

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Determinar el rendimiento de grano de maíz híbrido AN-447 en función de distinta densidad de siembra con fertilizante inorgánico (MAP) con una lámina de riego

**POR:
EDGAR LÓPEZ SIERRA**

**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. EDGAR LÓPEZ SIERRA, 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: 
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL: 
DR. J. ISABEL MÁRQUEZ MENDOZA

VOCAL: 
M.C. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO


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

Determinar el rendimiento de grano de maíz híbrido AN-447 en función de distinta densidad de siembra con fertilizante inorgánico (MAP) con una lámina de riego

POR:

EDGAR LÓPEZ SIERRA

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

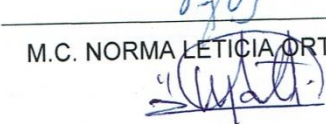
ASESOR:


DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:


DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA

ASESOR:


M.C. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO


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.

DEDICATORIAS

A mis padres

Eleucadio Inés López Ortiz y Candelaria Sierra Clemente, por darme el apoyo y la confianza para seguir adelante con mi estudio, por los consejos que me dieron para prepararme profesionalmente, gracias a ustedes pude concluir una vez más una etapa de mi vida, muchas gracias.

A mis hermanos y hermanas

Odilia, Heriberto, Ernesto, Lizbeth, Luz Olivia, por el apoyo y las motivaciones que me daban para seguir adelante para concluir mi estudio de licenciatura, gracias.

A mi esposa e hija

Rosalía García Herrera por apoyarme en los cuatro años y medio de carrera, su cariño, amor, consejos y confianza para concluir mis estudios y a mi hija Edly Britany López García la motivación y la razón para terminar la licenciatura, muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la oportunidad que me dió de conocer una familia, a nuevos compañeros, maestros, gracias.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)**, por abrirme las puertas de sus instalaciones y el apoyo de la beca, que me ayudó a concluir mi licenciatura y por haberme formado como profesional

Al **MC. Federico Vega Sotelo** por haberme ayudado en la elaboración de esta tesis, por su esfuerzo, apoyo y su valioso tiempo, por los consejos, por compartir sus experiencias, gracias por todo su apoyo en este proyecto, gracias.

Al **Dr. Alfredo Ogaz** por su valioso tiempo para explicarme y enseñarme sobre el programa SAS y haberme ayudado en lo estadístico en la investigación, gracias.

Al **Dr. J. Isabel Márquez Mendoza** por su valiosa contribución en este trabajo.

Al **M.C. Norma Leticia Ortiz Guerrero**, por su valiosa contribución en este trabajo y por sus consejos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo	5
1.2. Hipótesis	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Clasificación taxonómica del Maíz	6
2.2 Morfología del maíz	6
2.2.1 Raíces	6
2.2.1.1 Raíz seminal o principal	7
2.2.1.2 Raíces adventicia	7
2.2.1.3 Raíces de sostén o soporte	7
2.2.1.4 Raíces aéreas	7
2.2.2 Tallo	7
2.2.3 Hojas	8
2.2.4 Flor	8
2.2.5 Grano	9
2.2.5.1 Pericarpio	9
2.2.5.2 Endospermo amiláceo	9
2.2.5.3 Embrión	10
2.3 Importancia	10
2.4 Generalidades del maíz	11
2.4.1 Exigencias del clima	12
2.4.1.1 Precipitación	12
2.4.1.2 Temperatura	13
2.4.2 Altitud	13
2.4.3 Suelo	13
2.4.4 Germinación	14
2.4.5 Cosecha	14
2.4.6 Híbridos	15
2.4.7 Clasificación de los híbridos.	16
2.4.7.1 Simples	16
2.4.7.2 Dobles	16

