

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Efecto de tres densidades de población sobre la calidad física del grano  
de maíz del híbrido AN-447**

**POR:  
ARQUÍMEDEZ SANTIAGO LÓPEZ**

**TESIS  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE DE 2015**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL C. **ARQUÍMEDES SANTIAGO LÓPEZ**, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

PRESIDENTE:

  
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO


VOCAL:

  
M.C. ULISES SANTIAGO LÓPEZ

VOCAL:

  
DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

VOCAL:

  
DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA



  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2015.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**1 Efecto de tres densidades de población sobre la calidad física del grano de maíz del híbrido AN-447**

POR:

**ARQUÍMEDES SANTIAGO LÓPEZ**

TESIS:

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR:

ASESOR PRINCIPAL:



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR:



M.C. ULISES SANTIAGO LÓPEZ

ASESOR:




DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

ASESOR:



DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**DICIEMBRE DE 2015.**

## AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero Agradecerle a **Dios** por prestarme la vida, protección, fortaleza durante mi existencia y a mi honorable familia.

Expreso mi respeto y más sincero agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, mi ALMA TERRA MATER, por ser la institución que culminó el proceso, que me formó como profesional y mejor persona.

Al M.C. Federico Vega Sotelo Asesor principal de esta tesis por su esfuerzo y valioso apoyo en la realización de esta investigación. De la misma manera a mi asesor y hermano M. C. Ulises Santiago López por su apoyo incondicional durante el proceso de elaboración de mi tesis, de la misma forma a los demás asesores DR. Luis Javier Hermosillo Salazar y al DR. J. Isabel Márquez Mendoza por sus valiosas contribuciones en este trabajo, del mismo modo al DR. Alfredo Ogaz.

## **DEDICATORIAS**

Dedico este presente trabajo con gran respeto, cariño y admiración

A mis padres;

Sr. Félix Santiago Ramos

Y

Sra. Senorina López Cruz

A mis hermanos:

Elizabeth Santiago López

Guadalupe Santiago López

Ulises Santiago López

Norma Santiago López

Por sus innumerables apoyos durante el transcurso de mi vida.

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	ii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>Justificación</b> .....	2
<b>Objetivos</b> .....	3
<b>Hipotesis</b> .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
<b>2.1 Aspectos generales del cultivo de maíz</b> .....	4
<b>2.2 Antecedentes históricos y centro de origen</b> .....	4
<b>2.3 Descripción botánica y morfología de la planta</b> .....	8
<b>2.3.1 Plántula</b> .....	8
<b>2.3.2 Sistema radicular</b> .....	9
<b>2.3.3 Sistema caulinar-vegetativo</b> .....	10
<b>2.3.4 Sistema caulinar-reproductivo</b> .....	11
<b>2.3.5 Granos de polen y estigmas</b> .....	11
<b>2.3.6 Estigmas, Frutos y semillas</b> .....	11
<b>2.4 Requerimientos del cultivo de maíz</b> .....	12
<b>2.4.1 Edáficos</b> .....	12
<b>2.4.2 Climáticos</b> .....	12
<b>2.4.3 Nutricional</b> .....	13
<b>2.5 Potencial de producción de maíz grano</b> .....	14
<b>2.5.1 Producción nacional</b> .....	15
<b>2.5.2 Producción regional</b> .....	20
<b>2.6 Híbridos</b> .....	20
<b>2.6.1 Clasificación de los híbridos</b> .....	21
<b>2.6.2 Ventajas del uso de híbrido</b> .....	21

<b>2.7</b>	<b>Generalidades del grano de maíz .....</b>	<b>22</b>
2.7.1	Clasificación del maíz .....	22
2.7.2	Importancia de la calidad de grano de maíz.....	23
2.7.3	Calidad del grano de maíz.....	24
2.7.4	Propiedades físicas del maíz .....	25
2.7.5	Valor nutricional del maíz.....	25
2.7.6	Factores que definen el rendimiento.....	26
2.7.7	Rendimiento del grano de maíz.....	26
2.7.8	Usos del grano de maíz.....	27
<b>2.8</b>	<b>Densidad de población .....</b>	<b>28</b>
2.8.1	Densidad y su relación con el rendimiento.....	28
2.8.2	Relación de la densidad con la disponibilidad hídrica y nutricional.....	29
2.8.3	Relación de la densidad con la fecha de siembra .....	29
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1	Localización de la Comarca Lagunera .....	30
3.2	Ubicación del experimento.....	30
3.3	Preparación del terreno .....	31
3.4	Material vegetativo .....	31
3.5	Siembra y fertilización .....	31
3.5.1	Siembra .....	31
3.5.2	Fertilización.....	31
3.6	Riegos .....	33
3.7	Control de maleza .....	33
3.8	Control de plagas.....	33
3.9	Cosecha .....	34
3.10	Diseño experimental .....	34
3.11	Tratamientos.....	34
3.12	Distribución de los tratamientos.....	35
3.12.1	Variables de evaluación .....	35

3.12.2	Número de hileras por mazorcas.....	35
3.12.3	Números de granos por hilera .....	36
3.12.4	Total de granos por mazorca.....	36
3.12.5	Longitud del grano de maíz.....	36
3.12.6	Ancho del grano de maíz.....	36
3.12.7	Grosor del grano de maíz.....	37
3.12.8	Peso total de 20 semillas.....	37
3.12.9	Peso hectolitrito .....	37
3.12.10	Rendimiento de maíz por hectárea (Toneladas/Ha.).....	37
IV.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
4.1	Longitud del Grano (LG).....	<b>38</b>
4.2	Ancho del Grano (AG).....	<b>39</b>
4.3	Espesor de Grano (EG).....	<b>40</b>
4.4	Peso total de 20 Semillas (PT) .....	<b>41</b>
4.5	Peso Hectolitrito (PHe) .....	<b>42</b>
4.6	Número de Hileras (NH).....	<b>43</b>
4.7	Número de Granos por Hilera (NGH).....	<b>44</b>
4.8	Total de Grano por Mazorca (TGM).....	<b>45</b>
4.9	Rendimiento de granos de maíz (RG).....	<b>46</b>
V.	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
VI.	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>50</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Características descriptivas y clasificación taxonómica del Maíz. ....	7
<b>Cuadro 2.</b> Temperaturas requeridas para el desarrollo del cultivo de Maíz. ....	13
<b>Cuadro 3.</b> Requerimientos y extracción de nutrientes del cultivo de maíz para producir una tonelada de grano.....	14
<b>Cuadro 4.</b> Producción y rendimiento del cultivo de maíz a nivel nacional. ....	15
<b>Cuadro 5.</b> Rendimiento, producción y superficie por hectárea producida a nivel de estados.....	17
<b>Cuadro 6.</b> Consumo, producción y saldo anual de semilla de maíz por Región y Estado, en promedio del período 2008/2010.....	19
<b>Cuadro 7.</b> Resultados del análisis del suelo.....	32
<b>Cuadro 8.</b> Fertilizantes empleados, MAP 11-52-00 (500 gr). ....	32
<b>Cuadro 9.</b> Registro de Riegos .....	33
<b>Cuadro 10.</b> Aplicación de Plaguicida .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Teorías acerca del origen del maíz. ....	6
<b>Figura 2.</b> Principales Estados productores de Maiz 1998-2008. ....	16
<b>Figura 3.</b> Análisis de varianza (LG).....	39
<b>Figura 4.</b> Análisis de varianza (AG). ....	40
<b>Figura 5.</b> Análisis de varianza (EG). ....	41
<b>Figura 6.</b> Análisis de varianza (PT).....	42
<b>Figura 7.</b> Análisis de varianza (PHe). ....	43
<b>Figura 8.</b> Análisis de varianza (NH). ....	44
<b>Figura 9.</b> Análisis de varianza (NGH).....	45
<b>Figura 10.</b> Análisis de varianza (TGM). ....	46
<b>Figura 11.</b> Análisis de varianza (RG) Kg. ....	47
<b>Figura 12.</b> Análisis de varianza (RG) Toneladas. ....	47

## RESUMEN

El rendimiento y calidad del maíz (*Zea mays* L.) está en función de dos factores fundamentales, el ambiente y la genética de cada individuo. Algunos de estos factores ambientales pueden ser manipulados por el hombre por medio de un buen manejo Agronómico, tal es el caso de la elección de la densidad de siembra, fechas de siembra, la selección de genotipos. La combinación de estos factores puede ser determinante para obtener altos rendimientos de buena calidad. El presente estudio tuvo como objetivo; Determinar el efecto de tres densidades de población, sobre la calidad física del grano de maíz en el híbrido AN-447, en la Región Lagunera de Coahuila. La siembra se realizó de forma manual, el 01 de abril del 2014, a una distancia entre surco y surco de 75 cm, y una distancia entre planta de 25 cm para 50,000 plantas, 16 cm para 80,000 plantas y 12 cm para 110,000 plantas. A los 30 días de la siembra se llevó a cabo el desahije, con una lámina de riego de 650 mm, La cosecha se generó manualmente el día 4 de septiembre 2014, se marcaron las 9 parcelas y se tomaran diferentes números de plantas de cada parcela. Para evaluar los diferentes tratamientos, la densidad de 110,000 plantas/ha se tomaron 10 plantas, 80,000 se tomaron 15 plantas y para 50,000 se tomaron 5 plantas, esto se realizó cuando la planta contenía un bajo porcentaje de humedad, el grano se encontraba entre el 15 y 20 % (lo que facilitará el desgrane). Después de la cosecha se procedió a separar la mazorca, y la toma de datos, lo cual las variables evaluados son; la longitud del grano de maíz (LG), ancho del grano de maíz (AG), grosor del grano de maíz (GG), peso total de 20 semillas (PT), peso hectolitrito (PHe), número de hileras por mazorcas (NH), números de granos por hilera de mazorca (NGH), total de granos por mazorca (TGM), rendimiento de maíz por ha (RG), y toneladas de granos por ha (TG). Cabe señalar que los datos de LG, AG, GG Y PT fueron obtenidos de un total de 180 semillas donde se formó grupos de 20, de acuerdo a al tratamiento y repetición de cada uno y las dimensiones fueron

medidas con un vernier electrónico, El PHe fue obtenido al pesar en una probeta 500 ml de semillas en una balanza analítica y el rendimiento fue calculado a base al TGM, PT. Los resultados estadísticos obtenidos muestran que; Longitud de Grano (LG), Ancho de grano (AG), Grosor de Grano (GG), Peso total de 20 semillas (PT), peso hectolitrito (PHe) y Números de Granos por Hilera (NGH) no hubo diferencia significativa entre los tratamientos. En el caso del Total de Granos por Mazorca (TGM), hubo un efecto significativo, sin embargo el Rendimiento de Grano (RG) Y Número de Hilera por Mazorca (NH) si hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos. En base a los resultados concluimos que las dimensiones del grano de maíz no se ven afectados con diferentes densidades de siembra, sin embargo el tamaño de la mazorca y el rendimiento si se ven afectados.

**Palabras clave:** Densidad, Rendimiento, Calidad, Genética y Maíz.

## I. INTRODUCCION

Más del 99% de nuestros alimentos procede de la tierra a base de la agricultura. El maíz, trigo y arroz es unos de los más importantes del mundo, su relevancia es que suministra elementos nutritivos hacia los hombres, animales y es materia prima básica para la industria (Benítez y Pfeiffer, 2006).

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del Continente Americano. Las más antiguas Civilizaciones de América desde los Olmecas y Teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los Incas y Quechuas en la Región Andina de Sudamérica estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta (Serratos, 2009). El Maíz constituye la base fundamental de la Alimentación en Latinoamérica. Es uno de los cereales con mayores cantidades de carbohidratos. La mayor demanda de maíz y sus derivados coincide con el incremento de la Población y los nuevos canales de Comercialización del mismo. El déficit se atribuye a múltiples factores que han limitado el Rendimiento de Maíz; suficiente señalar la baja eficiencia de producción por hectárea comparada con los países desarrollados (García y Bergvinson, 2007).

El maíz ha tenido una gran importancia dentro del Territorio Nacional debido a su consumo y a la gran extensión de tierras dedicadas a su cultivo, debido a esta situación cuenta con el primer lugar de superficie cultivable, más sin embargo, a pesar de su importancia la producción Nacional no es suficiente para satisfacer las necesidades de su consumo, trayendo como consecuencia su importación, esto se debe a la falta de autosuficiencia de este grano básico, se encuentra la baja producción por unidad de superficie que se ha manifestado en los diferentes estados productores.

En México se están haciendo grandes esfuerzo para aumentar el rendimiento de grano de Maíz (*Zea Mayz L.*), debido a la importancia que tiene como alimento, forraje y materia prima para la industria. La siembra de variedades mejoradas, procedida por la producción y utilización de semilla óptima de calidad,

ofrece la perspectiva de un rápido y considerable aumento en la productividad de este cereal. (Martínez *et al.*, 2005).

El incremento de la Población en el resto del Mundo como en la Comarca Lagunera, la producción de Maíz para la alimentación humana no es suficiente teniendo que traerse de otras Regiones o Países. Este problema es considerado de gran importancia dentro de la Investigación Agrícola, razón por la cual se trabaja intensamente en busca de mejores alternativas tratando de alcanzar mayor y mejor producción (Guerra, 1993).

