

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Calidad fisiológica de semillas de maíz en arreglos topológicos

POR:

**WESLEY OMAR ÁVILA RODRÍGUEZ**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MARZO 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Calidad fisiológica de semillas de maíz en arreglos topológicos

Por:

**WESLEY OMAR ÁVILA RODRÍGUEZ**

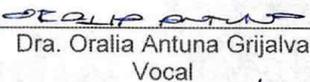
TESIS

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

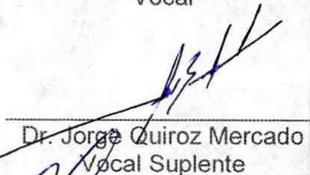
**INGENIERO AGRÓNOMO**

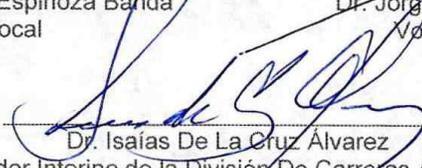
Aprobada por:

  
M.C. José Luis Coyac Rodríguez  
Presidente

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Vocal

  
Dr. Armando Espinoza Banda  
Vocal

  
Dr. Jorge Quiroz Mercado  
Vocal Suplente

  
Dr. Isaías De La Cruz Álvarez  
Coordinador Interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Marzo de 2020

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Calidad fisiológica de semillas de maíz en arreglos topológicos

Por:

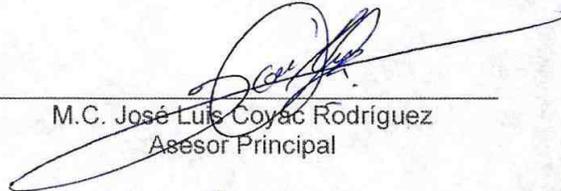
**WESLEY OMAR ÁVILA RODRÍGUEZ**

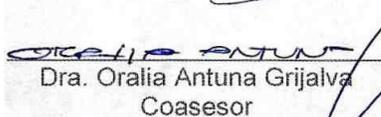
TESIS

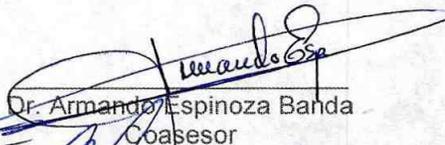
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

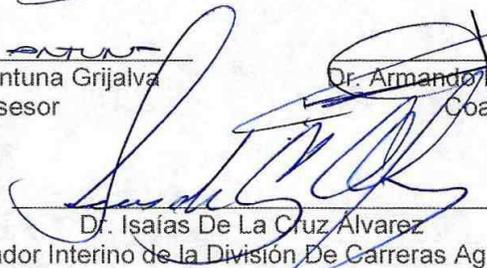
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. José Luis Coyac Rodríguez  
Asesor Principal

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Coasesor

  
Dr. Armando Espinoza Banda  
Coasesor

  
Dr. Isaias De La Cruz Alvarez  
Coordinador Interino de la División De Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
Marzo de 2020

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

## **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

A mi madre Yolanda Rodríguez Cisneros que es el ser más maravilloso del mundo, gracias por el apoyo moral, su cariño y su comprensión que siempre me ha brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles.

A mi padre Francisco Javier Ávila Magallanes que desde siempre ha sido para mí un hombre grande y maravilloso, que siempre he admirado, gracias por guiar mi vida con energía, esto es lo que he hecho de mí lo que soy.

Por todo lo que me han dado

“GRACIAS”.

## **DEDICATORIAS**

A mi esposa:

**Perla Nallely Mejía Rojas**

A mis hijos:

**Aylin Ávila Mejía**

**Y**

**Liam Omar Ávila Mejía**

A mis padres:

**Francisco Javier Ávila Magallanes**

**Y**

**Yolanda Rodríguez Cisneros**

## RESUMEN

Los atributos de calidad de semilla permiten 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 maíz bajo tres arreglos topológicos. 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: Longitud de semillas (L), Ancho de semilla (A), Espesor de Semillas (ES), Relacion Largo/Ancho de Semillas (RLA) y Vigor. Para el vigor se realizó la prueba la Longitud media de plúmula (LP). Los resultados indicaron que solo hubo diferencias para tratamientos (genotipos evaluados) para las variables ES y Vigor, pero no para las demás fuentes, ni interacciones.

**Palabras claves:** *Zea mays* L., Calidad fisiológica y física de semilla, Densidad de siembra, Distanciamientos entre plantas.

## Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN .....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
<b>1.1. Objetivo</b> .....	1
<b>1.2. Hipótesis</b> .....	2
II. REVISION DE LITERATURA .....	3
<b>2.1. Valor nutricional del maíz</b> .....	3
<b>2.2. Calidad fisiológica de semillas</b> .....	3
<b>2.6. Generalidades de semilla</b> .....	5
<b>2.6.1. Semillas de calidad</b> .....	6
<b>2.6.1.1. Genuidad</b> .....	6
<b>2.6.1.2. Pureza</b> .....	6
<b>2.6.1.3. Limpieza</b> .....	7
<b>2.6.1.4. Viabilidad</b> .....	7
<b>2.6.1.5. Vigor</b> .....	7
<b>2.7. Estructura del grano de maíz</b> .....	7
<b>2.7.1. Pericarpio</b> .....	8
<b>2.7.1.1. Epidermis (o Epicarpio)</b> .....	8
<b>2.7.1.2. Mesocarpio</b> .....	8
<b>2.7.1.3. Células cruzadas (o Células transversales)</b> .....	8
<b>2.7.1.4. Células tubulares</b> .....	8
<b>2.7.2. Endospermo</b> .....	8
<b>2.7.2.1. Capa de las aleuronas</b> .....	9
<b>2.7.2.2. Endospermo corneo (o Endospermo cristalino)</b> .....	9
<b>2.7.2.3. Endospermo harinoso</b> .....	9
<b>2.7.3. Germen</b> .....	9
<b>2.7.3.1. Embrión germen</b> .....	9
<b>2.7.3.1.1. Escutelo</b> .....	9
<b>2.7.3.1.2. Eje embrionario</b> .....	10
<b>2.8. Composición química de las partes del grano.</b> .....	10

<b>2.9. Características del grano de maíz .....</b>	<b>11</b>
<b>2.9.1. Peso del grano de maíz .....</b>	<b>11</b>
<b>2.9.2. Recolección del grano de maíz .....</b>	<b>11</b>
<b>2.9.3. Calidad del grano de maíz.....</b>	<b>11</b>
<b>2.10. Clasificación de semillas .....</b>	<b>12</b>
<b>2.10.1. Semillas duras .....</b>	<b>12</b>
<b>2.10.2. Semillas latentes.....</b>	<b>12</b>
<b>2.10.3. Semillas muertas.....</b>	<b>12</b>
<b>2.11. Germinación.....</b>	<b>13</b>
<b>2.11.1 Tipos de germinación .....</b>	<b>13</b>
<b>2.12. Variabilidad genética.....</b>	<b>14</b>
<b>2.13. Mutación genética .....</b>	<b>15</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Localización del área de estudio.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2. Localización del sitio de estudio.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3. Localización del sitio experimental.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4. Condiciones climáticas.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1. Clima.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.2. Temperatura.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.3. Precipitación pluvial .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.4. Humedad Relativa.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.5. Evaporación.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.6. Evapotranspiración.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.7. Heladas.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.8. Vientos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.9 Suelos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5. Variables morfológicas .....</b>	<b>22</b>
<b>3.8. Variables de calidad fisiológica.....</b>	<b>22</b>
<b>3.8.1. Ensayo de germinación estándar .....</b>	<b>22</b>
<b>3.8.2. Desarrollo y evaluación de plántulas .....</b>	<b>23</b>
<b>3.8.3. Longitud de semilla (LS) .....</b>	<b>24</b>
<b>3.8.4 Ancho de Semilla (AS).....</b>	<b>24</b>

3.8.5 Espesor de Semilla (ES).....	24
3.9. Tratamientos de estudio.....	25
3.10. Diseño experimental.....	25
3.12. Análisis estadístico .....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Composición por cada 100 gramos de maíz amarillo, según Maya, (2018). .....	3
Cuadro 2 Rangos para la longitud media de plúmula utilizada para determinar el vigor en plántulas (Peretti, 1994). .....	24
Cuadro 3 Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco variables de calidad fisiológica ...	26
Cuadro 4 Comparación de medias de los tratamientos evaluados para variables de calidad fisiológica de semilla.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1 Estructura composicional del grano de maíz según (UNAM, 2017). .....	10
Figura 2 Localización Comarca Lagunera, en el estado de Coahuila y Durango. UAAAN UL, 2018. .....	17
Figura 3 Localización del municipio de Torreón en la región de la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila y Durango. UAAAN UL, 2018. ....	18
Figura 4 Localización del sitio experimental en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (Laboratorio de Fitomejoramiento). UAAAN UL, 2018. ....	19

## I. INTRODUCCIÓN

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 de maíz.

### 1.1. Objetivo

Medir la medición de índices de calidad fisiológica de semillas de maíz bajo tres arreglos topológicos.

## **1.2. Hipótesis**

Ho: Los arreglos topológicos tienen influencia sobre la calidad fisiológica de las semillas de maíz.

