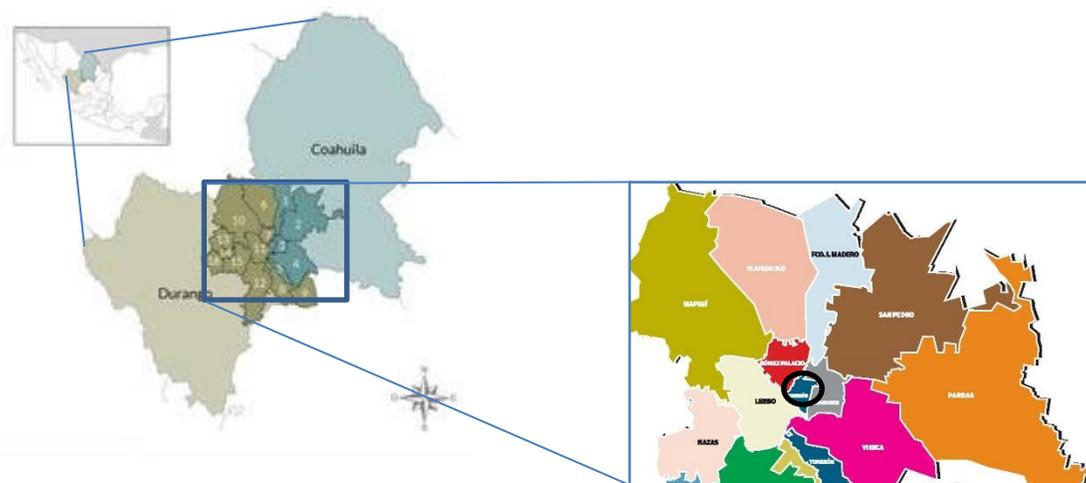


Figura 3. Localización del municipio de Torreón en la región de la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila y Durango. UAAAN UL, 2018.

3.3. Localización del sitio experimental

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, la que se ubica al oriente de la ciudad de Torreón, Coahuila en las coordenadas geográficas $103^{\circ}25'57''$ de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y $25^{\circ}31'11''$ de Latitud Norte con una altura de 1,123 msnm (Díaz, 2015). El ensayo de calidad fisiológica de la semilla fue realizado durante el ciclo primavera-verano del año 2017, en el laboratorio del departamento de Fitomejoramiento I (**Figura 4**).

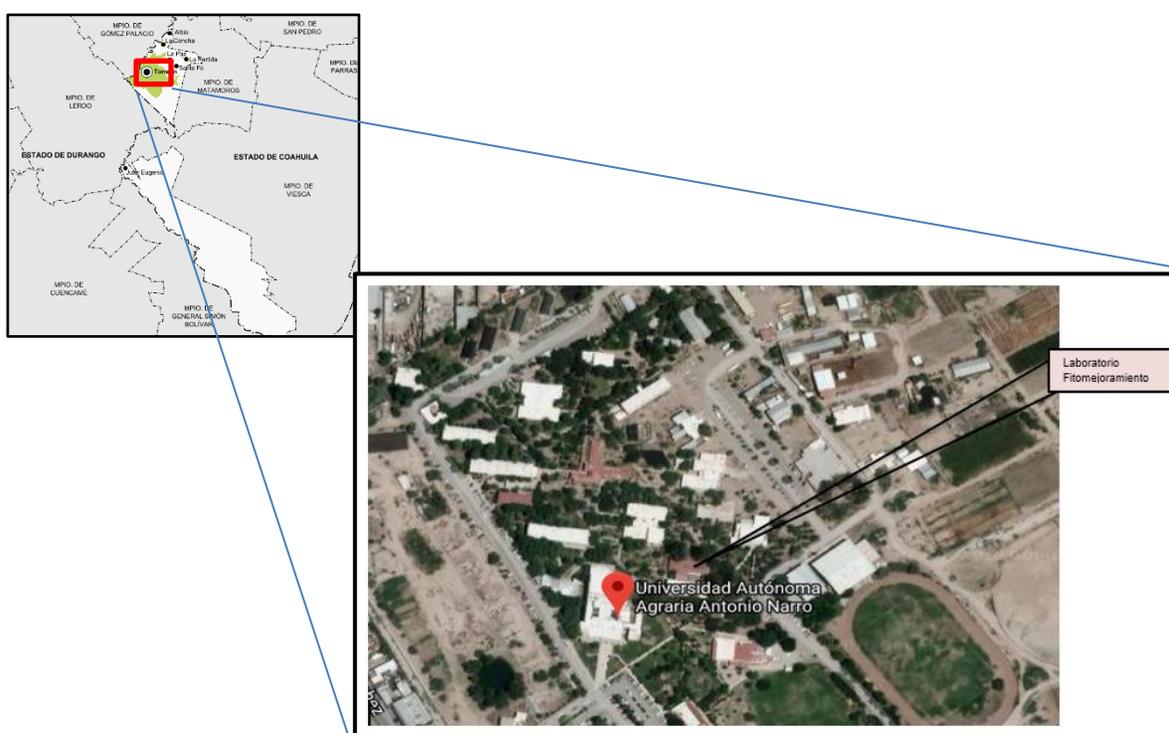


Figura 4. Localización del sitio experimental en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (Laboratorio de Fitomejoramiento). UAAAN UL, 2018.

3.4. Condiciones climáticas

3.4.1. Clima

Las condiciones geográficas de la región, son resultado de un clima árido y semiárido, con fuertes variaciones estacionales y precipitaciones pluviales escasas, inviernos con temperaturas cercanas a 0° centígrados (Santamaría *et al.*, 2006).

3.4.2. Temperatura

La temperatura media anual en un rango de 15° a 21° C. La temperatura promedio más alta registrada es mayor a 34°C, se presentan en los meses de mayo a agosto; por lo tanto, la más baja es de -8°C, de diciembre, enero y días de febrero. (INEGI, 2015).

3.4.3. Precipitación pluvial

Las lluvias se concentrada en los meses de julio, agosto y septiembre; variando desde los 200 mm, anuales en la parte baja alta de la cuenca, donde se localiza la mayor parte de la zona agrícola, hasta los 600 mm. en la parte alta de la cuenca, ubicada en la Sierra Madre Occidental, que es donde ocurren las precipitaciones más significativas las cuales generan los escurrimientos superficiales que se utilizan para la sustentabilidad del riego agrícola en la Comarca Lagunera (Cervantes y González, 2006).

3.4.4. Humedad Relativa

La humedad relativa se define como la cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire. La humedad relativa en la Comarca Lagunera varía, 31% en primavera, 47% en verano, 58 % en otoño y 40 % en invierno.

3.4.5. Evaporación

La evaporación media total es de 2,000 mm anuales, lo que hace que la relación precipitación-evaporación se presente como 1:10.

3.4.6. Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial es de 1,550 milímetros anuales.