2.4.7.3 Triples.....	16
2.4.8 Ventajas del uso de híbrido	16
2.4.9 Desventajas del uso de híbrido.....	17
2.5 Fertilización	17
2.5.1 Fertilizante químico.....	17
2.5.2 División de fertilizantes de acuerdo a su estado físico	19
2.5.2.1 Sólidos.....	19
2.5.2.2 Ultra soluble	19
2.5.2.3 Líquidos.....	19
2.5.2.4 Gaseosos	19
2.5.3 Clasificación de acuerdo a elementos nutritivos principales	19
2.5.3.1 Fertilizantes simples y compuestos	19
2.5.3.2 Complejos	20
2.5.3.3 Mezclas físicas	20
2.6 Necesidades nutricionales	20
2.7 Densidad de población.....	22
2.8 Riego.....	27
2.8.1 Riego por gravedad	28
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Ubicación del experimento	29
3.2. Preparación del terreno.....	29
3.3. Material vegetativo	29
3.4. Siembra y fertilización	29
3.4.1. Siembra	29
3.4.2. Fertilización.....	30
3.5. Riegos	31
3.6. Control de maleza	31
3.7. Control de plagas	31
3.8. Diseño Experimental	32
3.9. Cosecha	32
3.10. Tratamientos	32
3.11. Distribución de los tratamientos	33
3.12. Variables de evaluación	33
3.12.1. Altura de planta.....	33
3.12.2. Número de hileras de granos	33

3.12.3. Numero de granos por hileras	34
3.12.4. Altura de mazorcas.....	34
3.12.5. Peso de mazorca.....	34
3.12.6. Peso del grano.....	34
3.12.7. Peso del olate	35
3.12.8. Diámetro ecuatorial del olate	35
3.13. Análisis estadístico	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Rendimiento de grano	36
4.2. Altura de planta	37
4.3. Peso del olate	38
4.4. Diámetro ecuatorial del olate.....	39
4.5. Longitud de mazorca.....	40
4.6. Peso de mazorca	40
4.7. Número de hileras de grano por mazorca	41
4.8. Número de grano por hileras.....	42
V. CONCLUSIONES	43
VI. LITERATURA CITADA	44

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1. Resultados del análisis del suelo	30
Cuadro 2. Fertilizantes empleados MAP 11-52-00 (500 gr).	31
Cuadro 3. Registro de riegos.....	31
Cuadro 4. Aplicación de plaguicidas.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica de evaluación de peso de grano.....	37
Figura 2. Gráfica de evaluación de altura de planta	38
Figura 3. Gráfica de evaluación de peso del olote.....	39
Figura 4. Gráfica de evaluación de diámetro ecuatorial del olote	39
Figura 5. Gráfica de evaluación de longitud de mazorca.....	40
Figura 6. Gráfica de evaluación de peso de mazorca	41
Figura 7. Gráfica de evaluación de número de hileras de grano	42
Figura 8. Gráfica de evaluación de número de grano por hileras	42

RESUMEN

En la Región Lagunera, la fertilización inorgánica es una práctica indispensable para la obtención de buenos rendimientos en el cultivo de maíz. La necesidad de grano para abastecer el déficit que existe en nuestro país y en la región. El presente trabajo se realizó con el objetivo de “Determinar el rendimiento de grano de maíz híbrido AN-447 en función de distinta densidad de siembra con fertilizante inorgánico (MAP)”. El experimento se realizó en el ciclo agrícola Primavera – Verano 2014, en el Rancho el Retiro propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna que se ubica en el km 6.5 en carretera de Concordia a Sofía y colinda con el rancho de la empresa de Hortalizas de la Laguna. El experimento se implementó utilizando el diseño de bloque completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, representados por tres densidades de población de 50 000 (testigo), 80 000 y 110 000 plantas por hectáreas y una misma fuente de fertilización. La siembra se realizó el 1 de Abril de 2014. El tamaño de las unidades experimentales consistió de 12 surcos (4 surcos por densidad) de 8 metros de largo y 0.75 metros entre surcos y surcos, la distancia entre planta establecidas fueron 25 cm para 50,000 plantas, 16 cm para 80,000 plantas y 12 cm para 110,000 plantas. La cosecha se generó manualmente el día 4 de septiembre 2014. Las variables evaluados fueron: altura de planta (ALPT), número de hileras de grano (N°HG), número de granos por hileras (N°GH), diámetro ecuatorial del olote (DEO), longitud de mazorca (LMZ), peso de mazorca (PMZ), peso de olote (PO) y rendimiento de grano (RG). En los resultados obtenidos si hay diferencia significativas entre los tratamientos, las variables rendimiento de grano, peso de mazorca, peso de olote el que obtuvo mayor rendimiento fue el tratamiento 110 000 plantas. El tratamiento de 110 mil plantas/ha fue de mayor rendimiento de grano con 12.747 ton/ha, seguido por 80 mil plantas con 9.497 ton/ha y el testigo de 50 mil plantas/ha con 6.353 toneladas/ha.