La Región Lagunera, es una zona agrícola, la fertilización inorgánica es una práctica indispensable para la obtención de buenos rendimientos en el Cultivo de Maíz, sin embargo la limitante es el agua ya que del total de la superficie se tienen 170,000 hectáreas de labor Agrícola, 75,900 no laborables y 1462 de uso urbano, cultivándose en promedio 10,000 hectáreas con agua subterránea y 100,000 ha., con agua superficial sin poder abastecer las demandas Regionales (Moreno, 1984).

La necesidad de producir granos para subsanar el déficit tan grande que existe en nuestro País es inmediata. Para ello se necesitan técnicas que permitan aumentar la calidad y producción de este relevante cereal.

Por todo esto en el siguiente trabajo se realiza evaluación de calidad al grano de Maíz AN-447 bajo tres densidades de siembra, con fertilización Inorgánica.

## **JUSTIFICACIÓN**

El Maíz es el cereal que se ubica, después del Trigo y el Arroz, como el cultivo que más importancia ha tenido en varios sectores de producción Mundial durante el siglo XX y a inicios del XXI (Asturias, 2004 y Hernández *et al.*, 2004). Esto se debe que en la mayoría de los Países es utilizado como materia prima para la producción de Alimentos procesados, como forraje y para la producción de

etanol (Yahuaca *et al.*, 2010). En México se cultivan anualmente 8,5 millones de hectáreas de Maíz, con una producción Nacional de 22,5 millones de toneladas y una media de 2,8 t/ ha, cada año se importan siete millones de toneladas de grano entero de Maíz amarillo y tres millones de grano quebrado, por lo que se requiere incrementar la producción de este tipo de Maíz (Espinosa *et al.*, 2013). A base de esta demanda se busca una técnica que aumente los rendimientos de producción del Maíz sin disminuir la calidad del mismo, como es el aumento de la densidad de población.

Debido a la alta tasa de incremento de la Población, tanto en la Comarca Lagunera, con el resto del País, la producción de Maíz para la alimentación Humana no es suficiente y se ven obligados a importar. Este problema es considerado de gran importancia dentro de la investigación Agrícola, razón por la cual se trabaja intensamente en busca de mejores alternativas tratando de alcanzar mayor y mejor Rendimiento (Guerra, 1993).

## **OBJETIVOS**

Determinar el efecto de tres densidades de población, sobre la calidad física del grano de maíz en el híbrido AN-447

## **HIPOTESIS**

Con una mayor densidad de población, se obtiene menor calidad de maíz para grano.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos generales del cultivo de maíz

El Maíz cultivado es una planta completamente doméstica y junto con el Hombre ha venido evolucionado desde tiempos remotos. El maíz no se desarrolla en forma salvaje y no puede sobrevivir en la Naturaleza siendo completamente dependientes del cuidado del Hombre. Esta planta es una de las especies cultivadas más productivas, es una planta  $c_4$  con una alta tasa de actividad fotosintética (Ripusudan *et al.*, 2001 y Jurado *et al.*, 2013). Este Cereal es Alimento y Cultura del Continente Americano, esta planta acompañó en su desarrollo a las antiguas civilizaciones de América, desde los Olmecas y Teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los Incas y Quechuas en la Región Andina de Sudamérica (Santiago, 2011).

### 2.2 Antecedentes históricos y centro de origen

Debido a su productividad y adaptabilidad, el cultivo del Maíz se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el Planeta, después de que los Españoles y otros Europeos exportaran la planta desde América durante los siglos XVI y XVII. El maíz es actualmente cultivado en la mayoría de los Países del Mundo y es la tercera cosecha importante después del Trigo y Arroz. Los principales productores de maíz son Estados Unidos, República Popular de China y Brasil. Independientemente de su uso industrial, el Maíz constituye un componente importante de la vida de los Pueblos de América, por ser el sustento de la dieta alimenticia de los Pueblos Indígenas y Mestizos de nuestro Continente, cultivo que ha dado lugar a una serie de sistemas agrícolas muy variados (Asturias, 2004).

En base a las diversas teorías del Maíz, aun hay discrepancias respecto a los detalles de su origen, generalmente se considera que el Maíz fue una de las



primeras plantas cultivadas por los Agricultores entre los 7000 y 10000 años. La evidencia más antigua proviene de algunos lugares Arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimado en más de 5000 años de antigüedad, localizadas en cuevas de los Habitantes primitivos. De acuerdo con las diversas teorías relacionadas con el origen del Maíz, actualmente los Científicos proponen las siguientes teorías: Origen del Maíz silvestre; el Maíz se originó de una antigua forma salvaje del Maíz nativo ahora extinta en las alturas de México y Guatemala. Randolpp (1959) sugirió que los ancestros del Maíz cultivado eran alguna forma de Maíz silvestre. El Maíz primitivo, el Teosinte y *Tripsacum* divergían entre ellos miles de años antes de que el Maíz silvestre evolucionara para poder ser una Planta cultivada. Sin embargo hasta la actualidad no se ha encontrado el Maíz silvestre o de forma silvestre, por ende esta Teoría no recibe gran consideración (Acosta, 2009).

Origen del Teosinte: el Maiz deriva del Teosinte a travez de mutuciones y por selección natural. Es generalmente aseptado el echo de que el Teosinte es el antecesor o allegado al Maiz y que a participado directamente en el origen del Maiz cultivado. Los granos de Teosinte estan encastrados en frutos de envoltura rigida, los componentes de esa envoltura rigida tambien estan presentes en el Maiz pero los granos no estan encastrado como el Teosinte si no que estan expuestos en la Mazorca., Dorweiler (1993) han identificado, descripto y mapeado geneticamnete un locus de características cuantitativas (QTL), el tga I (arquitectura de gluma teosinte I) el cual controla esta diferencia fundamental entre maiz y Teosinte, envase a los resultados obteniso de su experimente encuentra una transformación de Teosinte a Maiz, los Botánicos apoyan esta Teoria, sin envargo los Fitomejoradores no esta de acuerdo (Ripusudan *et al.*, 2001).

Algunos Científicos (figura 1) no estan de acuerdo con la evolucion del Teosinte a Maiz y creen que el Maiz se originó de antiguas formas de Maiz silvestre Ripusudan *et al.* (2001) y Acosta (2009) han resumido en forma de diagrama varios modelos problabes del origen del Maiz;

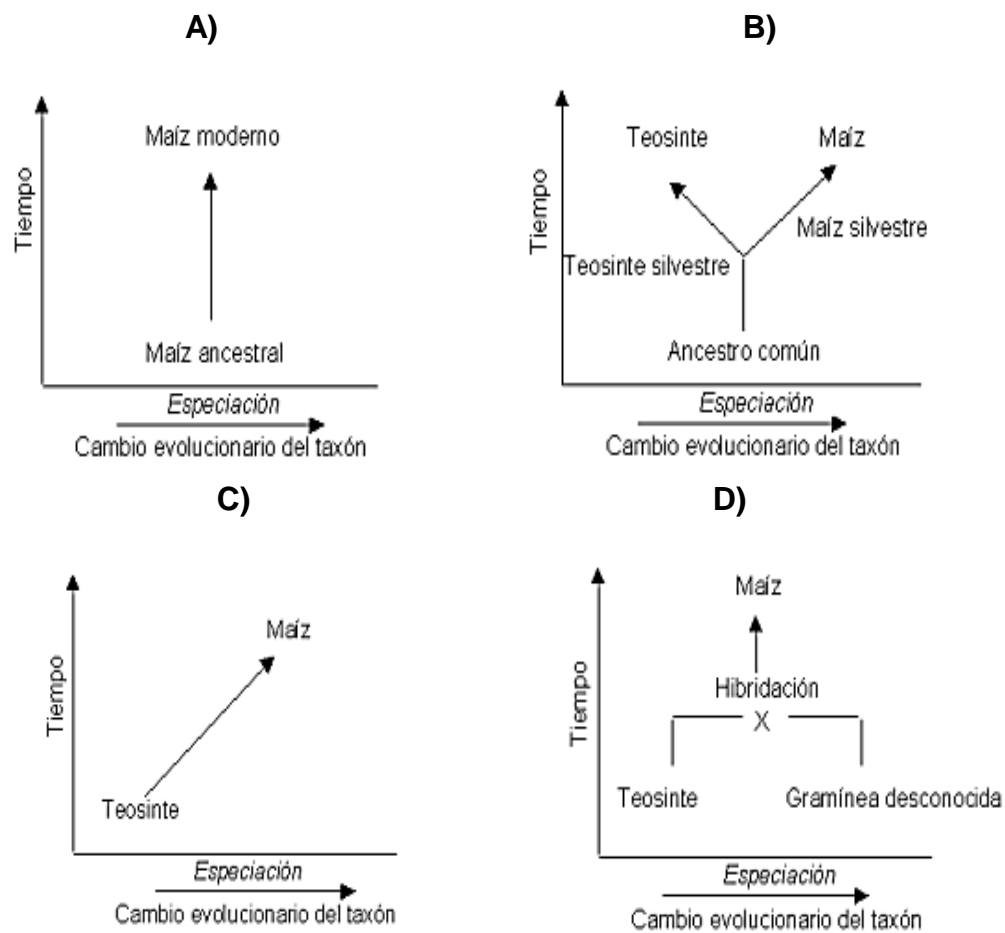
**A).**- Evolucion vertical del Maíz moderno apartir del Maíz silvestre.

**B).**- Progresion de Teosinte a Maíz de un ancestro común pero de la domesticacion del Maíz apartir del Maíz silvestre.

**C).**- Separacion del Maíz y Teosinte, originados ambos de un ancestro comun, aviendose separado durante el proceso evolutivo.

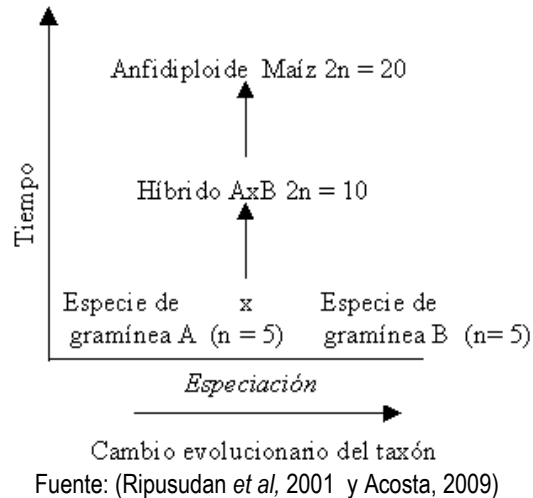
**D).**- Hibridacion, aviendose originado el Maíz como un Hibrido entre el Teosinte y una Gramínea desconocida.

Figura 1. Teorías acerca del origen del maíz.



Fuente: (Ripusudan *et al.*, 2001 y Acosta, 2009)

Los últimos informes indican que la naturaleza anfidiplóide o tetraplóide del cariotipo del maíz agrega un elemento más al enigma del origen del maíz.



### **Cuadro 1.** Características descriptivas y clasificación taxonómica del Maíz.

**Nombre Común:** Maíz.

**Origen:** México, América Central.

**Adaptación:** Regiones Tropicales, Subtropicales y Templadas.

**Ciclo Vegetativo:** 80 a 180 días.

**Tipo Fotosintético:** C<sub>4</sub>

**Tribu:** Maydeae.

**Reino:** Plantae.

**División:** Magnoliophyta.

**Clase:** Liliopsida.

**Subclase:** Commelinidae.

**Orden:** Poales.

**Familia:** Poaceae

**Subfamilia:** Panicoideae.

**Género:** Zea.

**Especie:** *Zea mays*

(Acosta, 2009. González, 1984 y Ripusudan *et al.*, 2001)

## 2.3 Descripción botánica y morfología de la planta

La Planta del Maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte (1 a 5 m de altura), frondosa, con un sistema radicular fibroso normalmente de un solo tallo que tiene hasta 30 hojas (Santiago, 2011). Normalmente se desarrollan una o dos yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta que formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva. Las Mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares, estando cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas. Las hojas que se desprenden de los nudos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina.

La parte superior de la planta está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Inflorescencia masculina en panícula dominante). La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y las anteras pudiendo ser verdosa o amarillenta. A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). La lemma del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sin quilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas apareadas. La descripción, el desarrollo y la morfología de la planta se puede dividir en seis partes, que son: Plántula, Sistema radicular, Sistema caulinar-vegetativo, Sistema caulinar-reproductivo, Granos de polen y estimas Y Frutos y semillas (Ripusudan *et al.*, 2001).

### 2.3.1 Plántula

La semilla al introducirse al suelo húmedo, absorbe agua y comienza a hincharse, este proceso es acelerado con temperaturas altas, los procesos de germinación dependen de la temperatura cuando hay mayor temperatura y humedad, como en zonas Tropicales la germinación ocurre entre dos o tres días sin embargo en invierno o en condiciones bajas de temperaturas este proceso ocurre hasta los seis u ocho días después de la siembra.

Cuando se inicia la germinación, la coleorriza se elonga y sale a través del pericarpio; después aparece la radícula a través de la coleorriza, inmediatamente después de este proceso emergen tres o cuatro radículas seminales, al mismo tiempo o muy pronto la plúmula cubierta por el coleoptilo emerge en el otro extremo de la semilla; el coleoptilo es empujado hacia la superficie de la tierra. El mesocotilo tiene gran importancia ya que tiene una gran plasticidad sobre la tasa de crecimiento y la longitud a la que llega la planta. Cuando el extremo del coleoptilo surge a través de la superficie de la tierra cesa la elongación del mesocotilo y emerge la plántula sobre la tierra.

La siembra del maíz regularmente es de 5 a 8 cm, sin embargo estas medidas pueden cambiar ya que depende de la uniformidad de la humedad disponible, lo cual también influye en el tiempo de germinación (Ripusudan *et al.*, 2001).