3.4.7. Heladas

Las heladas se presentan de noviembre a marzo, aunque en algunas ocasiones se presentan en forma temprana en octubre y de forma tardía en el mes de abril.

3.4.8. Vientos

El viento tiene dos direcciones principales: en invierno, va del NO al SE y, el resto del año va del NE al SO predominantemente. El viento ventolina sopla de norte con velocidad 4-7 km h.

3.4.9 Suelos

Los tres grandes tipos de suelos son clasificados según su textura. El primer lugar lo tienen los suelos de textura media que son los más dominantes con un 60.3% de la superficie agrícola histórica; en seguida se ubican los suelos de textura fina con un 28.5% y finalmente los suelos de textura gruesa con un 11.2% (INIFAP, 2013).

3.5. Colecta del material genético (maíces nativos)

El material genético de maíces nativos estuvo conformado por 30 colectas, las que se obtuvieron en 43 localidades en la región de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango (**Figura 5**). Su identificación y lugar de procedencia se muestra en el **Cuadro 2**

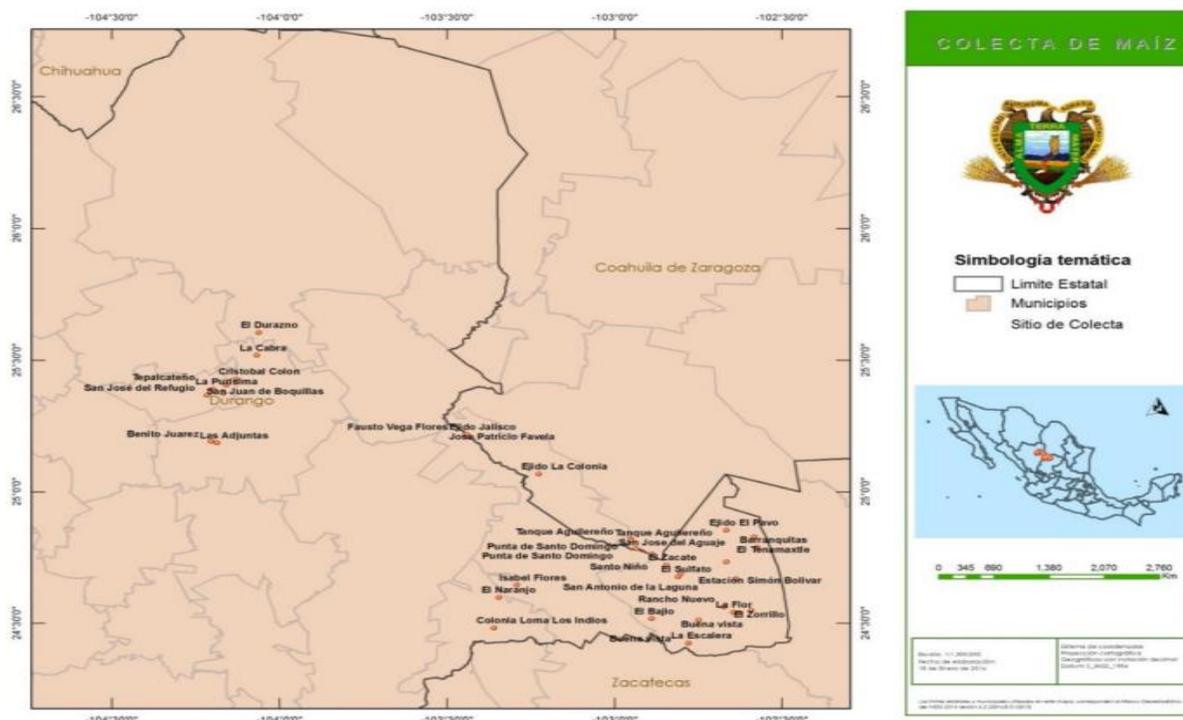


Figura 5. Localización geográfica de los sitios donde se realizaron las colectas de maíces nativos en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018. (Domínguez, 2017).

3.6. Identificación del material genético (maíces nativos)

El material genético que se obtuvo de colectas en la región de la Comarca Lagunera (**Cuadro 2 y 3**). Las identificaciones de los maíces nativos se realizaron en el laboratorio de Fitomejoramiento, donde se seleccionaron 30 colectas para posteriormente sembrar en campo para su evaluación, el material genético utilizado se obtuvo de dos ciclos de producción, posteriormente la selección para evaluar la calidad fisiológica de semillas; se eligió las mejores semillas de cada colecta.

Cuadro 2. Colectas de maíces nativos en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018.

| Localidad | Pasaporte | Colecta | Localidad | Pasaporte | Colecta |
|--------------------------------|-----------|---|-------------------------------|-----------|---|
| San Juan de Guadalupe, Dgo. | OA-001-01 |  | Estación Simón, Dgo | OA-001-02 |  |
| Buena Vista Dgo. | OA-001-03 |  | La Escalera, Dgo. | OA-001-04 |  |
| El Bajío, Dgo. | OA-001-05 |  | Cristóbal Colon, Dgo. | OA-001-06 |  |
| El Pavo, Dgo. | OA-001-07 |  | Sabanilla, Dgo. | OA-001-08 |  |
| Santo Niño, Dgo. | OA-001-12 |  | El Sulfato, Dgo. | OA-001-13 |  |
| El Sulfato, Dgo. | OA-001-14 |  | Lázaro Cárdenas, Dgo. | OA-001-15 |  |
| El Naranjo, Dgo. | OA-002-03 |  | Loma los Indios, Dgo. | OA-002-04 |  |
| Tanque Aguilereño, Coah. . | OA-003-01 |  | Punta de Santo Domingo, Coah. | OA-003-02 |  |
| Punta Santo de Domingo, Coah.. | OA-003-03 |  | Jalisco, Coah. | OA-005-01 |  |
| Jalisco, Coah. | OA-005-05 |  | Tepalcateño, Dgo. | OA-006-01 |  |
| Cristóbal Colon, Dgo. | OA-006-02 |  | Purísima, Dgo | OA-006-03 |  |

Cuadro 3. Colectas de maíces nativos en la región de la Comarca Lagunera. UAAAN UL, 2018.