Ha: Los arreglos topológicos no tienen influencia sobre la calidad fisiológica de las semillas de maíz.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Valor nutricional del maíz

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

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

### 2.2. 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 (Figuroa *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**

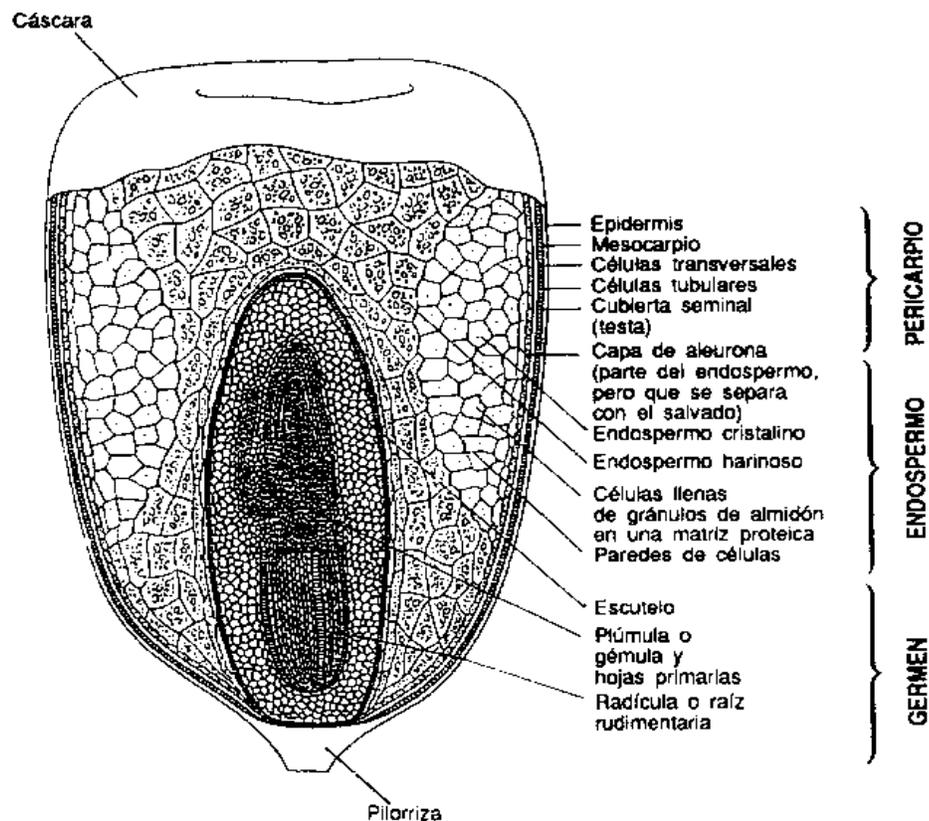
Que representa entre el 8% y el 12% del peso del grano. Conformado por el escutelo y el eje embrionario principalmente

##### **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 nutrimental 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

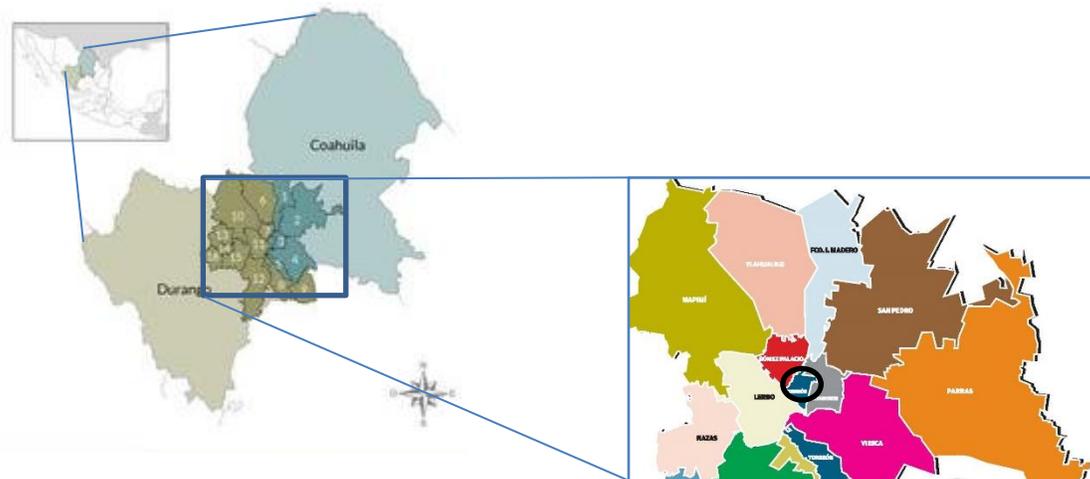
La Comarca Lagunera, región ubicada en el centro-norte de México, está conformada por los estados de Coahuila y Durango y debe su nombre a los cuerpos de agua que se formaban alimentados por dos ríos el Nazas y el Aguanaval, hasta antes de la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco (El Palmito), que en la actualidad regulan su afluente. Se localiza entre las coordenadas geográficas 103°26' 33" longitud oeste y 25°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.**