### **2.3.2 Sistema radicular**

Las raíces de las seminales se desarrollan a partir de radículas de la semilla, a la profundidad que se allá sembrado, el crecimiento de las raíces disminuye cuando la plúmula emergen por encima de la Corteza Terrestre y virtualmente detiene su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. Las primeras raíces adventicias inicia su desarrollo en el primer o tercer nudo en el extremo del mesocotilo, estas raíces se desarrollan hasta llegar entre siete y diez nudos, este proceso se da sin importar la profundidad a la que fue puesta la semilla.

El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrientes además que mantiene la planta erecta. Algunos científicos encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52 % y que el sistema de nudo de las raíces es el 48 % de la masa total de las raíces de la Planta de Maíz (Ripusudan *et al.*, 2001). La Planta del Maíz también cuenta con otros tipos de raíces que son: Raíz seminal o principal; Esta es representada por un grupo de una a cuatro raíces, que pronto dejan de funcionar, se originan en el embrión, y son las encargadas de suministrar nutrientes a las semillas en las primeras semanas. Raíces de sostén o soporte; Este tipo de raíces se origina en los nudos, cerca de la superficie del suelo. Favorecen una mayor estabilidad y disminuyen problemas de acame, las raíces de sostén realizan la fotosíntesis. Raíces aéreas; Se puede decir que son todas aquellas raíces que no logran alcanzar la superficie del suelo (Pavón, 2013).

### **2.3.3 Sistema caulinar-vegetativo**

Las plántulas de maíz son visibles cuando tiene tres hojas, lo cual muestra un crecimiento vigoroso el cual se origina en un solo punto del crecimiento que es el meristemo apical, todas las partes del tallo del maíz ya sea vegetativa o reproductivas se produce a partir de este meristemo. El tallo consiste de cuatro estructuras básicas: los internodos, las hojas, el perfilo y las yemas o meristemo apical, que en conjunto son conocidas como fitomero. El número fitomeros producidos durante la etapa vegetativa va depender de factores genéticos y del ambiente.

Cuando las plantas tienen seis hojas abiertas, el punto de crecimiento y el primordio de espiga ya han sobrepasado la superficie del suelo. Los internodos comienzan a elongarse rápidamente y la planta pasa a través de un período de rápido crecimiento y elongación.

Esaú en (1977) describió la Anatomía de las hojas y tallo del maíz. El tallo tiene tres componentes importantes en sus tejidos; la corteza o epidermis, los

haces vasculares y la médula. Los haces vasculares están ordenados en círculos concéntricos con una mayor densidad de haces y anillos más cercana a la zona periférica epidérmica, entre mayor sea su densidad mayor resistencia del tallo.

La fotosíntesis de la planta de maíz  $C_4$  se debe a la anatomía y estructura de las hojas, estudios bioquímicos determinan que las plantas  $C_4$  la morfología y la localización de este tipo de cloroplastos está correlacionado con diferentes actividades enzimáticas (Ripusudan *et al.*, 2001).

#### **2.3.4 Sistema caulinar-reproductivo**

El Maíz es una planta monoica desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo las que están en lugares separados de la planta. La inflorescencia femenina o mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y la inflorescencia masculina o panoja se desarrollan en el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta. Inicialmente ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales posteriormente en el desarrollo abortan y queda flores de un solo tipo, posteriormente sigue el proceso hasta que se forma la mazorca (Ripusudan *et al.*, 2001).

#### **2.3.5 Granos de polen y estigmas**

El polen del maíz es una estructura trinuclear; tiene una célula vegetativa, dos gametas masculinas y numerosos granos de almidón, su gruesa pared tiene dos capas, la exina y la intina y es bastante resistente.

Los estigmas son la prolongación del canal del estilo de los óvulos maduros en la mazorca, dependiendo de la longitud de la mazorca y de las hojas que las cubren los estambres, pueden crecer hasta 30 cm. Los estambres están cubiertos por tricomas donde serán retenidos los granos de polen. El desarrollo de los granos empieza a 5cm de la mazorca (Ripusudan *et al.*, 2001).

#### **2.3.6 Estigmas, Frutos y semillas**

El grano o fruto de maíz es una carióspside. La pared del ovario o pericarpio esta fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para formar la pared del fruto. El fruto maduro está constituido por tres partes: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide (Ripusudan *et al.*, 2001). El grano se dispone en hileras longitudinales en la mazorca, es generalmente en un plano perpendicular al eje de la mazorca, como es el caso de la mayoría de los híbridos actuales, el grano está formado por cuatro partes que son; Pericarpio: Protege la semilla antes y después de ser sembrada, impidiendo la entrada de hongos. Endospermo amiláceo: Es la reserva alimenticia del grano, está compuesta por 90% de almidón, 7% de proteína y el resto son aceites minerales, su función es alimentar a las planta jóvenes hasta que sus raíces estén bien desarrolladas y las hojas puedan elaborar sustancias energéticas en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. Embrión: Está formado por el eje embrionario y por el escutelo. El eje embrionario está formado por la plúmula (esbozo de 4-5 hojas) y radícula. El escutelo corresponde al cotiledón (Pavón, 2003).

## **2.4 Requerimientos del cultivo de maíz**

### **2.4.1 Edáficos**

El Maíz se adapta a una amplia variedad de suelos sin embargo el suelo más idóneo es de Textura media (Francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua. El Maíz, en general, crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 7.8. (Deras, 2014). También puede desarrollarse en una gran gama de suelo, el crecimiento en suelo arenoso y arcilloso es pobre si no se ejecutan las labores pertinentes (Castillo, 2008).

### **2.4.2 Climáticos**



Se adapta a todas las altitudes, las óptimas son 1000 msnm y hasta los 3000 msnm. La condición ideal para que desarrolle el maíz es el estado de capacidad de campo, 500 a 700 mm de agua bien distribuida durante todo el ciclo del cultivo, con un clima cálido (Deras, 2014 y Bonilla, 2009). (Cuadro 2)

**Cuadro 2.** Temperaturas requeridas para el desarrollo del cultivo de Maíz.

TEMPERATURA ( °C )			
ETAPA	MINIMA	MAXIMA	OPTIMA
Germinación	10	40	20 a 25
Crecimiento	15	40	20 a 30
Floración	20	30	21 a 30

Fuente: (Bonilla 2009, Y Santiago, 20011).

### 2.4.3 Nutricional

El Maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrimentos, contiene pequeñas cantidades alrededor de 90 elementos, lo cual 16 son esenciales para el desarrollo de las plantas. (Valdez *et al.*, 2011)

La adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen desarrollo y crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Los nutrientes disponibles en el suelo generalmente limitan la producción de maíz, siendo necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización (García, 2010).

En el (Cuadro 3) se indica los requerimientos (cantidad total de nutriente absorbida por el cultivo) y la extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz. García (2010) indica que para obtener un rendimiento de 12 t ha<sup>-1</sup> de maíz grano, se requieren absorber aproximadamente 264-48-48 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N), fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y azufre (S), respectivamente.

**Cuadro 3.** Requerimientos y extracción de nutrientes del cultivo de maíz para producir una tonelada de grano.

Nutriente	Requerimiento	Índice de cosecha	Extracción
	kg t		kg t
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3.0
Potasio	19	0.21	4.0
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
	g/ton		g/ton
Boro	0.020	0.25	0.005
Cloro	0.444	0.06	0.027
Cobre	0.013	0.29	0.004
Hierro	0.125	0.36	0.045
Manganeso	0.189	0.17	0.032
Molibdeno	0.001	0.63	0.001
Zinc	0.053	0.50	0.027

(García *et al.*, 2010)

## 2.5 Potencial de producción de maíz grano

El rendimiento de Maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual es función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el cultivo debe lograr un óptimo estado fisiológico en floración, cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa (García, 2010).

En México se cultivan anualmente 8,5 millones de hectáreas de Maíz, con una Producción Nacional de 22,5 millones de toneladas y una media de 2,8 t/ ha; cada año se importan siete millones de toneladas de grano entero de Maíz amarillo y tres millones de grano quebrado. De la superficie cultivada nacional, 1.5 millones de hectáreas se ubican en altitudes de 2200 a 2600 msnm, en los Valles Altos de la Mesa Central, 800 mil se cultivan en temporal estricto, el cual generalmente se presenta en forma tardía, lo que limita la fecha de siembra y con ello la productividad del cultivo (Espinosa *et al.*, 2013).

### 2.5.1 Producción nacional

La República Mexicana es el segundo importador al tener un déficit de alrededor de las 10 mil toneladas de ese grano. Los factores que han incidido para generar esta situación han sido una alta demanda por el incremento de la población, y altos costos de los insumos para producirlo. México es el séptimo productor de maíz en el mundo sin embargo, esto no es suficiente pues la demanda interna tanto para consumos humano y animal, lo ubican como el principal importador de este grano en el 2011 alcanzó una producción de 14.9 millones de toneladas. No obstante el nivel de producción fue de 872.9 millones de toneladas y se espera que la producción incremente a 917 millones de toneladas para el 2012-2013 (Jurado *et al.*, 2013).

El maíz participa con el 18% del valor de producción del sector agrícola y concentra el 33% de la superficie sembrada en el territorio nacional (7.5 millones de hectáreas) (cuadro 4). La superficie de temporal ocupa el 74% de la superficie, aporta únicamente el 40% del valor generado. El rendimiento nacional alcanza en promedio las 3.2 ton/ha, siendo el rendimiento de temporal de 2.2 ton/ha y el de riego de 7.5 ton/ha.

**Cuadro 4.** Producción y rendimiento del cultivo de maíz a nivel nacional.

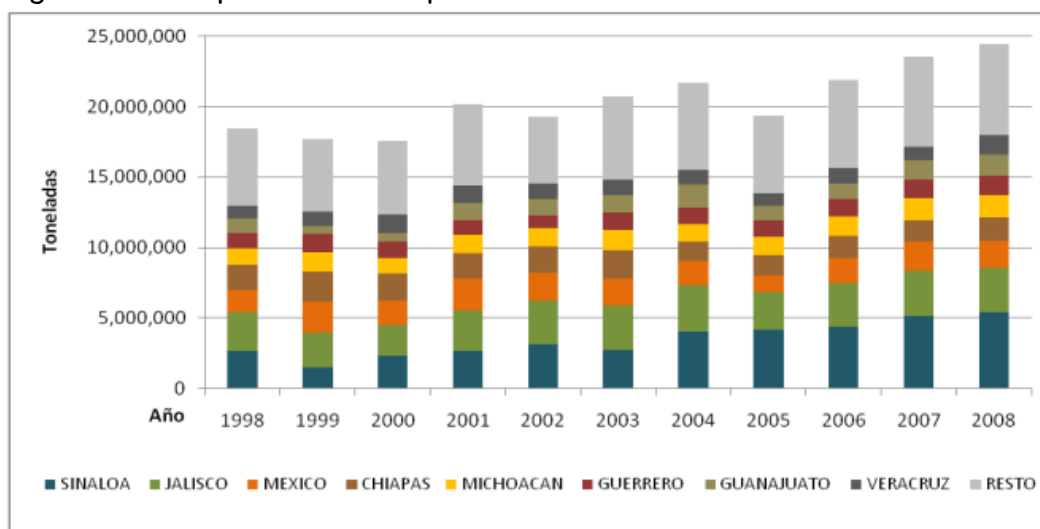
año	Superficie (miles ha)		volumen de producción (miles/ton)	Rendimiento (ton/ha)	precio medio rural(\$/ton)	Valor de producción (mdp)
	Sembrada	Cosechada				

2000	8,444.80	7,131.20	17,556.90	2.5	1,507.80	26,471.90
2001	8,396.90	7,810.80	20,134.30	2.6	1,451.10	29,216.40
2002	8,270.90	7,118.90	19,297.80	2.7	1,500.60	28,957.50
2003	8,126.80	7,520.90	20,701.40	2.8	1,618.00	33,495.10
2004	8,403.60	7,696.40	21,685.80	2.8	1,678.60	36,401.60
2005	7,978.60	6,605.60	19,338.70	2.9	1,577.90	30,515.10
2006	7,807.30	7,294.80	21,893.20	3	2,010.60	44,017.40
2007	8,117.40	7,333.30	23,512.80	3.2	2,442.00	57,417.90
2008	7,942.30	7,344.30	24,410.30	3.3	2,817.00	68,764.90
2009	7,726.10	6,223.00	20,142.80	3.2	2,802.10	56,441.20
2010	7,860.70	7,148.00	23,301.90	3.3	2,816.50	65,629.40
2011	7,750.30	6,069.10	17,635.40	2.9	4,077.80	71,913.90
2012	7,372.20	6,923.90	22,069.30	3.2	4,009.60	88,489.60
2013	7,503.70	7,104.20	23,042.00	3.2	3,385.20	78,001.00
2014	7,469.50	7,071.90	22,630.00	3.2	N/D	N/D

Fuente: (SIAP - SAGARPA. 20014).

De acuerdo con datos del Sistema Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) la producción de maíz ha presentado una tendencia a la alza durante los últimos once años, esto en virtud de que en 1998 se produjeron 18, 454,710 toneladas y para el 2008 el volumen de producción fue de 24, 410,279 toneladas, lo que significa una TMAC de 2.6%.

Figura 2. Principales Estados productores de Maiz 1998-2008.



Fuente: (SIAP – SAGARPA. 2009)

En el siguiente (Cuadro 5) el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA describen la superficie, producción y rendimiento de maíz en los diferentes Estados.