| Localidad | Pasaporte | Colecta | Localidad | Pasaporte | Colecta |
|---------------------------------|-----------|---|----------------------------|------------|---|
| Purísima, Dgo. | OA-006-04 |  | Pueblo Nuevo, Dgo. | OA-006-05 |  |
| Cristóbal colon, Dgo. | OA-006-06 |  | Cristóbal Colon, Dgo. | OA-006-07 |  |
| Tepalcateño, Dgo. | OA-006-08 |  | San José del Refugio, Dgo. | OA-006-09 |  |
| San Juan de Las Boquillas, Dgo. | OA-006-10 |  | La Cabra, Dgo. | OA-007-01 |  |
| Benito Juárez, Dgo. | OA-007-02 |  | La Cabra, Dgo. | OA-007-03 |  |
| La Cabra, Dgo. | OA-007-04 |  | Las Adjuntas, Dgo. | OA-007-05 |  |
| El Durazno, Dgo. | OA-007-06 |  | La Cabra, Dgo. | OA-007-07 |  |
| El Durazno, Dgo. | OA-007-08 |  | Benito Juárez, Dgo. | OA-007-09 |  |
| Benito Juárez, Dgo. | OA-007-10 |  | Benito Juárez, Dgo. | OA-007-011 |  |
| Benito Juárez, Dgo. | OA-007-12 |  | Benito Juárez, Dgo. | OA-007-13 |  |
| Santa Rita, Dgo. | OA-008-01 |  | | | |

3.7. Variables morfológicas

La caracterización de las 30 colectas que se obtuvieron en las 43 localidades en la región de la Comarca Lagunera, se hizo de acuerdo a la metodología propuesta por el

Servicio Nacional de Inspección Certificación de Semillas en el Colegio de Posgraduados descrita en el Manual Grafico para la Descripción Varietal del Maíz (SNICS-CP, 2010)

3.8. Variables de calidad fisiológica

3.8.1. Ensayo de germinación estándar

Ésta prueba se realizó por el método “Entre papel” propuesto por la International Seed Testing Association (ISTA, 2004), la que consistió en colocar las semillas de maíces nativos sobre toallas de papel, seguido de un enrollado, una hidratación a saturación y después colocadas en una cámara de germinación a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, durante siete días. Posteriormente se hizo el primer conteo al cuarto día de colocadas en la cámara de germinación, contabilizando el número de semillas germinadas. Finalmente, al séptimo día se registraron la totalidad de semillas germinadas que desarrollaron plántulas normales. El porcentaje de germinación de plántulas se expresó en porcentaje y se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$\text{GE} = \frac{\text{PN}}{\text{NS}} * 100$$

donde: PN= Plántulas normales y NS= Número de semillas utilizadas en la prueba

3.8.2. Desarrollo y evaluación de plántulas

En este ensayo se midió la longitud de las plántulas como dato de velocidad de crecimiento (ISTA, 2004). En la mitad del papel para germinación se marco una línea central paralela a su eje mayor. Luego se marcaron otras cinco líneas paralelas, a cada 2 cm de distancia, de desde la línea central. A su vez, en la línea central se colocó una tira de cinta masking tape y se marcaron 25 puntos distanciados a 1 cm. En cada punto se colocó una semilla, cada cariósida se ubicó sobre la línea marcada de forma tal que el

embrión quedara con la radícula orientada hacia abajo. Después se colocó una capa de papel para cubrir la semilla, se aplicó agua destilada. Se enrolló los papeles y se colocaron en una bolsa de polietileno y se llevaron a una cámara de germinación con una temperatura de 25°C durante siete días. Cumplido el tiempo del ensayo, se evaluaron las plántulas según las normas de la ISTA (2004) para la germinación estándar y se anotó el número de plántulas normales cuyos extremos estaban situados en los espacios entre las diferentes líneas paralelas.

Se calculó la longitud media de las plántulas en cm según la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{1n + 3n + 5n + 7n + 9n + 11n + 13n}{ns} n$$

dónde: LP= Longitud media de plúmula, n= Número de plántulas normales y ns= Número de semillas utilizadas.

Se clasificó el vigor de acuerdo al rango de la escala propuesta por Peretti, (1994).

Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 4. Rangos para la longitud media de plúmula utilizada para determinar el vigor en plántulas (Peretti, 1994).

| Longitud de plúmula (cm) | Vigor |
|-----------------------------|----------------------------|
| L > 7.0 | Plántulas de alto vigor |
| 5.0 > L < 6.9 | Plántulas de mediano vigor |
| 3.0 > L < 4.9 | Plántulas de bajo vigor |
| L < 3.0 | Plántulas sin vigor |

3.8.3. Peso de mil semillas (PMS)

Para esta variable se seleccionaron ocho repeticiones de 100 semillas cada una, donde se registró el peso en gramos del total de semillas.

3.8.4. Peso volumétrico (PV)

En esta variable lo que se hizo fue colocar la semilla en un recipiente de volumen conocido, posteriormente se tomó el peso en una báscula de precisión, marca Scientech modelo SG 8000. El peso se registró en kilogramos hectolitro.

$$PV = \left[\frac{P}{1000} \right] / V$$

dónde: P= Peso de la semilla y V= Volumen del recipiente

3.8.5. Longitud de semilla (LS)

Se colocaron 20 semillas de forma longitudinal en una tira de plastilina, posteriormente se midió con una regla graduada de 30 cm, se tomaron datos en tres repeticiones y después se obtuvo el promedio. El valor obtenido se expresó en cm.

3.8.6. Ancho de Semilla (AS)

Para obtener el ancho de semilla se colocaron 20 semillas de forma transversal en una tira de plastilina, posteriormente se midió con una regla graduada de 30 cm, enseguida se tomaron datos en tres repeticiones y después se obtuvo el promedio. El valor se expresó en cm.

3.8.7. Espesor de Semilla (ES)

Para obtener el espesor de semilla se colocaron 20 semillas de forma horizontal en una tira de plastilina, posteriormente se midió con una regla de graduada de 30, enseguida se tomaron datos en tres repeticiones y después se obtuvo el promedio. El valor se expresó en cm.

3.9. Tratamientos de estudio

Los tratamientos evaluados fueron 30, que resultaron de 15 parcelas con dos ciclos y tres repeticiones generando 90 unidades experimentales.

Se evaluaron 30 colectas, cada una evaluada en dos ciclos agrícolas, e incluyendo tres repeticiones por colecta por ciclo, lo que dio un total de de 180 unidades experimentales.

3.10. Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones, para cada ciclo. Los factores analizados fueron genotipos, ciclo y repeticiones..

3.11. Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + C_j + r_k + (G*C)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

| | | |
|----------------------|--|--------------|
| i = | 1, 2, ..., 30 | Genotipos |
| j = | 1, 2 | Ciclos |
| k = | 1, 2, 3 | Repeticiones |
| Y_{ijk} = | Expresión fenotípica de los factores lineales i, j, k, y la interacción ij | |
| ε_{ij} = | Error residual. | |

3.12. Análisis estadístico

Se corrió un análisis de homogeneidad de varianzas para verificar la normalidad de los datos, y su factibilidad para el análisis de varianza, mediante el procedimiento UNIVARIATE de SAS. Con los datos verificados se procedió a ejecutar el análisis de varianza, mediante el procedimiento GLM. La prueba de comparación de medias se realizó mediante la DMSH con un valor alfa de 0.05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, así como las diferencias estadísticas de las variables de calidad fisiológica y física de la semilla de los maíces nativos evaluados. Los resultados señalan diferencias ($P \leq 0.01$) entre los genotipos, lo cual indica que de alguna forma los genotipos poseen características genéticas y fisiológicas diferentes.