Palabras clave: Maíz, fertilización, inorgánica, rendimiento y densidad

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la alimentación humana está basada en pocos cultivos como el maíz, frijol, arroz y trigo así como otros cereales. El maíz es uno de los cereales con mayores cantidades de carbohidratos, constituye la base fundamental de la alimentación en Latinoamérica, se ha constituido por mucho tiempo la base principal a la dieta del hombre, por otra parte en las comunidades rurales mexicanas cuando existen buenas cosechas prevalece la tranquilidad en cuanto a la alimentación. En México el cultivo de maíz es utilizado en múltiples casos ya sea en grano o como elote, también se emplea como forraje para la alimentación del ganado.

El maíz ha tenido una gran importancia dentro del territorio nacional debido a la gran extensión de tierras dedicadas a su cultivo, debido a esta situación, cuenta con el primer lugar de superficie cultivable, mas 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 la Región Lagunera, la fertilización inorgánica es una práctica indispensable para la obtención de buenos rendimientos en el cultivo de maíz, es una zona agrícola donde la limitante principal para un desarrollo más amplio 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 (Moreno, 1984).

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 (Wong., *et al* 2007).

El riego es considerado como un elemento fundamental en la producción agrícola debido a su efecto en el incremento a la producción, la mejora de la calidad de los productos, la intensificación sostenible del uso de la tierra, la diversificación en la producción y su contribución a la mejora de la seguridad alimentaria (FAO, 2004).

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 hacer un mejor uso de los recursos disponibles con que se cuenta, justifican los programas de investigación y mejoramiento en maíz tendientes a incrementar su producción por unidad de superficie y hacer más rentable el cultivo para que los productores maiceros de temporal en el estado continúen sembrando. Una de las formas de lograr lo arriba señalado es de combinar eficientemente factores tales como: dosis de fertilización, densidades de población, uso de semillas mejoradas, entre otros.

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, precedida por la producción y utilización de semilla optima calidad, ofrece la perspectiva de un rápido y considerable aumento en la productividad de este cereal (Martínez, *et. al.*, 2005).

México es considerado como centro de origen y biodiversidad del maíz; su producción y conservación es importante para el desarrollo agrícola del país; sin embargo, en la última década la producción nacional de grano se ha mantenido alrededor de las 20 000 000 de toneladas anuales, mientras que las importación han aumentado paulatinamente. 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).

Tadeo-Robledo (2012) dice que en México se siembran anualmente 8.5 millones de hectáreas de maíz, las cuales producen un poco más de 22

millones de toneladas de grano de maíz; sin embargo, cada año se importan siete y tres millones de toneladas de grano entero y quebrado de maíz respectivamente. Este nivel de importación se explica, en parte, por el rendimiento medio que se obtiene en el país, que es de 2.8 ton/ha. Una alternativa para elevar este nivel de producción es el uso de semillas mejoradas de maíz, tales como los híbridos, puesto que a través de ellas se puede aprovechar al máximo las condiciones ambientales disponibles y eficientar el uso de insumos usados en el proceso de producción de una región dada. Se ha señalado que una semilla mejorada contribuye hasta con un 60% del rendimiento final, lo cual indica que es un insumo fundamental para lograr una buena producción.

Generalmente la baja productividad del maíz se debe a factores bióticos y abióticos. Pocos productores utilizan híbridos de alto potencial por el costo que implica la semilla y el manejo agronómico que requieren; por ello recurren a materiales criollos de bajo rendimiento por hectárea, que a causa de las limitaciones que presentan durante el desarrollo y el llenado de grano, ocasionan pérdida en rendimiento (Paliwal, *et al.*, 2001).

Debido a la alta tasa de incremento de la población, tanto en la Comarca Lagunera, como el resto del País, 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).

Se han realizado investigaciones donde los híbridos de maíz que se utilizan en México se han desarrollado para la producción de grano y los progenitores muestran diferencia en altura de planta y ciclo biológico, entre otras características (Gaytan, *et al.*, 2009).

La selección adecuada de los híbridos, el manejo eficiente de la fertilización y el uso de los paquetes tecnológicos, aunado a la experiencia alcanzada por los productores en el manejo del cultivo, han sido determinantes para elevar los niveles productivos que se ha venido mejorando año con año (Coss, 2010).