Estado	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
BAJA CALIFORNIA SUR	3261	19318	5.924
CAMPECHE	10229	23336	2.281
COLIMA	1543	7981	5.172
CHIAPAS	106319	158794	1.494
CHIHUAHUA	29	22	0.743
DURANGO	40	144	3.594
GUANAJUATO	201	1517	7.547

**Cuadro 5.** Rendimiento, producción y superficie por hectárea producida a nivel de estados.

GUERRERO	26263	94252	3.589
HIDALGO	27433	45674	1.665
JALISCO	4052	20425	5.041
MEXICO	446	1321	2.962
MICHOACAN	5502	20915	3.801
MORELOS	840	3062	3.647
NAYARIT	5025	35119	6.989
NUEVO LEON	2814	6678	2.373
OAXACA	72685	148501	2.043
PUEBLA	21745	45673	2.1
QUERETARO	640	1131	1.768
QUINTANA ROO	4910	5735	1.168
SAN LUIS POTOSI	9651	12688	1.315
SINALOA	341464	3621983	10.607
SONORA	9886	68659	6.945
TABASCO	30178	52818	1.75
TAMAULIPAS	66395	421091	6.342
VERACRUZ	185391	441588	2.382
YUCATAN	3278	10296	3.141
ZACATECAS	174	623	3.583
<b>TOTAL</b>	<b>940395</b>	<b>5269342</b>	<b>5.603</b>

(SIAP-SAGARPA. 30 de Septiembre de 2014)

La producción de maíz amarillo representa aproximadamente el 5% de la producción nacional de maíz en México. Asimismo, contrario al superávit de maíz blanco, el mercado de maíz amarillo es deficitario, Por su parte, el rendimiento

promedio de maíz blanco ha crecido aproximadamente 2.1% durante los últimos cinco años (SFA-SAGARPA, 2011- 2020).

La cantidad consumida del insumo se calculó con base en la superficie sembrada con semilla mejorada y la densidad de siembra, ascendió a 68 mil toneladas (Cuadro 6), cifra que representa 42.5 % del consumo total; las restantes 92 mil toneladas corresponden a semilla criolla. Las cifras anteriores indican que más de la mitad de la superficie sembrada con maíz no utiliza semilla mejorada, y que se tiene una amplia brecha para elevar el potencial productivo del grano.

Cuadro 6. Consumo, producción y saldo anual de semilla de maíz por Región y Estado, en promedio del período 2008/2010. Cifras en toneladas.

Estado	Consumo de semilla de Maíz					Producción
	Blanco	Amarillo	Total	Mejorada	Criolla	
Aguascalientes	999	0	999	199	800	15
Baja C. Sur	84	0	84	70	14	230
Campeche	2755	0	2755	1889	866	27
Chiapas	12,189	1720	13,910	3559	10,350	992
Chihuahua	2574	2342	4917	2379	2537	211
Coahuila	674	11	685	127	558	27
Colima	270	0	271	214	57	364
D. F.	115	0	115	2	113	0
Durango	3834	0	3834	1302	2533	14
Guanajuato	8130	36	8166	4883	3282	16,323
Guerrero	9690	6	9697	4160	5537	193
Hidalgo	5168	32	5200	985	4215	110
Jalisco	10,979	1244	12,223	10,928	1,295	6,809
México	11,159	133	11,292	4162	7,130	335
Michoacán	9626	15	9641	5635	4005	1219
Morelos	494	21	515	461	54	174
Nayarit	869	45	914	632	282	5760
Nuevo León	499	2	501	108	392	0
Oaxaca	12,017	0	12,017	1,608	1,608	64
Puebla	11,979	93	12,072	1,742	10,330	64
Querétaro	2392	5	2397	765	1632	1505
Quintana Roo	1359	10	1369	333	1036	0
San Luis Potosí	5341	0	5341	633	4707	0

Sinaloa	12,423	261	12,684	10,494	2,190	22,941
Sonora	727	0	727	568	159	1351
Tabasco	1660	0	1660	776	884	0
Tamaulipas	2142	1330	3472	2436	1035	1756
Tlaxcala	2233	86	2319	926	1393	72
Veracruz	11,505	166	11,672	3114	8,558	295
Yucatán	2720	323	3044	534	2509	0
Zacatecas	5572	165	5737	2548	3189	1696
<b>Total</b>	<b>152,178</b>	<b>8048</b>	<b>160,226</b>	<b>68,172</b>	<b>92,054</b>	<b>62,546</b>

Fuente: (García y Ramírez, 2014)

### 2.5.2 Producción regional

La Comarca Lagunera, ubicada en el Norte de México, se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano y 24 000 ha de maíz forrajero, en su mayoría con híbridos comerciales para grano, desarrollados por compañías transnacionales para otras áreas del País. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje. El rendimiento de grano promedio para esta región es de 3.3 ton/ ha, aun cuando el rendimiento potencial a nivel experimental es de 13 ton/ ha, por lo que se deben buscar formas de aumentar los rendimientos, sin incrementar los costos de cultivo. En la actualidad se estima que 93 % de los productores usa semilla mejorada para aumentar la calidad y productividad de este cultivo, mediante caracterización de los mejores híbridos a través de técnicas que permitan determinar los efectos genéticos involucrados en los materiales de estudio y, por consiguiente, brindar a los productores más alternativas de genotipos de alto rendimiento (Wong *et al.*, 2007).

## 2.6 Híbridos



Se define como aquel individuo que es el producto de una cruce entre padres genéticamente diferentes a fin de obtener un producto que posea características superiores al promedio de sus padres. El uso de híbridos de maíz es un elemento clave en muchos países en desarrollo para alcanzar niveles competitivos en la producción ya que poseen un buen rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, una mayor adaptación y un porte adecuado de la planta que permite tener más plantas por unidad de superficie (Castillo, 2008).

### 2.6.1 Clasificación de los híbridos

**Simples;** Es un híbrido creado mediante cruzamiento de dos líneas endogámicas, la semilla de híbridos F1 es la que se vende a los agricultores para la siembra, por lo cual los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar mayor potencia en rendimiento en condiciones ambientales favorables.

**Dobles;** Se forman a partir de líneas auto fecundadas es decir es la progenie híbrida de una cruce entre dos cruces simples, los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruces simples, presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que un triple y esta a su vez mas que la cruce doble. **Triples;** Se forma con tres líneas auto fecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una línea simple y una línea auto fecundada. La cruce finge como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayor rendimiento con una cruce triple que con una doble, aunque las plantas de una cruce triple no son tan uniforme como las de cruce simple (García, 2006).

### 2.6.2 Ventajas del uso de híbrido

Las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y sintéticas son: producción de grano, uniformidad en floración, altura de la planta, maduración, plantas más cortas pero vigorosas que resisten el acame y rotura,

mayor sanidad de mazorca y grano, en general, mayor precocidad y desarrollo inicial (Castillo, 2008).

## **2.7 Generalidades del grano de maíz**

En México la mayor parte de los agricultores que cultivan maíz lo destinan al autoconsumo. Se estima que la superficie sembrada con variedades mejoradas e híbridos en México es de apenas 20 % aproximadamente (Figuroa *et al.*, 2013). Dentro de la producción de granos básicos, uno de los principales rubros económicos de mayor impacto en los costos de producción son los factores que limitan el crecimiento de los cultivos, como el uso y manejo del agua y fertilizantes químicos. La falta de métodos de mejoramiento de la producción agrícola ha afectado la capacidad del suelo para producir (Guzmán *et al.*, 2014). Debido a lo anterior, hay criterios de calidad y rendimiento para responder a las siguientes preguntas: ¿existe alguna relación entre las clasificaciones agronómicas de los grupos raciales de maíz y la calidad?, ¿cómo explicar la calidad del grano y sus productos?, ¿cómo afectan las propiedades físicas del grano de maíz a la calidad y el rendimiento industrial?

### **2.7.1 Clasificación del maíz**

Una de las primeras clasificaciones del maíz (*Zea mays* L.) fue la realizada por Sturtevant (1899), quien propuso seis grupos principales (dentado, cristalino, dulce, harinoso, reventón, ceroso y tunicado), cinco de los cuales se basaron en la composición del endospermo de los granos. El maíz tiene una gran variedad en el color del grano, textura, composición y apariencia, se clasifican de acuerdo a; a) constitución del endosperma y grano; b) color del grano, c) ambiente en que es cultivado, d) madurez, y e) su uso (Figuroa *et al.*, 2013 y Romero *et al.*, 2006).

1) Maíz tunicado: *Zea mays tunicata* St., Se caracteriza por presentar cada grano envuelto en su propia bráctea. Se considera uno de los tipos más primitivos

de los maíces cultivados. No tiene valor comercial. 2) Maíz reventón: *Zea mays everta* St. Se caracteriza por presentar granos pequeños con endospermo cristalino, constituido preferentemente por almidón córneo, con altas temperaturas tienden a explotar. 3) Maíz cristalino: *Zea mays indurata* St. Se caracteriza por presentar granos con endospermo vítreo duro, cristalino y translúcido, con almidón en su mayoría córneo. 4) Maíz amiláceo: *Zea mays amilácea* St. Se caracteriza por presentar granos con endospermo blando, suave amiláceo. En este grupo el maíz “Blanco Gigante del Cuzco” o “Blanco Imperial” es de gran tamaño su grano y alto rendimiento. 5) Maíz dentado: *Zea mays indentata* St. Se caracteriza por presentar granos con endospermo formado con almidón córneo cristalino, tanto en su exterior como interior. Están coronados en la parte superior con almidón blando suave, que a la madurez origina una depresión central superior, debido a una mayor hidratación, dándole al grano la forma característica de diente. 6) Maíz dulce: *Zea mays saccharata* St. Se caracteriza por presentar maíces dulces y un grano completamente arrugado cuando están maduros. 7) Maíz ceroso: *Zea mays ceratina* Kul. Se caracteriza por presentar aspecto ceroso en el endospermo (Figuerola, 2013 y Acosta, 2009).

### **2.7.2 Importancia de la calidad de grano de maíz**

El Maíz *Zea mays L.*, es uno de los granos más antiguos que se conocen, es una planta anual originaria de México y Centroamérica, actualmente es cultivada por todo el mundo, es muy importante en la alimentación humana o animal. Este cereal es importante en México por varias razones, se producen alrededor de 18.2 millones de toneladas por año, alrededor del 90% de la producción es de maíz blanco y es destinado al consumo humano (De la Rosa *et al.*, 2006). La humanidad incrementa consideradamente y la demanda de este grano es cada día mayor, se hace indispensable encontrar alimentos que puedan ser usados en la alimentación animal que no compitan con el hombre (Fuentes *et al.*, 2001).

### 2.7.3 Calidad del grano de maíz

Bajo la consideración de los diferentes destinos del maíz como materia prima, cada proceso industrial al cual se destina el maíz requiere de un tipo especial de grano, por ello es necesario que se identifiquen las características de los granos de maíz para que en su transformación le permitan optimizar el rendimiento, generando a su vez productos de elevada calidad. El conocimiento de las propiedades físicas y químicas de los granos de maíz permite un adecuado aprovechamiento de estos como materia prima en cuanto a su rendimiento, uso y destino comercial (Yahuaca *et al.*, 2010)

Las características físicas de los granos de maíz dependen de la variedad (genotipo) y de las condiciones ambientales (humedad y temperatura) durante su desarrollo. El conocimiento de las propiedades físicas, químicas y de transporte de los granos, y su relación con el contenido de humedad son indispensables para el adecuado diseño del equipamiento para el manejo, transporte y acondicionamiento de los granos (Ordeñes *et al.*, 2012). Uno de los principales factores que afectan directamente a la calidad e integridad física del maíz para siembra o consumo es, la resistencia del daño mecánico que se le da, como es el daño por impacto, causa bajo vigor, disminuye la calidad física, sanitaria y reduce la vida de almacén de la semilla. En base a los estudios el daño causado por el impacto están relacionados con varios factores como son: grado de madurez, tamaño, contenido de humedad y forma de la semilla (Mancera *et al.*, 2007).

El maíz por su alto contenido energético es un producto agrícola estratégico para la seguridad alimentaria de la humanidad e incluso para la actualidad podría fungir como un biocombustible a base de maíz (etanol) incrementándose así más la demanda del producto, la calidad del grano del maíz depende de una característica importante como es su constitución física, que determinan la textura y dureza, y de su composición química, que define el valor nutricional (Díaz *et al.*, 2009).