Se aprecia que no hubo efectos significativos en la fuente de variación Gen*Ciclo; es decir, que los genotipos tienen comportamiento similar en dichas variables al no registrar variación en dichas pruebas.

El coeficiente de variación más grande fue en la variable ASS con valor de 8.18%, en RLA presenta un porcentaje de 7.76, el de menor valor fue en PV y GN con 3.06 y 3.59 4.07% respectivamente. Se observa en general que las estimaciones de las variables medidas son confiables ya que todas se encuentran dentro de los intervalos de confianza (coeficientes de variación con menos de 10% se consideran de buena precisión) para el valor obtenido, lo cual podría ser útil para una la toma de decisiones (Steel and Torrie, 1980)

Cuadro 5. Cuadrados medios para variables de calidad fisiológica y física de semillas de maíces nativos.

| Variable | Gen | Rep | Ciclo | Gen*Ciclo | Error | Total | Media | CV(%) |
|-----------|----------|---------|----------|-----------|---------|-------|-------|-------|
| GI | 29 | 2 | 1 | 26 | 105 | 163 | | |
| LS | 1.3703** | 0.863ns | 3.6721** | 0.552ns | 0.50592 | | 11.57 | 6.14 |
| AS | 0.905** | 0.292ns | 0.714ns | 0.130ns | 0.19732 | | 8.40 | 5.285 |
| ES | 0.925** | 0.209ns | 1.611** | 0.120ns | 0.10224 | | 4.57 | 6.995 |
| PV | 35.75** | 1.329* | 0.544ns | 6.619ns | 4.52211 | | 69.44 | 3.061 |

| | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|---------|---------|-------|
| RLA | 0.033** | 0.0418ns | 0.133** | 0.0109ns | 0.01155 | 1.38 | 7.769 |
| ESEM | 54.88** | 8.467ns | 267.7** | 10.728ns | 10.5404 | 66.02 | 4.917 |
| ASS | 1080.36** | 157.70ns | 565.12ns | 164.65ns | 159.264 | 154.19 | 8.184 |
| GI | 29 | 2 | 1 | 26 | 106 | 164 | |
| PMS | 4672.3** | 759.965ns | 2931.88* | 869.422ns | 705.726 | 301.413 | 8.813 |
| GI | 29 | 2 | 1 | 28 | 95 | 155 | |
| GN | 12.88ns | 5.56ns | 213.90** | 8.29ns | 12.346 | 97.8718 | 3.590 |
| GI | 29 | 2 | 1 | 28 | 95 | 155 | |
| LP | 1.009* | 0.521ns | 1.3013ns | 0.620ns | 0.53583 | 12.1098 | 6.044 |

*,**= significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns= no significativo; Gen= genotipos; Gen*Ciclo= Genotipos por ciclos; EE= error experimental, C.V.= coeficiente de variación; LS= largo de semilla; AS=ancho de semilla; ES=espesor de semilla; PH= peso hectolitro; RLA=relación largo y ancho de semilla; ESEM= esfericidad de la semilla, GN=germinación normal, LP= longitud de plúmula y ASS= área superficial de la semilla

Promedio de componentes de calidad fisiológica de semilla de maíces nativos

Germinación estándar (GE)

En el Cuadro 5 se presenta la comparación de medias de las variables de calidad fisiológica. El ensayo de germinación estándar (GE) del cual se obtiene información con respecto a la capacidad de la semilla para producir una plántula normal, los genotipos 18, 8 y 30 presentaron los mejores valores con 100% de calidad con respecto a los otros materiales. El menor porcentaje de GE fue el genotipo 22 con 92%.

En general los porcentajes de GE oscilaron 92 a 100%. Los porcentajes menores de GE se deben tal vez a la constitución genética de los materiales (Ruiz *et. al.*, 2012). Pero en general todos los genotipos se consideran de excelente calidad para esta variable.

Creech (1985) señala que la presencia de genes simples recesivos en el endospermo en interacción ocasiona resultados perjudiciales en la capacidad germinativa.

Las diferencias entre genotipos pueden ser debido también a la actividad metabólica de los procesos bioquímicos de la semilla durante la germinación. Anderson (1973) señala que se ha correlacionado la germinación y el vigor de la semilla con la actividad metabólica.

Longitud media de plúmula (LP)

Un método indirecto para medir los atributos de vigor de semilla, es la evaluación del desarrollo de las plantas, en este caso, en la variable longitud de plúmula (LP), el genotipo 12, 7 y 21 presentaron el mayor crecimiento con 12.77, 12.73 y 12.55 cm respectivamente, estos valores se clasifican como plántulas de alto vigor dentro de los rangos establecidos por Peretti (1994). Por otra parte, el menor crecimiento de plúmula fue en el genotipo 22 con 9.67 cm, sin embargo y de acuerdo con Peretti (1994) plántulas con longitud mayor de 7cm son consideradas aún de alto vigor.

Las pruebas de germinación y vigor son herramientas confiables para determinar y comparar los niveles de calidad fisiológica entre poblaciones evaluadas, tal como lo señala Moreno (1996) al hacer referencia que la prueba de germinación permite establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie. Las diferencias registradas entre los genotipos en cuanto a vigor, se atribuye a la conformación germoplásmica (Ruiz *et al.*, 2008).

Perry (1983) menciona que el vigor puede verse alterado por la constitución genética, el desarrollo de la planta madre y por el tipo de progenitores.

Cuadro 6. Comparación de medias de los genotipos evaluados para las variables de calidad fisiológica de semilla.

| Genotipo | GN (%) | Genotipo | LP (cm) |
|----------|------------------|----------|---------------------|
| 18 | 100 ^a | 12 | 12.78 ^a |
| 8 | 100 ^a | 7 | 12.74 ^a |
| 30 | 100 ^a | 21 | 12.56 ^a |
| 11 | 99 ^a | 17 | 12.53 ^a |
| 27 | 99 ^a | 19 | 12.46 ^a |
| 29 | 99 ^a | 29 | 12.42 ^a |
| 23 | 99 ^a | 25 | 12.41 ^a |
| 3 | 99 ^a | 6 | 12.39 ^a |
| 7 | 99 ^a | 18 | 12.36 ^a |
| 9 | 98 ^a | 15 | 12.32 ^a |
| 5 | 98 ^a | 4 | 12.32 ^a |
| 16 | 98 ^a | 27 | 12.28 ^a |
| 10 | 98 ^a | 24 | 12.27 ^a |
| 24 | 98 ^a | 2 | 12.26 ^a |
| 26 | 98 ^a | 16 | 12.26 ^a |
| 1 | 98 ^a | 26 | 12.22 ^a |
| 17 | 98 ^a | 8 | 12.12 ^a |
| 19 | 98 ^a | 30 | 12.08 ^a |
| 20 | 98 ^a | 1 | 12.07 ^a |
| 14 | 97 ^a | 10 | 12.04 ^a |
| 4 | 97 ^a | 13 | 12.00 ^a |
| 12 | 97 ^a | 9 | 11.93 ^a |
| 13 | 97 ^a | 11 | 11.92 ^a |
| 6 | 97 ^a | 3 | 11.86 ^a |
| 25 | 97 ^a | 23 | 11.70 ^a |
| 21 | 97 ^a | 14 | 11.63 ^a |
| 15 | 96 ^a | 20 | 11.45 ^{ab} |
| 2 | 95 ^a | 28 | 11.38 ^{ab} |
| 28 | 95 ^a | 5 | 11.22 ^{ab} |
| 22 | 92 ^a | 22 | 9.68 ^b |
| DMS† | 9 | | 1.81 |
| Media | 98 | | 12.11 |

† Valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$ %); GN= Germinación normal y LP= longitud media de plúmula

Promedio de componentes de calidad física de semilla de maíces nativos

En cuanto al peso de la semilla (PMS), se observa que en los genotipos de mayor peso son también los que tienen mayor tamaño (LS y AS y ES). Para PMS los más expresivos fueron el genotipo 5 con 360 g, el 1 con 353 g y el 3 con 332.92 g. En general los genotipos se ubican como semilla de buena calidad al coincidir con los valores reportados por Peretti (1994) quien señala que semillas de maíz de buena calidad son aquellas que registran pesos absolutos comprendidos entre 240 a 400 g. (Cuadro 6). La variación observada para LS entre los genotipos fue de 10.58 a 13.07 mm con una media de 11.57 mm. Los genotipos 14, 28 y 25 presentaron los menores promedios en esta variable, mientras que los genotipos 5, 18 y 22 registraron los valores más altos. Respecto al AS, la variación entre genotipos fue de 7.76 a 9.5 mm con una media de 8.40 mm, siendo el genotipo 21 el de menor ancho de semilla y el genotipo 22 obtuvo el valor más alto.

Por otra parte, el genotipo 22, 28 y 1 tuvieron los valores más altos de ES en comparación con los demás genotipos, con 7.0, 6.1 y 5.0 mm respectivamente. El genotipo 15 se ubicó en el de menor espesor de semilla (ES) con 4 mm.

En lo referente a RLA los genotipos 21, 15 y 9 registraron los valores más altos. La variación entre los genotipos por relación longitud-ancho de la semilla fue de 1.53 a 1.50 mm.

Para la variable ESEM el genotipo 22 (77.37 mm), 28 (76.85 mm) y 19 (72.19 mm) presento mayor valor en comparación del tratamiento 21 (60.88 mm), lo anterior indica que los genotipos presentan diferencias genotípicas y un origen contrastado.

En cuanto a la variable de ASEM, el genotipo 22, 28 y 8 mostraron superioridad (232.93, 179.73 y 177.29 mm, respectivamente) a los demás genotipos. El menor valor de ASEM fue para el genotipo 15 con 134.11 mm.

La variable PH, el cual es un indicador de calidad de donde se obtiene información, para seleccionar semilla de alto peso específico que permite alcanzar los mayores valores de eficiencia de implantación del cultivo (en línea: www.chai2013.web2265.uni5.net/cdonline/doscs/trab-5270-579.pdf), el genotipo 19, 16 y 20 presentaron los mejores resultados con 72.74, 72.44 y 72.03 kg hL respectivamente, siendo superiores al resto de los demás, sin embargo ninguno de los materiales alcanzo los 75 kg hL⁻¹ que establece la norma de certificación de calidad de semillas de maíz (Pérez *et. al.*, 2006) . El menor PH fue de 58.82 kg hL en el genotipo 22.

En el peso de mil semillas (PMS) el genotipo 22, 28 y 1 presentaron el mayor peso con 360, 353.95 y 332.92 g, respectivamente, mientras que el genotipo 15 se ubicó como el de menor PMS con un valor de 125.22 g.

En cuanto al efecto del tamaño de semilla, se observa que el genotipo 5, 1 y 22 se ubicó entre los materiales de mayor tamaño (LS, AS, ES) y también fue el mayor PMS a excepción del 22 que presento el menor peso de mil semillas.

Cuadro 7. Comparación de medias de los genotipos evaluados para las variables de calidad física de semilla.