Para incrementar la productividad en el cultivo de maíz, tanto en variedades como en híbridos, se tiene:

- a) Un incremento en la duración del cultivo o en la producción de la fase de llenado de grano dentro del total.
- b) Un incremento en la producción de materia seca por unidad de área y por consiguiente una mayor producción de grano.
- c) Aumento en la producción de materia seca destinada a la fracción cosechable (mazorca) reflejando una mejoría en el índice de cosecha; y
- d) Mejoría en la tolerancia a alta densidad que también está asociada a la capacidad de tolerar estreses ambientales (Castro, 2005).

Por todo esto, en el presente trabajo se realiza la técnica de la aplicación de fertilizantes inorgánico para obtener un mayor rendimiento de grano con un híbrido.

Con la aplicación de fertilizante inorgánico se espera resolver la problemática, la necesidad de producir granos para subsanar el déficit que existe en nuestro país y la Comarca Lagunera, para eso se realizó este estudio con el híbrido de maíz AN-447 con tres densidades diferentes.

1.1. Objetivo

Determinar el rendimiento de grano del Maíz Híbrido AN-447 en función de distintas densidad de siembra con fertilizantes inorgánico (MAP) con una lámina de riego.

1.2. Hipótesis

Una de las densidades de población tendrá mayor rendimiento de grano de Maíz híbrido AN-447 con fertilizantes inorgánicos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Clasificación taxonómica del Maíz

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Clase: Angiospermae

Sub-clase: Monocotiledoneae

Grupo: Glumiflora

Orden: Graminales

Familia: Gramíneas

Género: Zea

Especie: Mays

2.2 Morfología del Maíz

El maíz es una planta cultivada desde la antigüedad, hace más de 7000 años. Su origen parece situarse en la zona de México donde se han encontrado los vestigios más antiguos.

Aunque hay varias plantas emparentadas con el maíz, sólo una es capaz de cruzarse con el espontáneamente, se trata del teosinte que se encuentra en México y Guatemala. El teosinte, según algunos investigadores, es la fuente del germoplasmas de los maíces actuales. El maíz es una planta anual, de verano, de porte robusto y con un rápido desarrollo.

En nuestro entorno se siembra normalmente entre abril-junio y se cosecha en otoño, a partir de octubre. Respecto a sus características botánicas, el maíz pertenece a las monocotiledoneas gramíneas (Ortiz, 2008).

2.2.1 Raíces

El maíz pertenece a la gran familia de las gramíneas, como en todas ellas, el sistema radicular del maíz carece de raíz axonomorfa, es decir, pivotante y sus mechones plumosos se extienden en todas direcciones, principalmente en la capa de suelo vegetal. En la mayoría de las variedades del

maíz el sistema radical es característico: las cuatro raíces seminales pueden persistir durante toda la vida de la planta, pero el principal sistema de raíces adventicias se desarrolla de los nódulos inferiores del tallo debajo de la superficie del suelo se extiende lateralmente en las capas superiores de este, después de lo cual las raíces se vuelven verticales en sentido inverso al tallo y penetran en las capas inferiores del suelo.

El maíz cuenta con cuatro diferentes tipos de raíces que son:

2.2.1.1 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.

2.2.1.2 Raíces adventicia

El sistema radicular de una planta es casi totalmente de tipo adventicio, y alcanza hasta 2 metros de profundidad.

2.2.1.3 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.

2.2.1.4 Raíces aéreas

Se puede decir que son todas aquellas raíces que no logran alcanzar la superficie del suelo.

2.2.2 Tallo

El tallo tiene aspecto de caña, con los entrenudos rellenos de una medula esponjosa, erecto, sin ramificaciones y de elevada longitud pudiendo

alcanzar los 4 metros de altura. El maíz tiene escasa capacidad de ahijamiento, de hecho la aparición de algún hijo es un efecto no deseado que perjudica la capacidad productiva.

2.2.3 Hojas

Las hojas son alternas, paralelinervias y provistas de vaina que nace de cada nudo (gramíneo). El número de hojas depende de la variedad y del ciclo, de la época de siembra, etc. Pero, aunque podrían llegar hasta 30, lo normal en nuestras condiciones es que haya un máximo de 15 hojas. Parece que el número de hojas está relacionado con el potencial de producción.