#### **2.7.4 Propiedades físicas del maíz**

Con respecto a algunas propiedades físicas de los granos, el peso hectolitrito indica que la relación de endospermo vítreo suave, es mayor. El peso hectolitrito óptimo para maíces grado alimenticio que se canalizan a la industria nixtamalizadora debe ser mayor a 72 kg hL<sup>-1</sup> el peso de 1 000 cariósides está directamente relacionado con la proporción de pericarpio-germen vs endospermo la textura del endospermo, también es factor importante en la industria nixtamalizadora, ya que los granos de textura suave tienden a sobrecoserse y por lo tanto a producir masa pegajosa y tortillas que pierden textura rápidamente después del horneado, además los de textura dura pierden menos materia seca durante la nixtamalización y es más fácil controlar su cocción (Melecio *et al.*, 2008)

#### **2.7.5 Valor nutricional del maíz**

La importancia relativa de estas características dependerá del destino de la producción. Los mercados son cada vez más exigentes y se interesan por el contenido de proteína, aminoácidos, almidón, aceites y demás componentes, y paulatinamente se reducen en estos la tolerancia a sustancias contaminantes. El valor nutritivo del maíz es de suma importancia ya que es semejante al sorgo, y un poco menor que el trigo integral, la avena y el arroz. Como todos los cereales, el maíz es rico en carbohidratos y desequilibrado en proteína, vitaminas, y minerales. El grano del maíz en comparación con otros cereales, es un alimento de alto valor energético y poco tenor de proteína, la misma que al estar principalmente constituidas por zeína, es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. En el endospermo se localiza del 75 al 85% de la proteína total del grano, pero ésta es de muy baja calidad debido a la alta concentración de la

prolamina zeína, fracción de la proteína soluble en alcohol y de poco contenido de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano, en el embrión de la semilla se localiza del 15 al 25% restante, que es de excelente calidad debido a la alta concentración de albúminas y globulinas, fracciones que son solubles en agua y en soluciones ácidas. Ambas tienen un alto contenido de lisina y triptófano (Díaz *et al.*, 2009).

### **2.7.6 Factores que definen el rendimiento**

El rendimiento potencial del cultivo de maíz es primero determinado por aquellos factores que, cuando el resto es suministrado a un nivel óptimo, definen el potencial de productividad del cultivo. Estos son factores que, no se pueden controlar y están definidos por la latitud, altitud, estación del año y ciclo del cultivo. (Uribelarrea, 2009).

### **2.7.7 Rendimiento del grano de Maíz**

Es el producto de la acumulación de biomasa y de la porción del total de la misma que es asignada al grano. Durante muchos años este ha sido el principal criterio de selección en los programas de mejoramiento genético, pero es importante analizar los cambios en los atributos fisiológicos de la planta de maíz durante este proceso (Castro *et al.*, 2014). Se considera que no ha cambiado el potencial máximo de la fotosíntesis y el potencial de rendimiento por planta determinado en óptimas condiciones ni la proporción del total de biomasa asignada al grano (Duvick, 2005).

En términos del rendimiento, es importante diferenciar por condición de humedad; por riego o temporal lo cual el rendimiento de grano está relacionado en base de los números de granos por planta y del peso individual de los mismos. El número de granos por mazorca es el componente de rendimiento más afectado por condiciones ambientales adversas como alta densidad de población y

sombreado artificial. El número de granos por mazorca está determinado por el número potencial de óvulos diferenciados y la proporción de óvulos abortados en la mazorca. El número de granos por mazorca se determina durante el periodo comprendido entre 15 días anteriores y 15 días posteriores a la polinización. El aborto de inflorescencias femeninas ocurre durante la floración, mientras que el aborto de granos inicia en la fecundación y puede continuar hasta 20 días después. El aumento en la densidad de población provoca disminución en el número de óvulos diferenciados y en el número de granos formados, por la falta de sincronización entre la floración masculina y la femenina, además de causar aborto de granos en la mazorca. El cultivo de maíz a altas densidades de población o sombreados artificiales durante el periodo crítico para la formación de granos, presenta aumentos significativos en el porcentaje de granos abortados como consecuencia de un insuficiente suministro de foto sintetizados. La reducción del número de óvulos durante el periodo de emergencia de plantas hasta antes de la polinización depende del grado de competencia entre plantas. El peso medio del grano es generalmente menos afectado por los incrementos en la densidad de población (Reta *et al.*, 2003, Gutiérrez y Luna, 2002).

### **2.7.8 Usos del grano de Maíz**

El maíz es consumido en múltiples formas, como tortillas, arepas, pinoles, atoles, tostadas, botanas, tamales, elotes y otros muchos alimentos (Narváez *et al.*, 2007). La elaboración de estos productos requiere de granos con características específicas, las cuales son identificadas con base en características externas, tales como color, tamaño y dureza. Adicionalmente, el grano de maíz puede ser empleado en muchos tipos de industrias, como el textil, química, de cosméticos y alimentaria de las cuales la industria alimentaría es más importante que las otras debido a que existen tantas maneras de elaborar los productos como la variabilidad genética lo permite, el almidón de maíz puede ser usado en la

industria de alimentos como espesante, estabilizador, agente formador de gel, y como agente encapsulador (Benítez y Pfeiffer, 2006).

## **2.8 Densidad de población**

Es el número de plantas presentes en un metro cuadrado de superficie, se menciona comúnmente como densidad de población teórica, que se calcula en función de la distancia entre líneas y dentro de las líneas de siembra, lo cual está ligada al ciclo vegetativo del cultivo (Bartolini, 1990). La densidad de siembra depende de varios factores como es el suelo y su humedad que contiene, la distancia entre hileras depende principalmente del mecanismo del cultivo (Parsons, 1999).

### **2.8.1 Densidad y su relación con el rendimiento.**

La respuesta del rendimiento en grano por unidad de área al incremento en la densidad de plantas de maíz, es de tipo óptimo. Mientras que el rendimiento por Planta disminuye con el incremento en densidad, el rendimiento del cultivo se Incrementa hasta un máximo a partir del cual los aumentos posteriores en el número de individuos lo reducen marcadamente. La densidad óptima es aquella que permite al cultivo alcanzar el máximo rendimiento en grano.

El componente del rendimiento más afectado por la densidad es el número de granos que alcanzan la madurez. El mismo asocia con la capacidad de crecimiento de la planta durante la floración, cuando se determina la disponibilidad de asimilados para los granos en formación. A medida que el crecimiento por planta disminuye por incrementos en la densidad, la caída en el número de granos fijados en la planta se hace más abrupta. Ello responde al relegamiento en la



asignación de asimilados dentro de la planta que sufre la espiga, debido a mecanismos de dominancia apical. Este comportamiento conduce a que se alcance un umbral de crecimiento mínimo por planta, por debajo del cual ulteriores incrementos en la densidad determinan su esterilidad (Cirilo, 1994 y Aguilar *et al.*, 2015).

### **2.8.2 Relación de la densidad con la disponibilidad hídrica y nutricional.**

En el maíz, la disponibilidad de recursos como el agua y nitrógeno, modifica marcadamente la respuesta a la densidad de plantas. En ambientes de buena disponibilidad de agua y nutrientes, los mayores rendimientos se obtienen con densidades elevadas. En cambio, en condiciones de baja disponibilidad de recursos, la densidad de plantas óptima es sensiblemente menor. Cuando los recursos ambientales se tornan limitantes, la tasa de crecimiento por planta alrededor de la floración disminuye a valores en los cuales la respuesta del número de granos fijados por planta a dicha tasa de crecimiento, es muy alta. Esta situación puede ser prevenida por la disminución de la densidad, con lo que se reduce la competencia entre individuos y aumenta la tasa de crecimiento por planta. En consecuencia, la densidad óptima de plantas para lograr un máximo rendimiento en granos, está directamente asociada con la disponibilidad de recursos (Pérez *et al.*, 2000).

### **2.8.3 Relación de la densidad con la fecha de siembra**

Cuando se retrasa la fecha de siembra de maíz, el periodo crítico del cultivo para la determinación de rendimiento (floración) se desplaza hacia momentos de menor irradiación, respecto de siembras más tempranas y, en consecuencia, el potencial de crecimiento de las plantas disminuyen (Cirilo y Andrade, 1994). Las siembras tardías están, entonces, generalmente asociadas con una menor

tolerancia a altas densidades. Consecuentemente, la densidad óptima para rendimiento en grano disminuye a medida que se retrasa la siembra del cultivo de maíz en ambientes templados, a diferencia de lo esperado para otros cultivos (Peña et al., 2006).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización de la Comarca Lagunera**

La Comarca Lagunera, Región ubicada en el centro-norte de México, está conformada por parte de los Estados de Coahuila y Durango, y debe su nombre de los cuerpos de agua anteriormente existentes. Eran trece Lagunas en el área (Entre las que destacan la Laguna de Mayrán, la más grande de Latinoamérica) que se alimentaban por dos ríos: el Nazas y Aguanaval, hasta antes de la construcción de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco, que en la actualidad regulan su afluente y por lo que las lagunas han desaparecido.

Se localiza a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de longitud oeste, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Geográficamente la región lagunera está formada por una enorme planicie semidesértica de clima caluroso y con un alto grado de aridez. Esta enorme planicie, con grandes llanuras resacas, bolsones y valles muy extensos, cuenta con pocas prominencias orográficas, pero que tienen mucha importancia no obstante que son sierras y cerros de mediana elevación.

#### **3.2 Ubicación del experimento**

El experimento se llevó a cabo en el Rancho el Retiro pertenece a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicado en el

municipio de San Pedro, Coahuila, cuya ubicación geográfica son latitud 25.776389 y longitud 103.115000 a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar.

### **3.3 Preparación del terreno**

No se realizó ninguna labor de cultivo, el 28 de marzo de 2014 se realizó limpieza mecánica con azadón, en el área experimental.

### **3.4 Material vegetativo**

Hibrido de maíz AN- 447 este material se obtuvo de los genotipos con los que cuenta la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### **3.5 Siembra y fertilización**

#### **3.5.1 Siembra**

La siembra se realizó de forma manual, el 01 de abril del 2014, a una distancia entre surco y surco de 75 cm, y la distancia entre planta dependió de las densidades establecidas que fueron 25 cm para 50,000 plantas, 16 cm para 80,000 plantas y 12 cm para 110,000 plantas, esto se efectuó con la ayuda de una cinta métrica marcando manualmente con cal los puntos de siembra, colocando en los extremos de la cinta y marcando las parcelas a las distancias correspondientes de cada densidad. A los 30 días de la siembra se llevó a cabo el desahijé.

#### **3.5.2 Fertilización**

La fertilización se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de suelo, en los cuales se indicó que el suelo era medianamente alcalino,

con un contenido de materia orgánica medio y la disponibilidad de nitrógeno y fósforo bajos, en los carbonatos totales la disponibilidad es baja, en cuanto al potasio disponible fue medio y con esto se llegó a la estimación de que la dosis de fertilizantes fue de 130-60-00 (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados del análisis del suelo.

Fertilidad	Pozo No.1	Pozo No.1	Pozo No.2	Rangos
	0 - 30	30 - 60	0 - 30	Óptimos
	Arena Franco	Mig Arenoso	Arena Franco	para suelo
pH (Disolución 1:1)	7.77 MA	7.74 MA	7.72 MA	6.5 - 7.5
Materia orgánica (M.O.) %	3.69 M	3.69 M	0.62 P	>3.0
Nitratos de Nitrógeno (N-NO <sub>3</sub> ) ppm	5.40 B	2.660 B	14.60 B	>30.0
Fosforo Disponible (P) ppm	12.50 B	21.60 M	3.10 B	>30.0
Carbonatos Totales (C.T./ %	9.70 B	11.50 M	8.90 B	<15.0
Potasio (k) ppm	144.0 M	149.0 M	239.0 A	>170.0
Hierro (Fe) ppm	1.24	1.23	1.27	2.5 - 2.5
Cobre (Cu) ppm	0.61	0.4	0.58	0.3 - 1.0
Zinc (Zn) ppm	0.68	0.44	0.8	0.5 - 1.0
Manganeso (Mn) ppm	1.17	1.11	1.75	1.0 - 2.5

La fertilización del MAP se aplicó a los 43 días después de la siembra con una dosis de 500 gr por parcela útil lo cual se encontraba en la tercera etapa que es el crecimiento de tallo longitudinal y tiene entre nueve o más nudos y a los siete para la aparición del órgano floral. El sulfato de amonio se aplicó a los 26 días después de la aplicación del MAP. Finalizando la etapa de la floración. (Cuadro 8)

Cuadro 8. Fertilizantes empleados, MAP 11-52-00 (500 gr).

Fertilizante	Dosis/ha	Aplicaciones	Fechas
--------------	----------	--------------	--------

MAP (Fosforo)	130-60-00	Siembra	13-May -14
Sulfato de amonio		Siembra	8-junio-14

### 3.6 Riegos

Se aplicó una lámina total de 65 cm utilizando válvulas alfalferas. El primer riego se aplicó una lámina de riego de 20 cm considerando que el suelo estaba completamente seco, el segundo y tercer riego se aplicó con un diferencia de 22 días con una lámina de riego de 15 cm entre ellos, el cuarto riego se aplicó a los 30 días después del tercer riego en la etapa de fecundación del grano. (Cuadro 9)

Cuadro 9. Registro de Riegos

Riegos	Fechas	Lamina de Riego
1 <sup>er</sup> Riego	02/04/2014	20
2 <sup>o</sup> Riego	24/04/2014	15
3 <sup>er</sup> Riego	16/05/2014	15
4 <sup>o</sup> Riego	07/06/2014	15
<b>Total</b>		65 cm

### 3.7 Control de maleza

Para llevar a cabo el control de malezas se consideró el control mecánico, que consistió en la eliminación de malezas de forma manual.

### 3.8 Control de plagas

Se realizó monitoreo cada 8 días para detectar plagas y enfermedades que afectaran el desarrollo fenológico del cultivo. (Cuadro 10)

Cuadro 10. Aplicación de Plaguicida

PLAGAS	PLAGUICIDA	I.A.	DOSIS (kg/ha)/200L	No. APLIC. DDS
--------	------------	------	-----------------------	-------------------

			<b>Agua</b>		
Gusano cogollero (spodoptera frugiperda)	Bacimin	Bacillus thuringiensis (Var. Kurstaki)	0.25 – 1.0	1	40

### 3.9 Cosecha

La cosecha se realizó manualmente el día 4 de septiembre 2014, se marcaron las 9 parcelas útiles y se tomaron diferentes números de plantas de cada parcela para evaluar. Para la densidad de 110,000 plantas/ha se tomaron 10 plantas, para 80,000 15 plantas y para 50,000 5 plantas, el grano se encontraba con un 15 % de humedad (para facilitar el desgrane) después de cosechar se procedió a tomar los datos correspondientes.