### **3.4. 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. 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 (Carballo, 2010)

### **3.8. Variables de calidad fisiológica**

#### **3.8.1. Ensayo de germinación estándar**

Esta 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 marcó 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 cariósido 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:

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

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

Se clasifico el vigor de acuerdo al rango de la escala propuesta por Peretti, (1994). Los valores obtenidos se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2 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. 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.

### **3.8.4 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.

### **3.8.5 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 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 tres genotipos, bajo tres distanciamientos diferentes (0.75, 0.60 y 0.40 m) entre surcos, y tres densidades diferentes (120 mil, 100 mil y 90 mil plantas por hectárea).

### **3.10. Diseño experimental**

El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones, para cada ciclo. Los factores analizados fueron genotipos, Distanciamientos y densidad de plantas por hectárea.

### **3.12. Análisis estadístico**

Se corrió un análisis de varianza, mediante el procedimiento GLM, usando SAS La prueba de comparación de medias se realizó mediante la DMSH con un valor alfa de 0.05.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al realizar el análisis de varianza, se tomaron en cuenta todas las fuentes de variación (tratamientos, distancias y densidades) y sus interacciones, sin embargo, como algunas de estas fuentes de variación no tuvieron diferencias significativas para ninguna variable, se eliminaron del modelo y solo se consideraron aquellas en donde si hubo diferencias estadísticas, como se observa en el cuadro 4.1.

**Cuadro 3 Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco variables de calidad fisiológica**

FV	df	L	A	ES	RLA	Vigor
TRAT	2	0.34	0.02	0.11 **	0.01	2.94 *
DENSIDAD	2	0.34	0.19	0.01	0.02	0.81
TRAT*DENSIDAD	4	0.15	0.18	0.02	0.01	1.33
Error	18	0.31	0.10	0.02	0.01	0.98
CV		4.55	3.55	3.67	6.39	10.43
media		12.22	8.69	4.03	1.41	9.51

L= Largo de la semilla; A= Ancho de la Semilla; ES=Espesor de la semilla; RLA= Relacion Largo/ancho de la semilla. Trat=Tratamientos. CV= Coeficiente de variación.

Como puede observarse en el Cuadro 3 solo hubo diferencias significativas para el factor tratamientos en las variables Espesor de Semilla (ES) y en Vigor, lo que indica que la densidad ni la interacción tratamiento\*densidad influyen sobre la calidad de las variables evaluadas.

Asimismo, los coeficientes de variación fueron pequeños (menores o iguales a 10%), lo que indica que estos factores no influyen en la variación del tamaño de la semilla.

Comparación de medias de tratamientos para variables de calidad fisiológica de semilla.

En el Cuadro 4 se muestra la comparación de medias, en donde se observa que solamente el tratamiento 2 es diferente estadísticamente de los tratamientos 1 y 3; asimismo, en la variable de vigor los tratamientos 2 y 3 fueron de mayor vigor que el tratamiento 1.

**Cuadro 4 Comparación de medias de los tratamientos evaluados para variables de calidad fisiológica de semilla**

T	L	T	A	T	ES	T	RLA	T	Vigor
3	12.411	a 1	8.733	a 3	4.1	a 3	1.441	a 2	10.144
2	12.233	a 2	8.711	a 1	4.0889	a 2	1.4064	a 3	9.3669
1	12.022	a 3	8.633	a 2	3.9	b 1	1.379	a 1	9.0293
DMS	0.6687		0.371		0.1778		0.1082		1.1

L= Largo de la semilla; A= Ancho de la Semilla; ES=Espesor de la semilla; RLA= Relación Largo/ancho de la semilla. Trat=Tratamientos. CV= Coeficiente de variación. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Todo lo anterior se puede explicar en términos de los valores bajos de los coeficientes de variación, los cuales indican que son de poca variabilidad.

## V. CONCLUSIONES

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

- Solamente para la fuente de variación tratamientos hubo diferencias en las variables Espesor de Semilla, y Vigor.
- El distanciamiento entre surcos no tuvo influencia en las variables de calidad fisiológica de semillas de maíz
- Para el presente trabajo, la densidad de siembra no tuvo efecto sobre las variables de calidad fisiológica de semillas de maíz.

## 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.
- 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 cruces 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.
- 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. Castañón., 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 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 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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](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.