2.2.4 Flor

Es una planta monoica, en la cual se distingue dos tipos de flor. La flor femenina, que se encuentra en la axila de algunas hojas, está formando una inflorescencia en espiga rodeada por largas brácteas que la cubren por completo.

La espiga está formada por una serie de espiguillas, cada una de las cuales está formada por dos flores de las cuales la inferior aborta. Por lo tanto, cada espiguilla, en caso de fecundación dará un grano en el extremo de la mazorca se desarrollan unos estilos largos llamados sedas en los cuales cae el polen y se desarrolla el tubo polínico. La parte central se llama zuro y representa del 15-30% del peso total de la espiga. La flor masculina está en la extremidad del tallo agrupada en panículas que se llama vulgarmente penacho. Está formada por 3 a 10 filas de espiguillas emparejadas, cada uno de ellas compuesta por dos glumas y contiene dos flores con tres estambres cada una siendo las dos flores fértiles.

Las fecundación es cruzada, cuando se realiza la fecundación con polen de otras variedades puede aparecer granos de coloración diferente.

2.2.5 Grano

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 se inserta a la mazorca por el pedúnculo de la flor. El grano posee un número de líneas por mazorca de 10 a 22, el número por línea de 18 a 42. El número de granos es el más sensible a las variación ambiental y a la disponibilidad de componentes como la radiación, temperatura, agua y nutrimentos en el suelo; mientras que el peso de grano es más estable y depende principalmente de la relación fuente/demanda durante el periodo de llenado de grano (Noriega, *et al.*, 2011)

El color del grano de maíz es muy variado pero el más común es amarillo al igual que su forma que puede ser prismática, ovoidal, liso o picudo.

El grano está formado por las siguientes partes:

2.2.5.1 *Pericarpio*

Protege la semilla antes y después de ser sembrada, impidiendo la entrada de hongos.

2.2.5.2 *Endospermo amiláceo*

Es la reserva alimenticia del grano, está compuesta por 90% de almidón, 7% de proteína y el resto son aceites minerales. La función principal consiste en proporcionar alimento energético a la planta joven hasta que sus raíces estén bien desarrolladas y las hojas puedan elaborar sustancias energéticas en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades. En el endospermo, las proteínas conforman una matriz cornea en cuyo interior se hallan los gránulos de almidón.

2.2.5.3 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, 2013).

2.3 Importancia

El maíz (*Zea Mays* L.) es el cultivo más importante en México por varias razones: se producen alrededor de 18.2 millones de toneladas en una superficie de 8.5 millones de hectáreas y presenta el mayor número de productores (3.2 millones de un total de 4 millones agrícolas), en su mayoría ejidales. Alrededor de 90 % de la producción es de maíz blanco y se destina al consumo humano (Loera, *et al.*, 2006).

El maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar, es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales (Paliwal, *et al.*, 2001).

El cultivo de maíz tiene importancia especial ya que constituye la base de la alimentación de los latinoamericanos. Ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz. Es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se le cultiva en casi todo el mundo (Bonilla, 2009).

El maíz constituye el alimento de cientos de millones de personas en el mundo en desarrollo. En el Este y Sur de África, el habitante consume en promedio de 80 kg de maíz por año. En México, América Central y el Caribe, 170 kg, en Asia, la utilización anual de maíz es de 100 kg en promedio. Desafortunadamente, los países en desarrollo no producen suficiente maíz para satisfacer su demanda interna y deben importar cerca de 30 millones de toneladas de maíz cada año (Monárrez, 2013).

El maíz, es el cereal de mayor importancia en el Continente Americano, ya que es una de las planta más útiles y de ella se aprovechan todas sus

partes: los tallos y hojas secas (rastrajo) como alimento de ganado; las hojas y brácteas secas para envolver tabaco y hacer cigarrillos, así como de envoltura de alimentos (tamales); las mazorcas tiernas (elotes); con los granos secos se hacen tortillas. Atole, pinoles, bebidas alcohólicas y muchos otros productos.

2.4 Generalidades del Maíz

La nomenclatura científica del maíz es *Zea mays*, y significa lo que sustenta la vida. Es una planta evolucionada, produce una mazorca perfecta, ha sido alimento, moneda y religión para el pueblo de México. Se ha considerado la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal.