### 3.10 Diseño experimental

El experimento se implementó con un factorial, utilizando 3 tratamientos representados por tres densidades de población y una fuente de fertilización, los que se distribuyeron en un diseño de parcelas divididas en bloques y tres repeticiones. El factor principal está representada por una fuente fertilización y tres densidades de población. El tamaño de las unidades experimentales fue de cinco surcos de 30 metros de longitud, separados a un metro y las densidades de planta que se utilizaron fueron de 50,000, 80,000 y 110,000 plantas por hectárea. La dosis de fertilización se basó en las condiciones del suelo.

### 3.11 Tratamientos

El tratamiento utilizado fue la fertilización inorgánica en las diferentes densidades de 50,000, 80,000 y 110,000 plantas por hectárea.

### 3.12 Distribución de los tratamientos

DENSIDADES DE POBLACION:      1: 50,000 plantas/ha  
  2: 80,000 plantas/ha  
  3: 110,000 plantas/ha

<b>FETILIZACION INORGANICA</b>	3	1	2
	2	3	1
	1	2	3

#### 3.12.1 Variables de evaluación

De la parcela útil seleccionada, se tomó 5, 10 y 15 plantas de acuerdo a las diferentes densidades de siembra, posteriormente se cosechó la mazorca y se empezó a medir las siguientes variables.

#### 3.12.2 Número de hileras por mazorcas

Para medir esta variable se tomaron las mazorcas de cada tratamiento y con el apoyo de un plumón se contaron los números de hilera de cada mazorca,

posteriormente se anotaron en una bitácora de campo y luego se pasó los datos al Excel, para sacarles una promedio de cada tratamiento y repetición.

### **3.12.3 Números de granos por hilera**

Se tomó las mazorcas de cada tratamiento y con la ayuda de un plumón se contó los granos de una hilera que fuera semejante a la mayoría de hileras de cada mazorca, posteriormente se anotaron en una bitácora de campo y luego se pasó los datos al Excel, para sacarles un promedio de cada tratamiento y repetición.

### **3.12.4 Total de granos por mazorca**

Para determinar este dato se tomó encuesta las variables de número de hileras por mazorcas y número de granos por hilera, lo cual se multiplicaron estos dos factores en una hoja de Excel, para determinar el promedio de cada tratamiento y repetición en base al total de granos por mazorca.

### **3.12.5 Longitud del grano de maíz**

Se desgranó todas las mazorcas y se dividió de acuerdo al tratamiento y repetición, posteriormente se tomaran al azar 20 semillas de cada uno, en total 180 granos de maíz, con el apoyo de un vernier electrónico se midió la longitud de cada semilla, tomándolo del pedículo y de la base del albumen.

### **3.12.6 Ancho del grano de Maíz**



Con el apoyo de un vernier electrónico se midió el ancho de los 180 maíces de cada repetición tomando la mitad del maíz como referencia, este proceso consiste en dejar el vernier en su posición y girar el maíz 90° a comparación de la posición en que se tomó la longitud del grano, los datos se vaciaron en una bitácora y posteriormente al Excel para determinar el promedio de cada tratamiento y repetición.

### **3.12.7 Grosor del grano de Maíz**

En los 180 granos de maíz se determinó el grosor de cada grano con el apoyo de un vernier electrónico, los datos se anotaron en una bitácora y posteriormente al Excel donde se calculó el promedio de cada tratamiento y repetición.

### **3.12.8 Peso total de 20 semillas**

Con el apoyo de una balanza analítica se pesó 20 semillas de cada tratamiento y repetición en gramos, posteriormente se calculó el promedio en una hoja de Excel da cada uno.

### **3.12.9 Peso hectolitrito**

Para determinar este dato se utilizó una probeta de 1000 ml de plástico, donde se pesó la tara y posteriormente se llenó de maíz hasta que llegara a los 500 ml, una vez hecho este proceso se pesó, este proceso se hizo en cada tratamiento y repetición, los datos se calcularon en Excel.

### **3.12.10 Rendimiento de Maíz por hectárea (Toneladas/Ha.)**

Para determinar este dato se tomó en cuenta el peso de las 20 semillas, número de granos por mazorcas y las densidades de siembra de cada repetición y tratamiento, con estos factores y por medio de una regla de tres simples se calculó el rendimiento de maíz por hectárea con sus respectivas conversiones de unidad.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

### **4.1 Longitud del Grano (LG)**

En los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (LG), se observa un coeficiente de variación (CV) de 3.8, y una media de 9.857. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 3), no mostró diferencias significativa con respecto a las diferentes densidades de siembra, este resultado coincide con, Vázquez *et al.* (2007) menciona que los parámetros de longitud de grano de maíz con respecto a densidades de población no representan diferencias significativas para el grano.

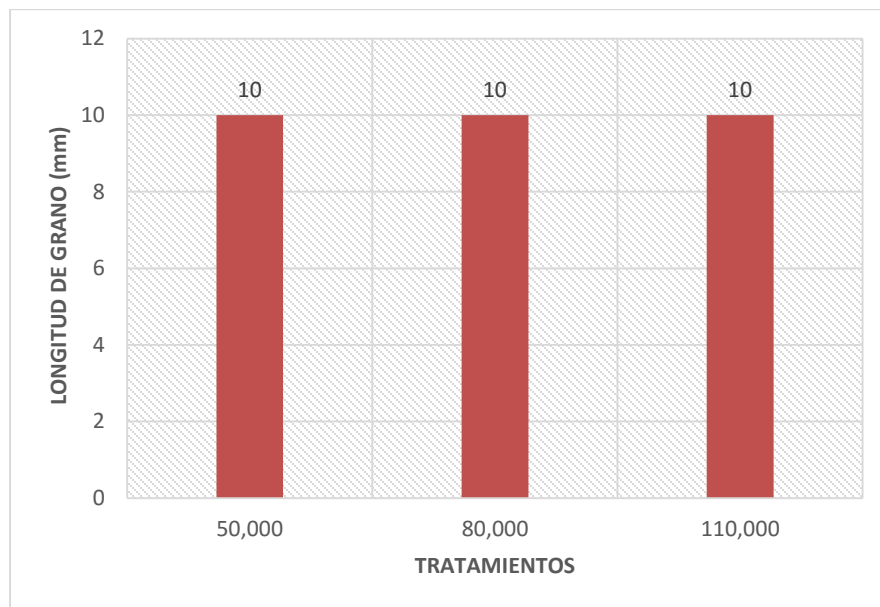


Figura 3. Análisis de varianza (LG).

#### 4.2 Ancho del Grano (AG)

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (AG), se observa un coeficiente de variación (CV) de 3.2, y una media de 7.272. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 4), no mostró diferencias significativa con respecto a las diferentes densidades de siembra, este resultado coincide con, Vázquez *et al.* (2007) menciona que los parámetros de ancho de grano de maíz con respecto a densidades de población no representan diferencias significativas para el grano.

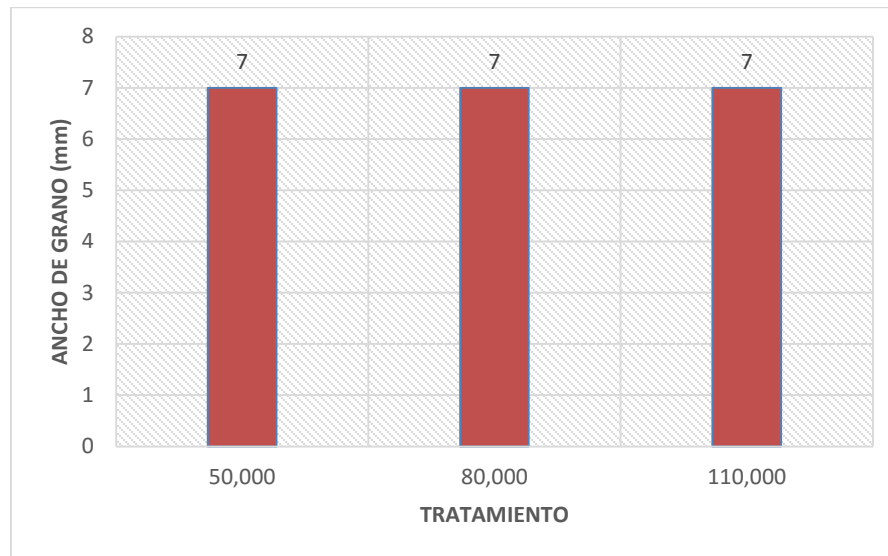


Figura 4. Análisis de varianza (AG).

### 4.3 Espesor de Grano (EG)

Conforme a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (EG), se observa un coeficiente de variación (CV) de 4.5, y una media de 3.691. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 5), no mostró diferencias significativa con respecto a las diferentes densidades de siembra, este resultado coincide con, [Vázquez et al. \(2007\)](#) menciona que los parámetros de Espesor de grano de maíz con respecto a diferentes densidades de población no representan diferencias significativas para este.

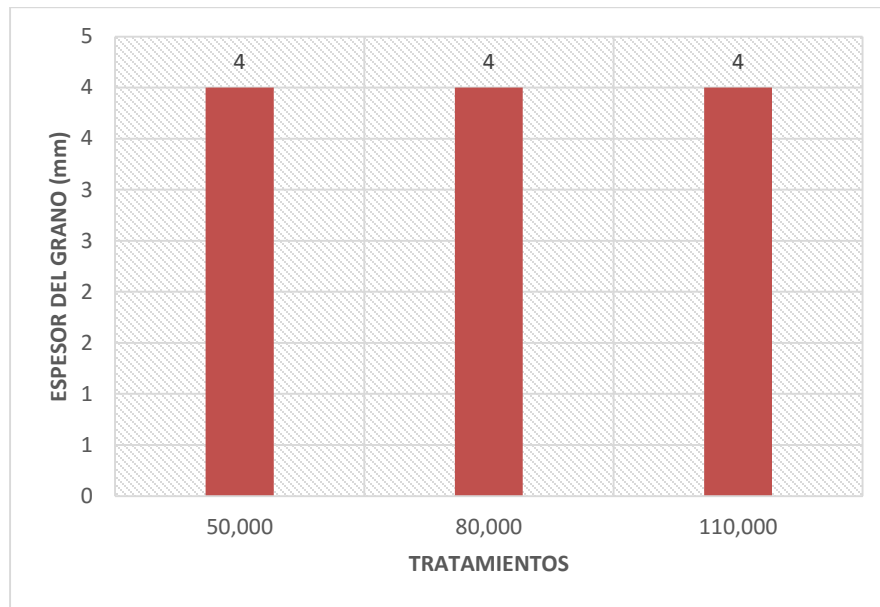


Figura 5. Análisis de varianza (EG).

#### 4.4 Peso total de 20 Semillas (PT)

En los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (PT), se observa un coeficiente de variación (CV) de 2.5, y una media de 6.523. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 6), no mostró diferencias significativa con respecto a las diferentes densidades de siembra, este resultado coincide con, Vázquez *et al.* (2007), indica que no encontró diferencias significativas en el peso de los maíces analizados con diferentes tratamientos.

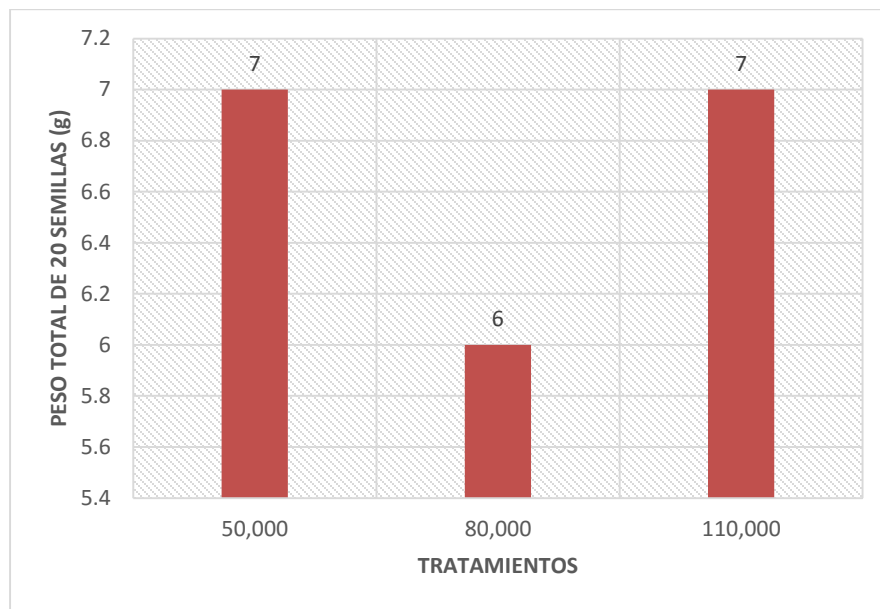


Figura 6. Análisis de varianza (PT).

#### 4.5 Peso Hectolitrito (PHe)

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (PHe), se observa un coeficiente de variación (CV) de 0.78, y una media de 0.416. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 7), no mostró diferencias significativa con respecto a las diferentes densidades de siembra, este resultado coincide con, Vázquez *et al.* (2007).