| Gen | PMS (g) | Gen | LS (mm) | Gen | AS (mm) | Gen | ES (mm) | Gen | PH (kg HL ⁻¹) | Gen | RLA | Gen | ESS | Gen | ASS |
|-----|--------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|---------------------------|-----|--------------|-----|-----------|-----|-------------------|
| 5 | 360.00a | 5 | 13.07 a | 22 | 9.50 A | 22 | 7.00 a | 19 | 72.75 A | 21 | 1.53 A | 22 | 77.38 A | 22 | 232.95 a |
| 1 | 353.96ab | 18 | 12.37 ab | 5 | 9.32 Ab | 28 | 6.10 b | 16 | 72.45 A | 15 | 1.50 Ab | 28 | 76.86 A | 28 | 179.74 b |
| 3 | 332.92abc | 22 | 12.00 abc | 1 | 9.03 Abc | 1 | 5.00 c | 20 | 72.03 ab | 9 | 1.50 Ab | 19 | 72.19 Ab | 5 | 177.29 bc |
| 4 | 330.00abc | 10 | 11.98 abc | 19 | 9.00 Abc | 6 | 4.92 cd | 25 | 71.49 ab | 10 | 1.49 Ab | 25 | 71.93 Ab | 1 | 171.73 Bcd |
| 18 | 329.17abc | 21 | 11.90 abc | 20 | 8.80 abcd | 19 | 4.82 cde | 23 | 71.42 ab | 6 | 1.44 Ab c | 1 | 69.73 Abc | 18 | 170.49 Bcde |
| 28 | 325.36abc | 3 | 11.87 abc | 29 | 8.80 abcd | 29 | 4.80 cde | 9 | 71.23 ab | 13 | 1.44 Ab c | 24 | 67.45 bcd | 29 | 166.63 Bcdef |
| 29 | 323.54abcd | 6 | 11.87 abc | 18 | 8.73 abcd | 18 | 4.80 cde | 3 | 70.99 ab | 8 | 1.43 Ab c | 29 | 67.26 bcd | 6 | 162.65 Bcdef g |
| 16 | 321.46abcd | 9 | 11.85 abc | 25 | 8.72 abcd | 25 | 4.78 cde | 13 | 70.88 ab | 30 | 1.43 Ab c | 2 | 67.17 bcd | 19 | 161.02 bcdefg |
| 25 | 318.75abcd | 13 | 11.85 abc | 23 | 8.63 abcd | 24 | 4.76 cdef | 27 | 70.69 ab | 12 | 1.42 Ab c | 14 | 66.95 bcd | 20 | 160.18 bcdefg |
| 30 | 318.54abcd | 30 | 11.82 abc | 3 | 8.63 abcd | 30 | 4.73 cdef | 18 | 70.27 ab | 18 | 1.42 Ab c | 17 | 66.55 bcd | 30 | 159.74 bcdefg |
| 19 | 312.29abcde | 23 | 11.82 abc | 11 | 8.57 abcd | 2 | 4.63 cdef | 8 | 70.26 ab | 7 | 1.41 Ab c | 20 | 66.46 bcd | 3 | 157.21 bcdefg |
| 13 | 312.29abcde | 29 | 11.82 abc | 16 | 8.50 abcd | 12 | 4.63 cdef | 17 | 70.06 abc | 5 | 1.40 Ab c | 12 | 66.27 bcd | 23 | 156.10 bcdefg |
| 20 | 312.19abcde | 20 | 11.70 abc | 2 | 8.45 abcd | 20 | 4.58 cdef | 26 | 69.94 abc | 27 | 1.39 Ab c | 6 | 66.20 bcd | 24 | 155.04 bcdefg |
| 6 | 309.38abcde | 11 | 11.68 abc | 4 | 8.40 Bcd | 17 | 4.55 cdef | 24 | 69.91 abc | 17 | 1.39 Ab c | 26 | 66.02 bcd | 25 | 154.68 bcdefg |
| 23 | 305.21abcde | 15 | 11.65 abc | 28 | 8.37 Bcd | 10 | 4.55 cdef | 2 | 69.87 abc | 3 | 1.38 Ab c | 16 | 65.98 bcd | 2 | 154.22 Bcdef g |
| 17 | 302.08abcde | 27 | 11.60 abc | 30 | 8.37 Bcd | 5 | 4.52 cdef | 29 | 69.79 abc | 23 | 1.37 Ab c | 30 | 65.79 bcd | 11 | 152.86 Bcdef g |
| 10 | 297.92abcdef | 7 | 11.58 abc | 27 | 8.33 Bcd | 3 | 4.48 cdef | 4 | 69.63 abc | 4 | 1.37 Ab c | 4 | 65.32 bcd | 16 | 152.51 Bcdef g |
| 24 | 294.00bcdef | 16 | 11.53 abc | 26 | 8.33 Bcd | 16 | 4.47 cdef | 21 | 69.62 abc | 24 | 1.37 Ab c | 11 | 65.29 bcd | 10 | 152.35 Bcdef g |
| 27 | 291.88bcdef | 1 | 11.53 abc | 24 | 8.30 Bcd | 23 | 4.45 cdef | 7 | 69.43 abc | 11 | 1.37 Ab c | 3 | 65.11 bcd | 13 | 150.81 Bcdef g |
| 12 | 291.25bcdef | 4 | 11.48 abc | 6 | 8.27 Bcd | 27 | 4.43 cdef | 6 | 69.16 abcd | 14 | 1.36 Ab c | 18 | 65.04 bcd | 27 | 150.06 Bcdef g |
| 11 | 289.17gcdef | 2 | 11.37 abc | 13 | 8.25 bcd | 13 | 4.42 cdef | 11 | 69.02 abcd | 16 | 1.36 Ab c | 23 | 65.04 bcd | 17 | 146.78 Cdefg |
| 2 | 287.71gcdef | 24 | 11.36 abc | 7 | 8.20 cd | 11 | 4.40 cdef | 30 | 68.92 abcd | 2 | 1.35 Ab c | 27 | 65.01 bcd | 12 | 146.26 Defg |
| 7 | 282.92gcdef | 8 | 11.32 bc | 17 | 8.17 cd | 9 | 4.35 cdef | 10 | 68.04 abcd | 29 | 1.34 Ab c | 8 | 64.69 bcd | 4 | 146.12 Defg |
| 9 | 278.96gcdef | 12 | 11.23 bc | 10 | 8.03 cd | 8 | 4.33 cdef | 14 | 67.91 abcd | 26 | 1.33 Ab c | 13 | 63.76 cd | 9 | 145.44 Defg |
| 26 | 278.33gcdef | 17 | 11.20 bc | 12 | 7.93 d | 14 | 4.32 cdef | 1 | 67.76 abcd | 20 | 1.33 Ab c | 7 | 63.47 cd | 7 | 142.65 Defg |
| 8 | 270.21gcdef | 26 | 11.10 bc | 8 | 7.92 d | 4 | 4.27 cdef | 15 | 67.62 abcd | 1 | 1.28 Ab c | 10 | 63.36 cd | 26 | 141.73 Defg |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|----|-------|----|----|------|---|----|------|------|----|-------|-----|----|------|----|----|-------|----|----|--------|-----|
| 21 | 261.25gdef | 19 | 10.82 | bc | 9 | 7.90 | d | 26 | 4.25 | cdef | 12 | 67.10 | bcd | 28 | 1.27 | Bc | 9 | 62.79 | cd | 8 | 140.68 | Efg |
| 15 | 252.05gef | 14 | 10.68 | bc | 14 | 7.88 | d | 7 | 4.18 | def | 28 | 65.03 | cd | 22 | 1.26 | Bc | 5 | 62.67 | cd | 21 | 138.63 | Fg |
| 14 | 237.96gf | 28 | 10.60 | c | 15 | 7.77 | d | 21 | 4.12 | ef | 5 | 64.10 | D | 25 | 1.21 | C | 15 | 61.13 | d | 14 | 134.83 | g |
| 22 | 230.00g | 25 | 10.58 | c | 21 | 7.77 | d | 15 | 4.00 | f | 22 | 53.83 | E | 19 | 1.21 | C | 21 | 60.88 | d | 15 | 134.11 | g |
| DMS | 63.95 | | 1.72 | | | 1.07 | | | 0.77 | | | 5.14 | | | 0.26 | | | 7.85 | | | 30.52 | |
| Media | 301.41 | | 11.58 | | | 8.40 | | | 4.57 | | | 69.45 | | | 1.38 | | | 66.02 | | | 154.19 | |