Menciona que el maíz es una especie vegetal con hábito de crecimiento anual, su ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio según las variedades, encontrando algunas tan precoces con alrededor de 200 días desde la siembra hasta la cosecha. En general las variedades de mayor rendimiento son de 100 a 140 días; menos de 100 días se obtiene poca producción de grano y/o de forraje verde en base a materia seca. Del rango de más o menos 80 a casi 200 días es lo óptimo, considerando todos los factores que intervienen en la producción, y la convivencia económica para el agricultor, por esto que se recomienda usar variedades mejoradas o de híbridos de 100 a 140 días de ciclo vegetativo (Roble, 1986).

Llanos (1984) La describe como una planta anual que llega a alcanzar hasta 5 m, de altura, cuando lo normal es de 2 a 2.5 m, muy robusta su tallo es nudoso y macizo y presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadas (4 a 10 cm. de ancho) por 35 a 50 cm. de longitud y bordes ásperos.

El maíz es un cultivo de régimen anual, su ciclo vegetativo es el piedemonte oscila entre 120 y 140 días, desde la siembra hasta la cosecha, dependiendo del material genético, el medio ambiente, las prácticas culturales y las plagas y/o enfermedades (Torres, 1994).

Es uno de los granos básicos alimenticios más antiguos e importantes que se conocen, constituye una fuente principal de carbohidratos y proteína. El contenido del grano consiste principalmente de carbohidratos (86%), proteínas (9%), aceite (3%) y fibra (2 %) (Bonilla, 2009).

El maíz germina sin problemas en oscuridad. Para su crecimiento requiere pleno sol. En cuanto a floración, el maíz es una planta de días cortos. Florescencia rápida durante los días cortos, los mayores rendimientos se obtienen con 11/14 horas luz/día. Cuando el maíz florece tardíamente.

El maíz crece rápido y tiene un buen rendimiento a temperatura entre 20 y 30 grados centígrados y un suministro de agua eficiente a temperatura de 30 grados o más, es difícil que se pueda mantener una humedad adecuada del suelo. El maíz para su producción de granos necesita 120 días libres de heladas (Parsons, 1999).

2.4.1 Exigencias del clima

El maíz exige un clima relativamente cálido y agua en cantidad adecuada para la germinación, la temperatura media mínima debe estar a no menos de 10 °C, siendo el óptima entre los 20 y 30 °C. Para su crecimiento el maíz requiere pleno sol. En cuanto a la floración, el maíz es una planta que florece rápido en días cortos, su floración se retarda durante los días largos del año, sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen con 11 a 14 horas de luz por día.

2.4.1.1 Precipitación

El maíz es un cultivo muy sensible a déficit de agua. Una deficiencia de agua durante cualquier etapa de crecimiento de maíz, con frecuencia resulta en una reducción en el rendimiento, esta reducción depende de la etapa de crecimiento del cultivo, momento en que ocurre el castigo, severidad y duración del estrés así como de la susceptibilidad del genotipo (Aguilar, 1993).

La cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores importantes en la producción de maíz. El calor y sequía durante el periodo de polinización a menudo causan la desecación del tejido foliar y formación deficiente del grano. La condición ideal de la humedad del suelo para el desarrollo del maíz es en estado de capacidad de campo.

La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300 mm, la cantidad óptima de lluvia es de 550 mm, la máxima 1000 mm.

2.4.1.2 *Temperatura*

El maíz exige una temperatura de 20 – 25 °C, humedad y aireación apropiadas, el maíz germina dentro de los seis días posteriores a la siembra. Para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20 y 30 °C. la temperatura superior a 30°C y hasta 30°C o mas, reduce el rendimiento y determinan un cambio cualitativo significativo en la composición de la actividad enzimática, y se ven afectadas al máximo cuando coinciden temperaturas elevadas y falta de agua (Monárrez, 2013).

La floración del maíz se afecta con la temperatura por encima de 30°C la masculina se acelera y por debajo de 20°C la femenina (cabellos) aparece más temprano (Torres, 1994).

La temperatura y el aire se encuentran relacionados entre sí en cualquier lugar, la coincidencia de estos factores sobre todo al final del ciclo es que contribuye a retardar la madurez del grano, por otra parte un exceso de humedad también puede originar la presencia de enfermedades en el cultivo (Bonilla, 2009).