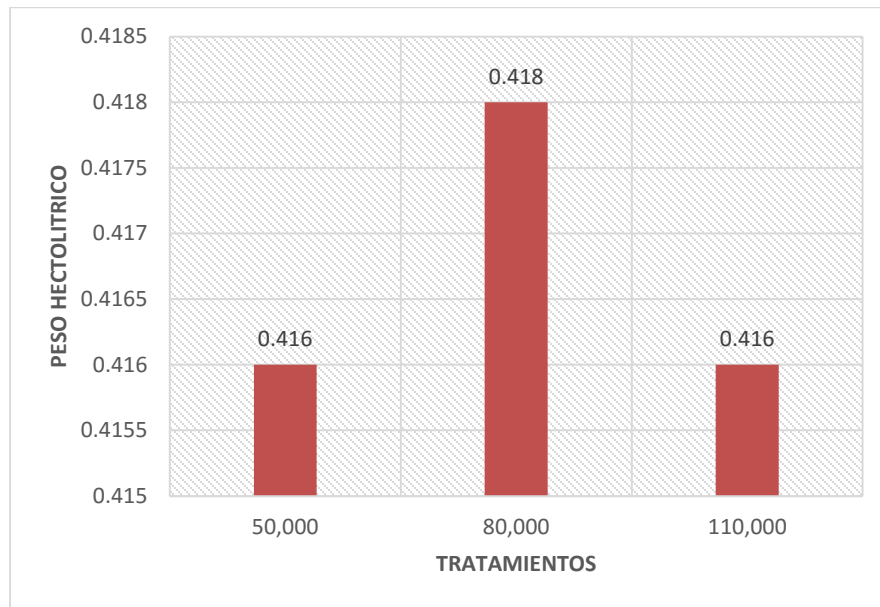


Figura 7. Análisis de varianza (PHe).

#### 4.6 Número de Hileras (NH)

Conforme a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (NH), se observa un coeficiente de variación (CV) de 0.0, y una media de 15.33. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 8), mostraron diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) con respecto a las diferentes densidades de siembra (50,000; 80,000; 110,000 plantas/hectárea), lo cual Cervantes *et al.* (2013) describe el comportamiento esperado, ya que a altas densidades provocan competencia entre plantas, y por lo tanto se puede presentar una respuesta negativa en el diámetro y longitud de mazorca.

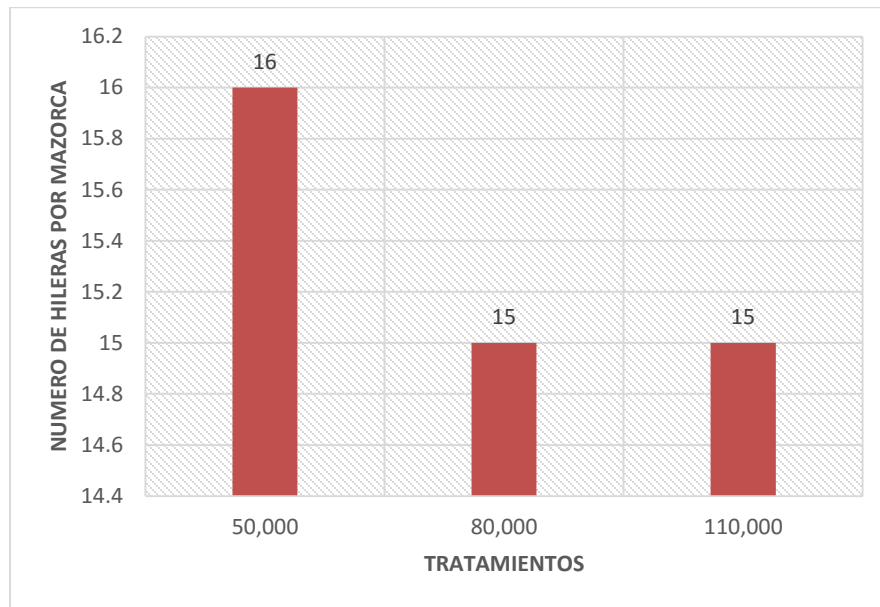


Figura 8. Análisis de varianza (NH).

#### 4.7 Número de Granos por Hilera (NGH)

En los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (NGH), se observa un coeficiente de variación (CV) de 4, y una media de 31.111. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 9), no hubo diferencias significativa entre cada tratamiento lo cual este resultado coincide con los resultados obtenidos por Tadeo *et al.* (2012) y López *et al.* (2014), Donde menciona que para (NGH) con respecto a densidad de población (50,000; 80,000; 110,000 plantas/hectárea), no se encontraron diferencias significativas entre ellos, evidenciando con ello que no fueron afectadas por el incremento en el número de plantas por hectárea, lo anterior podría deberse a la propia naturaleza de los genotipos utilizados, así como a las condiciones del manejo agronómico.



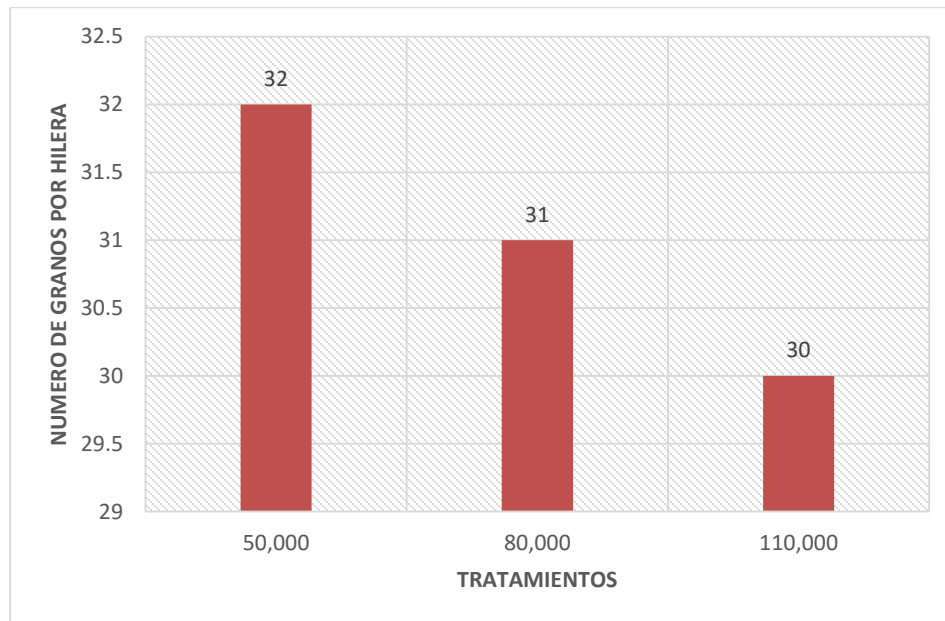


Figura 9. Análisis de varianza (NGH).

#### 4.8 Total de Grano por Mazorca (TGM)

En base a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (TGM), se observa un coeficiente de variación (CV) de 4.3, y una media de 477.333. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 10), hubo un efecto significativo ( $P \leq 0,05$ ), lo cual Cervantes *et al.* (2013) describe el comportamiento esperado, ya que a altas densidades de población provocan competencia entre plantas, y por lo tanto se puede presentar una respuesta negativa en el diámetro y longitud de mazorca.

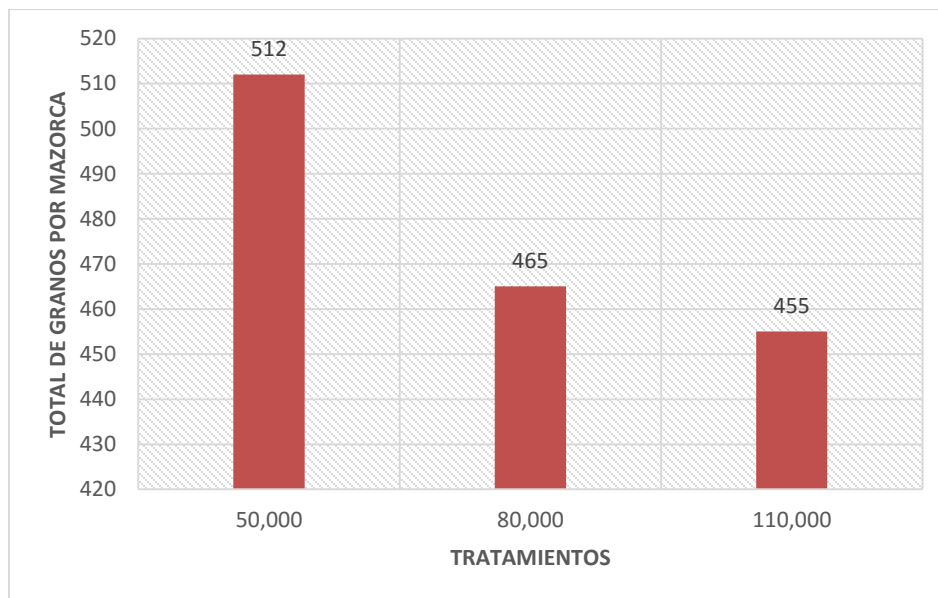


Figura 10. Análisis de varianza (TGM).

#### 4.9 Rendimiento de granos de Maíz (RG)

Conforme a los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de la variable (RG), se observa un coeficiente de variación (CV) de 1.8, y una media de 12.269. Estos resultados obtenidos y conforme a la (figura 11 Y 12), El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) en base a las diferentes densidades de siembra, ya que a mayor densidad mayor rendimiento de grano, estos resultados coinciden con de la Cruz *et al.* (2008), donde menciona que la densidad de población afecta significativamente el rendimiento de grano y en el caso de los híbridos el rendimiento es mas a comparación de una variedad. De acuerdo a estudios realizados se observa incremento del rendimiento del grano de maíz superior a 50,000 plantas por hectárea. Por otro lado Cervantes, *et al* (2013) mencionó que rendimiento de semilla de campo mostró una tendencia positiva al incrementar la densidad de población. La densidad de población media y alta (75 y 90 mil plantas/ha) fueron superiores estadísticamente en el rendimiento de semilla que la densidad baja (60 mil plantas/ha), esto debido al mayor número de plantas, a pesar de no haber diferencias estadísticas en los características de grano y mazorca; este incremento pudiera deberse al mayor

número de ellas. Este resultado es probable, ya que aunque hubiera una reducción en el tamaño de mazorca, este se compensa por el mayor número de ellas. Esta teoría es confirmada de acuerdo a las publicaciones de Blumenthal *et al.* (2003) y Yasari *et al.* (2012), quienes mencionan que usualmente el rendimiento de semilla se incrementa significativamente con el incremento de la densidad de población.

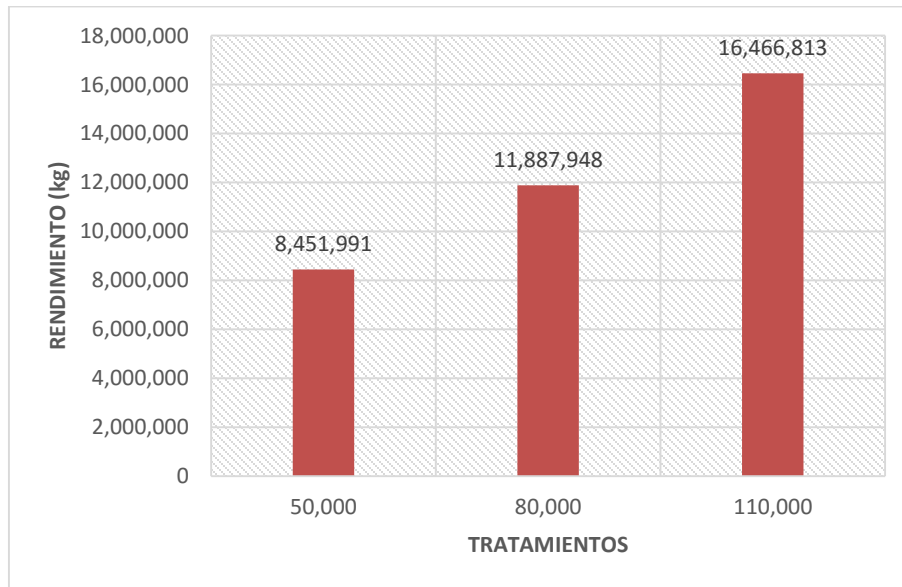


Figura 11. Análisis de varianza (RG) Kg.

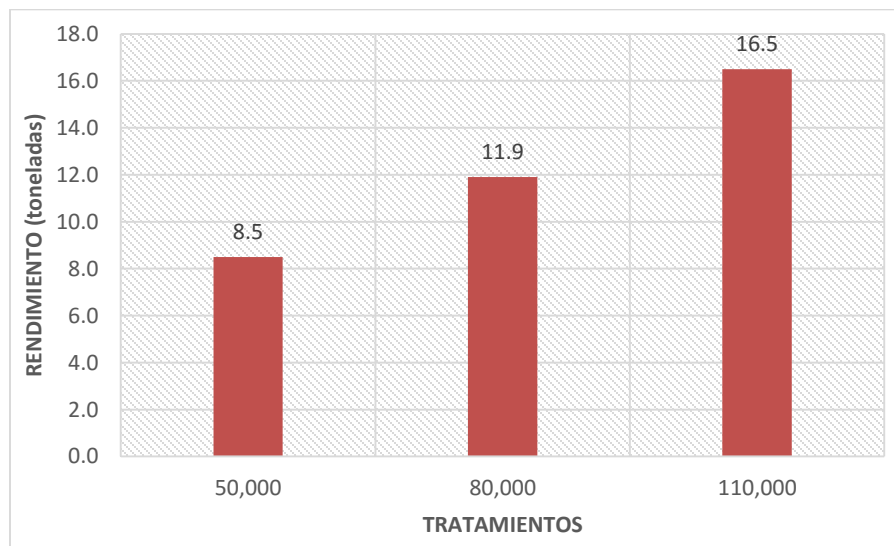


Figura 12. Análisis de varianza (RG) Toneladas.