† Valores con la misma letra son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha = 0.05$ %); PMS= Peso de Mil Semillas; LS= Largo de Semilla; AS=Ancho de Semilla; ES=Espesor de Semilla; PH= Peso Hectólitro; RLA=Relación Largo y Ancho de Semilla; ESEM= Esfericidad de la Semilla y ASS= área superficial de la semilla.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en este trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- Las diferencias estadísticas entre los genotipos, indica que de alguna forma los genotipos poseen características genéticas y fisiológicas diferentes.
- En el tamaño de semilla, se observa que el genotipo 1, 5, 18 y 28 se ubicó entre los materiales de mayor tamaño (LS, AS, ES) y también fue el mayor PMS.
- El genotipo 18, 8 y 30 presento el mejor valor con 100% de germinación estándar, con respecto a los otros materiales.
- Por otra parte, fue el menor crecimiento de plúmula fue en el genotipo 22 con 9.68 cm, sin embargo es consideradas aún de alto vigor.
- Ninguno de los materiales alcanzo los 75 kg hL⁻¹ que establece la norma de certificación de calidad de semillas de maíz.
- Las diferencias entre genotipos pueden ser debido también a la actividad metabólica de los procesos bioquímicos de la semilla durante la germinación y también son influenciado por el componente genético.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahloowalia, B.S., M. Maluszy., and K. Nichterlein. 2004. Global impact of mutation derived varieties. *Euphytica*. 135:187-204.
- Aguirre M., V.C., F. Rincón S., R. Ramírez S., O. G. Colón A., M.G. Razo M. 2010. Modelo para la Conservación de Maíces Criollos en el Sureste de Coahuila. Ed. UAAAN-COLPOS-SINAREFI. 49 p.
- Anderson, J.D. 1973. Metabolic Change associated with senescence. *Seed Sci Technol*. 1:401-416.
- Ángeles G., E., E. Ortiz T., P.A. López., y G. López R. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Rev. Fitotec. Méx.* 33(4):287-296.
- Arias V.Y., I. González M., I. Miranda C., L. Fernández G., y B. P. Delgado O. 2018. Diversidad genética en maíz (*Zea mays* L.). Instituto de Investigaciones Fundamentales de Agricultura Tropical. *Rev.33* (1). 1224-4697.
- Bellon, M., and J. Hellin. 2011. Planting hybrids, keeping landraces: Agricultural modernization and tradition among small-scale maize farmers in Chiapas, Mexico. *39*(1):1434-1443.
- Boyer, C. D. and Hannah, L. C. 2001. Kernel mutants of corn. In: Hallauer, A. R. (ed.). *Specialty Corns*. 2nd ed. CRC Press. Boca Ratón, FL. USA. p. 1-31.
- Carrera V., J.A., y T. Cervantes S. 2007. Comportamiento de cruas de maíz obtenidas por irradiación y selección. *Revista. Fitotecnia Mexicana*. 30(2):173–180.
- Cervantes S., T., y C.T. Cervantes M. 1996. Selección de líneas de trigo de alto rendimiento a partir de compuestos irradiados. *Agrociencia*. 30:509-514.
- Cervantes R., M.C., y A.M. Franco G. 2006. Diagnóstico Ambiental de la Comarca Lagunera. Colegio de Geografía. p 12.
- Creech, R.G. 1985. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize. *Genetics* 52: 1170-1175.

- Delouche, J. C. and P.W. Cadwell. 1962. Seed vigour and vigour test. Proc. Assoc. Offic. Seed Anal. 129 p.
- Díaz A., R.d.J. 2015. Crecimiento y producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes regímenes de riego y arreglo topológico en la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 29 p.
- Doebley, F.M.M Goodman., C.W. Stuber.1984.Isoenzymatic variation in Zea (Gramineae). Syst. Bot. 9:203-218.
- Domínguez L., A. 2017. Características morfológicas de maíces nativos de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila. México.125 p.
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Reserva científica del departamento de fitotecnia, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 31(1):74-85.
- Dzib A., L.A., R. Ortega P., y J.C. Segura C. 2016. Conservación *in situ* y mejoramiento participativo de maíces criollos en la península de Yucatán. 19(1):51-59.
- Fernández S., R., L.A. Morales C., y A. Gálvez M. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Rev. Fitotec. Mex. UNAM. 36(3):275-283.
- Figuroa C., J. D., D.E. Narváez G., A. Mauricio S., S. Taba., M. Gaytán M., J. J. Véles M., F. Rincón S., y F. Aragón C. 2013. Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36: 305-314.
- Gámez V., A.J., M. De la O., M.Á. Ávila P., J. Virgen V., J. Ruiz T., N.A. Ruíz T., F.P. Gámez V., y A. Ascencio Á. 2015. Calidad fisiológica de semilla y desarrollo de plántulas de maíz a temperaturas bajas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6(8):1769-1779.
- González B., J.L., M. Villa C., E.A. Catalán V., G. González C., y M.A. Inzunza I. 2013. Geografía de la calidad del agua subterránea para riego en la Comarca Lagunera: conductividad eléctrica. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en relación agua-suelo-planta-atmósfera (INIFAP CENID-RASPA). 13(2).119-124.

- González C., M.E., N. Palacios R., A. Espinoza B., y C.A. Bedoya S. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3):329-338.
- Gutiérrez H., G.F., J. Virgen V., y J.L. Arellano V. 2007. Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con envejecimiento natural *Agronomía Mesoamericana*.18 (2): 163-170.
- Hernández G., J.A., A. Carballo A., A. Hernández L., y F.V. González C. 2000. Ponderación de variedades de calidad fisiología para la medición del vigor en semilla de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23(2):239-250.
- Hernández M., M.E., A. Mejía C., T. Martínez S., M.A Jiménez V., J Sánchez E., y J.L García-Cué. 2016. Selección tradicional de semilla de maíz criollo *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. Colegio de Postgraduados Texcoco, Estado de México, México. 13(3).437-447.
- Herrera C., B.E., F. Castillo G., J.J. Gonzáles S., R. Ortega P., y M.M. Goodman. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso de la raza Chalqueño. *Rev. Fitotec.* 23(2):335-354.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México) (INEGI).2017. Anuario estadístico y geográfico de Coahuila de Zaragoza.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland, 243 p.
- Kato Y., T.A., C. Mapes S., L.M. Mera O., J.A. Serratos H., y R.A. Bye B. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.pp.116.
- Layne G., J.A., J.R. Méndez N., y J. Mayz J. 2008. Efecto de la salinidad y del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*zea mays* L.) bajo condiciones de laboratorio tipo revista especializada en ciencias químico-biológicas. 11(1):17-25.
- Lia V., V. 2004. Diversidad genética y estructura poblacional en razas nativas de maíz (*Zea mays ssp. mays*) del Noroeste Argentino: presente y pasado del germoplasma autóctono. Tesis Doctoral. Laboratorio de Genética Departamento de Ecología, Genética y Evolución Universidad de Buenos Aires. 185 pp.
- Makinde, M.A. and P.A. Lachange.1989. Optimization of protein nutritive value of ogi Niger .1. *Nutr Sci.* 10: 85-93.