De los tres tratamientos utilizados en comparación con Longitud de Grano (LG), Ancho de grano (AG), Grosor de Grano (GG), Peso total de 20 semillas (PT), peso hectolitro (PHe) y Números de Granos por Hileras (NGH) se observó que no hubo diferencia significativa, sin embargo el Total de Granos por Mazorca (TGM), tuvo efectos de significancias entre tratamientos, envase al Número de Hilera por Mazorca (NH) hubo diferencia altamente significativa en el tratamiento de 50,000 con respecto al de 80,000 y 110,000 plantas por hectárea. El rendimiento de Grano (RG) por hectárea hay diferencias altamente significativas entre cada tratamiento, el de 110,000 plantas por hectárea fue el que presentó mayor producción y el de 50,000 plantas por hectárea, fue el que menos rendimientos de grano obtuvo.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados estadísticos, se concluye esta investigación que las dimensiones del grano de maíz no se ven afectadas por las diferentes densidades de siembra, sin embargo el tamaño de la mazorca al igual que el rendimiento por hectárea de maíz si repercute en el tratamiento a utilizar.

Cabe mencionar que aunque no se evaluó de forma directa la longitud y diámetro de la mazorca, se tomó como referencia el número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, tomando en cuenta que las dimensiones de la semilla no tiene significancia a diferentes tratamientos, se puede decir que el método es adecuado, por ende podemos decir que a mayor densidad de población menor cantidad de semillas por mazorca.

## VI. LITERATURA CITADA

1. Acosta R. 2009. El Cultivo del Maíz, su Origen y Clasificación. el Maíz en Cuba. Cultivos Tropicales, vol. 30, no. 2, p. 113-120.
2. Aguilar C. C., Escalante E. J. A., Aguilar M. I. 2015. Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. Terra Latinoamericana, vol. 33, núm. 1, pp. 51-62.
3. Andrade F.H., Cirilo A.G. 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA-UIB. ISBN 987-521-016-1. Cap. 5, pág. 135-154.
4. Asturias, M. Á. 2004. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. N Quito Ecuador. HIVOS.
5. Bartolini R. 1990. El maíz. Mundi-prensa. 2ª. Edición, México, D. F. pág. 68, 74.
6. Benítez C. C. G., Pfeiffer, P. H. 2006. El maíz: origen, composición química y morfología. IPN-UNAM. Material avanzado. No. 7, 15-20.
7. Blumenthal, J; Lyon, D; Stroup, W. 2003. Optimal plant population and nitrogen fertility for dryland corn in western Nebraska. Agronomy Journal 95:878-883.
8. Bonilla M.n. 2009. Manual de recomendaciones técnicas cultivo de maíz. Instituto nacional de innovación y transferencia en tecnología agropecuaria. San José C. R: INTA. P 72.
9. Castillo, L., Velázquez, E., Huitrón, G., & Rosales, V. 2008. Combinación de Estrategias Estadísticas para la Selección de Híbridos de Maíz Combination of Statistics Strategies for a Maize Hybrid Selection. XXX VBBBO NY5, 20.
10. Castro-Nava S., Reyes-Méndez C. A., Huerta J. A. 2014. Diversidad genética de características del área foliar en maíces nativos de Tamaulipas bajo altas temperaturas. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 37 (3): 217- 223.

11. Cervantes-Ortíz F., Covarrubias-Prieto J., Rangel-Lucio J. A., Terrón-Ibarra A. D., Mendoza-Elos M., Preciado-Ortiz R. E. 2013. Densidad de Población y Fertilización Nitrogenada en la Producción de Semilla Híbrida de Maíz. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 24(1):101-110. ISSN: 1021-7444.
12. Cirilo A.G., Andrade F .H. 1994. La fecha y la productividad del maíz de siembra. Crecimiento del cultivo y distribución de materia seca. *Crop Science* 34:1039-1043.
13. De la Cruz-Lázaro E., Córdova-Orellana H., Estrada-Botello M. A., Mendoza-Palacios J. D., Gómez-Vázquez A., Brito-Manzano N. P. 2009. Rendimiento de Grano de Genotipos de Maíz Sembrados bajo tres Densidades de Población. Apartado postal 6-641, Código Postal 06600, Distrito Federal, México. UNICIENCIA.
14. De la Rosa L. A., De León C. H., Rincón S. F., Martínez Z. G., 2006. Efectos Genéticos, Heterosis y Diversidad Genética entre Híbridos comerciales de Maíz adaptados a bajío Mexicano. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol 29 (3):247-254.
15. Deras F. H., 2014. Guía Técnica el Cultivo de Maíz.
16. Díaz C. G. T., Sabando Á. F. A., Zambrano M. S., y Vásquez M. G. H., 2009. Evaluación Productiva y Calidad del Grano de cinco Híbridos de Maíz (*zea mays* L.) en dos Localidades de la Provincia de los Ríos. *Ciencia y Tecnología* 3:15-23.
17. Duvick D. N. 2005. La contribución de la cría para producir avances en el maíz (*Zea mays* L.). *Avances en Agronomía* 86: 83-145.
18. Espinosa C. A, Tadeo R. M., Turrent F. A., Sierra-M. M., Gómez M N., Zamudio G. B. 2013. Rendimiento de Variedades precoces de Maíz Grano Amarillo para Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):93-99. ISSN: 1021-7444.
19. Espinosa T. E., Mendoza C. M. C., Ortiz C. J. 2004. Producción de mazorcas por planta en poblaciones ahijadoras de maíz bajo dos densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 27, núm. Es1, pp. 19-21.

20. Figueroa C. J. de D., Narváez G. D. E, Mauricio S. A., Taba S., Gaytán M. M., Véles M. J. J., Rincón S. F., Aragón C. F. 2013. Propiedades Físicas del Grano y Calidad de los Grupos Raciales de Maíces Nativos (criollos) de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 36 Supl. 3-A: 305 – 314.
21. Fuentes J., Castro L., Gloria G., Rodríguez S., Cruz A., Ortiz de la Rosa B. 2001. Evaluación de variedades e Híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 12(2): 1993-197.
22. García L.S., Bergvinson D.J. 2007. Programacion Integral para Reducir Pérdidas pos Cosecha en Maíz. *Agricultura Técnica en Mexico*. V.33. n2. Pag. 15 Pp. 2, 3. 4 y 5.
23. García S. J. A., \* y Ramírez J. R., 2014. El Mercado de la Semilla Mejorada de Maíz (*zea mays* l.) en México. un Análisis del saldo Comercial por Entidad Federativa. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37 (1): 69 – 77.
24. González, M. 1984. *Especies Vegetales de Importancia Económica en México*. Ed. Porrúa. México, D.F. 305 p.
25. Guerra M. G. M. (1993). Determinación de un Calendario de Riego Operable en el Distrito de Riego #017 Para Maíz Híbrido AN-447. Torreón, Coahuila, México Septiembre de 1993.
26. Gutiérrez S. J. R., Luna F. M. 2002. Riego, densidad de plantas y fertilización nitrogenada en producción de maíz híbrido en Zacatecas. *Agricultura Técnica en México*, vol. 28, núm. 2, pp. 95-103
27. Guzmán S. E., de la Garza C. M. T., González F. J. P., Hernández M. J. 2014. Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato Análisis Económico. vol. XXIX, núm. 70, pp. 145-156.
28. Hernández C.J. M., Esquivel E. G. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 27, núm. Es1, septiembre, 2004, pp. 27-31
29. Jurado A. J., Aranda G. H., Callejas J. N., Ortega M. F. 2013. Situacion economica de la produccion de maiz en condiciones de riego en el



- Estado de Chihuahua. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XVII, núm. pp. 504-512.
30. López P. P. S., Espinosa P. N., Martínez S. J. 2014. Efecto de tres Densidades de Población sobre el Rendimiento, Componentes del Rendimiento y Producción de Materia Seca en dos Genotipos de Maíz. Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores km. 84.5, C. P. 30470. Villaflores, Chiapas, México. Campo Experimental Centro de Chiapas km 3.0 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C. P. 64120. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México.
  31. Mancera R. A., García de los S. G., Carballo C. A., Villaseñor P. C., Martínez G. A., Estrada T. V. 2007. Calidad Fisiológica y daño Físico en Semillas de Maíz sometida a Impacto. Agri. Tec. Mex. Vol. 33 Num. 2 P. 125-153.
  32. Martínez-Lázaro, C., Mendoza-Onofre, L. E., García-de los Santo, G., Mendoza-Castillo, Ma. Del C “y” Martínez-Garza Á. (2005). Producción de semilla híbrida de maíz con líneas Androfértiles y Androestériles Isogénicas y respuesta a la fertilización y densidad de población. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 28 (2): 127 – 133.
  33. Melesio C. J.L., Preciado O. R.E., Terrón I. A. D., Vázquez C. M. G., Herrera M. P., Amaya G. CA., Serna S. S. O. 2008. Potencial Productivo, Propiedades Físicas y Valor Nutricional de Híbridos de Maíz de Alta Calidad Proteínica. Agricultura Técnica en México Vol. 34 Núm. 2, p. 225-233.
  34. Moreno Rubio Armando., (1984). Una función de producción para el cultivo de maíz (*Zea Mayz L.*) en base a la variación de humedad del suelo en diferentes etapas fenológicas. (Tesis de maestría en ciencias). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo. Coahuila., México.
  35. Narváez G. E. D., Figueroa C. J de D., y Taba S. 2007. Aspectos Microestructurales y Posibles usos del Maíz de acuerdo con su Origen Geográfico. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 30 (3): 321 – 325.

36. Ordoñez M. R., Gely P.M., Pagano A. M. 2012. Estudios de la Propiedad Física y de la Cinética de secado de Granos de Matiz Colorado Duro. Av. Cien. Ing.: 3(3), 153-171.
37. Parsons D. B. 1999. Maíz. 4ª. Edición. Editorial trillas. México, D. F. pág. 30, 35.
38. Pavón C. A. B. 2013. Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz anexo V generalidades del maíz. Universidad de castilla la mancha (escuela universitaria de ingeniería técnica agrícola de ciudad real). Explotaciones agropecuarias. Pp. 70, 72.
39. Pérez C. A., Molina G. J. D., Martínez G. Á. 2000. Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. Agrociencia, vol. 34, núm. 5, pp. 533-542.
40. Peña R. A., González C. F., Núñez H. G., Maciel P. L. H. 2006. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 29, núm. 3, pp. 207-213.
41. Reta S. D. G., Gaytán M. A., Carrillo A. J.S., Cueto W. J.A. 2003. Influencia de Métodos de Siembra y Densidades de Población en la Formación de Granos en Maíz. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 26 (3): 147 – 152.
42. Ripusudan L. P., Granados C., Lafitte H, R., Violic A. D. 2001. El Maíz en los Trópicos: Mejoramiento y Producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.
43. Romero C. T., González D. L., Reyes R. G. 2006. Geografía e historia cultural del maíz palomero toluqueño (*Zea mays everta*). Ciencia Ergo Sum, vol. 13, núm. 1, marzo-junio, pp. 47 56.
44. SFA SAGARPA Perspectivas de largo Plazo para el Sector Agropecuario de México 2011- 2020.
45. Tadeo-Robled M., Espinosa-Calderon A., Chimal N., Arteaga-Escamilla I., Trejo-Pastor V., Canales-Islas E., Sierra-Macías M., Valdivia-Bernal R., Gómez-Montiel N. O., Palafox-Caballero A., y Zamudio-González B.

2012. Densidad de Población y Fertilización en Híbridos de Maíz Androestériles y Fértiles. *Terra Latinoamericana*, vol. 30, núm. 2, pp. 157-164
46. Uribelarrea M. 2009. Bulletin 1221. Extensión Cooperativa Colegio de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Reviewed March.
47. Vázquez L. L., Aràmbula V. G., De la Cruz L. E., y Aparicio T. M. A.A. 2007. Caracterización Física y Química de Tres Genotipos de Maíz Sembrados bajo el Efecto de la Densidad. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco-División Académica de ciencias Agropecuarias, Carretera Villahermosa-Teapa km25, Vhsa., Tabasco. bCentro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV), Unidad Querétaro.
48. Valdez G. M., Vallejo D. H. L., Caballero H. F., Manual Técnico del Cultivo de Maíz Apropiado al Estado de Michoacán. Fundación Produce Michoacán. Impresión Láser Comunicación Gráfica.
49. Wong R. R., Gutiérrez del R. E., Palomo G. A., Rodríguez H. S., Córdova O. H., Espinoza B. A., Lozano G. J. J. 2007. Aptitud Combinatoria de Componentes del Rendimiento en Líneas de Maíz para Grano en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 30 (2): 181 – 189.
50. Yahuaca-Juárez B., Tello-Santillan R., Martínez-Flores H. E., Huerta-Ruelas J.A., 2010. Contenido de Aceite y Características Físicas de tres Variedades de Maíz (*Zeam mays*). XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
51. Yasari, E; Noori, M; Haddadi, M. 2012. Comparison of seed corn single coesses SC 704 and SC 770 response to different plant densities and nitrogen levels. *Journal of Agricultural Science* 4(5):263-272.