- Marcos S., B., A.R. Martínez C., G.A. López U., C.A. López O., y T.T. Arteaga R. 2016. La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. 32(3):361-367.
- Martínez R., D., A.A. Cerrudo., A.G. Cirilo., N.G. Izquierdo., y F.H. Andrade. 2017. Efecto de variaciones en la temperatura durante el llenado de granos sobre la relación amilosa/almidón y la dureza endospermática de granos de maíz. Workshop Internacional de Ecofisiología de cultivos. [En línea]. <http://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/2038#>[Fecha de consulta el 13 nov 2018].
- Matsuoka, Y., Y. Vigouroux., M.M. Goodman., J. Sánchez., E. Buckler., and J. Doebley .2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 99:6080-6084.
- MAYA. 2018. Maíz: nutrición y beneficios para la salud. [en línea] <https://www.mayasl.com/maiz-nutricion-y-beneficios-para-la-salud/>. [Fecha de consulta 11/nov/2018].
- Megías M., P. Molist., y M.A. Pombal. 2018. Órganos vegetales semillas. Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud. Facultad de Biología. Universidad de Vigo. p.6.
- Mendoza M., L. Latournerie., E. Moreno., G. Castañon., J.C. Carrillo., C. De León., y G. García J. 2004. Cambios en la calidad de la semilla de maíz durante su desarrollo y maduración Agronomía Mesoamericana. 15(2):155-160.
- Micke A. 1970. Mejoramiento de las plantas mediante mutaciones inducidas. OIEA. Boletín. 23(3):50-52.
- Montiel C., D. 2010. Ciclo de seminarios “nuevas técnicas de mejoramiento genético en plantas. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
- Moreno, M., E. 1996. Análisis físico y biológico de las semillas agrícolas. Tercera Edición. Instituto de Biología UNAM. México, D.F. pp. 237-303.
- Moreno A., C. 2005. Efecto de la aplicación de polímeros y oligosacáridos sobre la germinación de semillas de hortalizas. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Coahuila, México. 116 p.

- Olivares, A., M. Johnston., y G. Fernández.1990. Efecto de la temperatura en la germinación de siete especies de la pradera anual mediterránea y caracterización de su emergencia. *Simiente*. 60:123-131.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. No. 25. Roma, Italia. 160 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 1993. Estructura del grano de maíz. [en línea]. <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm#Capitulo%201%20Introducci%C3%B3> [Fecha de consulta 3/nov/ 2018]
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). 2018. Semillas. [en línea]. <http://www.fao.org/seeds/es/>[Fecha de consulta 13/nov/ 2018).
- Ortega P.R. 2003. Diversidad de maíz en México: Causas, estado actual y perspectivas. *In: Sin Maíz no hay País. Culturas Populares*, CONACULTA, México, D. F. pp. 123-154.
- Ortega P.R., J.J Sánchez F., y J.M. Castillo H. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. *Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 161-185.
- Peña B., S.D., M.Á. Carmona M., y B. Valladares C. 2013. Comparación de calidad física, contenido de fenoles y aflatoxinas en maíces híbridos y nativos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(5):779-788.
- Perales, H.R., S.B Brush., y C.O Qualset. 2003. Landraces of maize in central Mexico: An altitudinal transect. 57:7-20.
- Peretti, A., 1994. *Manual de Análisis de semillas*. Editorial Hemisferio Sur S.A., 281 P.
- Pérez C., F.J., L. Córdova T., A. Santacruz V., F. Castillo G., E. Cárdenas S., y A. Delgado A. 2007. Relación entre vigor inicial, rendimiento y sus componentes en poblaciones de maíz chalqueño. *Agricultura Técnica en México*. 3(1): 5-16.

- Pérez M C., A Hernández L, F V González C, G García S, A Carballo C, T R Vásquez R, M R Tovar G, 2006. Tamaño de semilla y su relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. Agricultura Técnica en México. Vol 32 Núm 3.
- Pérez R., J.A., J.A. Mejía C., A. Hernández L., y M. Zamora D. 2015. Ausencia de latencia en semilla de genotipos mexicanos de cebada (*Hordeum vulgare* L.) para malta. Revista Fitotecnia Mexicana. 38(3): 249-255.
- Perry, D.A. 1983. El concepto de vigor de semilla y su relevancia en las técnicas de producción de semillas. P.H. Hebblethwaite (Coord.). F. Stanham (Trad.). Editorial Hemisferio Sur. MVD, Uruguay. pp. 693-701.
- Powell, A.A., S. Matthew., and M.A. Oliveira. 1984. Seed quality in grain legumes. Advances in Applied Biology. 10:217-285.
- Preciado O., R.E., y S. Montes H. 2011. Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México. Revista Fitotecnia Mexicana. 34(4). p.2.
- Reif, J.C., M.L. Warburton., X.C. Xia., D.A Hoisington., J. Crossa., S. Taba., J. Muminović., M. Bohn., M. Frisch., and A.E. Melchinger. 2006. Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers. Theor. Appl. Genet. 113:177-85.
- Ruiz, T.N.A, F. Rincón S, V M Bautista M, J M Martínez R, H C Burciaga D, M Olvera S, 2012, Revista Agraria. Vol 9 No.2
- Salinas M., Y., F. Aragón C., C. Ibarra M., J. Aguilar V., B. Altunar L., y E. Sosa M. 2013. Maíces nativos azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. Revista Fitotecnia Mexicana. 36 (1): 23-31.
- Sánchez S., J., E Jurado Y., M Pando M., J. Flores R., y G. Muro P. 2010. Estrategias germinativas de las semillas en ambientes áridos. Revista Chapingo serie zonas áridas. 9 (1): 35-38.
- Sánchez, G., J.M. Goodman., and C.W. Stuber. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. Econ. Bot. 54:43-59.
- Santamaría J.,C., D.G. Reta S., y I. Reyes J.2006. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila, México. Libro Técnico (2). p.240.
- SNICS-CP. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) / Colegio de Postgraduados (CP). SAGARPA. 118 p.

- Sinha, R. P. and M. G. Joshi. 1985. Study of induced quantitative variation in hexaploid triticale. *Mutation Res.* 147:45-49.
- Serratos H., J.A. 2009. *El Origen y la Diversidad del Maíz en el Continente Americano.* Ciudad de México, México. p.33.
- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics. A biometrical approach.* 2nd edition. McGraw-Hill, New York, USA, pp. 20-90.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2017. Maíz (*Zea mays* L.). [en línea]. http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=25 [Fecha de consulta 12 /nov/ 2018].
- Vigouroux, Y., M. McMullen, C., T. Hittinger, K. Houchins, L. Schulz, S Kresovich, and J.D. Matsuoka. 2002. Identifying genes of agronomic importance in maize by screening microsatellites for evidence of selection during domestication. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 99:9650-9655.
- Walker, T. S., Bais, H.P., Grotewold, T. and Vivanco, J. M. 2003. Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiol.* 132:44-51.
- Wellhausen, E.J., L.M. Roberts E., y P.C Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México. Su Origen. Características y Distribución. Folleto Técnico No.5. Secretaría de Agricultura y Ganadería. 237 p.

VII. ANEXOS