2.4.2 **Altitud**

Se adapta a todas las altitudes, las óptimas son 1000 msnm y hasta los 3000 msnm (Deras, 2014 y Bonilla, 2009).

2.4.3 **Suelo**

Los suelos ideales para el maíz, son los profundos de textura media con pH ligeramente ácido o neutro, bien drenados y con alta capacidad de potencial de humedad, sin embargo, si el cultivo es bien manejado crece satisfactoriamente en una amplia variedad de suelos (Guerra, 1993).

La planta de maíz puede desarrollarse en una gran gama de suelo de textura media como franco y franco arcillo-arenoso. El crecimiento en suelo arenoso y arcilloso es pobre si no se ejecutan las labores pertinentes. Se requieren suelo profundo ya que las raíces necesitan entre 0.80 y 1 m de profundidad para su desarrollo normal. La planta de maíz es susceptible al

exceso de agua, porque impide la respiración y la absorción de nutrientes. El maíz requiere suelo ligeramente ácido por lo que el pH óptimo oscila entre 5.6 y 6.5.

2.4.4 Germinación

Al colocar la semilla, en condiciones óptimas de humedad y calor, aumenta de volumen por la absorción de agua, así mismo principia la transformación del almidón en azúcares debido a procesos enzimáticos y a retrogradación química, obteniéndose principalmente glucosa, esta es una fuente de energía que activa la división celular. Después continúan los procesos bioquímicos, fisiológicos y morfológicos para la diferenciación y desarrollo de los órganos del embrión. La germinación se inicia desde el primer día en que la semilla se encuentra en condiciones óptimas y la emergencia de plántulas es variable debido a la influencia de la textura, estructura del suelo, la profundidad de siembra, la humedad, la temperatura, y otros.

2.4.5 Cosecha

En caso de que la cosecha se quisiera hacer de grano, se debe dejar madurar y secar las plantas, lo cual se realiza con una maquinaria adecuada, en este caso, se recomiendan las cosechadoras-desgranadoras. Se ha calculado que el maíz tiene su máxima proporción de materia seca y ha llegado a su madurez fisiológica cuando los granos contienen alrededor de 35 % de humedad; siendo así se debe dejar secar bajo condiciones de campo, hasta que los granos contengan de 14 a 16 % de humedad, para realizar la cosecha y desgrane con una maquinaria combinada. El desgrane se realiza con maquinaria o con mano de obra; lógicamente, se recomienda el uso de desgranadoras.

2.4.6 Híbridos

El maíz híbrido es producto del cruzamiento de dos variedades a fin de obtener un producto que posea características superiores el promedio de sus padres. Los primeros híbridos creados fueron en relación a su producción de grano

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).

Un híbrido se define como aquel individuo que es el producto de una cruce entre padres genéticamente diferentes. Debido a la heterosis que es el vigor que se manifiesta en el F1, los híbridos generalmente superan a los padres con respecto a uno a más caracteres, la característica de los híbridos es que no es posible reducir su semilla. Si un agricultor decide sembrar la semilla cosechada notara que el cultivo no tiene el mismo rendimiento (Bonilla, 2009).

El maíz híbrido es primera generación de una cruce entre líneas auto-fecundadas, involucrada la producción de híbridos: la obtención de líneas auto fecundadas por auto polinización controlada.

La importancia de manejar grupo de líneas endogámicas con patrones heteróticos distintos he permitido desarrollar estrategias de mejoramiento para aprovechar la manifestación del vigor híbrido.

El vigor híbrido generalmente se determina para caracteres, tamaño o rendimiento, que son los productores finales de los procesos metabólicos.

Rimache (2008), indica que el maíz híbrido procede de una semilla obtenida de un cruzamiento controlado de líneas seleccionadas por su alta capacidad productiva. Las semillas resultantes dan origen a plantas que demuestran un gran vigor híbrido, que se traduce en mayor rendimiento por hectárea que pueden ser superiores en 20 a 30% a los usualmente obtenidos con las semillas de variedades comunes.

2.4.7 Clasificación de los híbridos.

2.4.7.1 Simples

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

2.4.7.2 Dobles

Se forman a partir de cuándo líneas auto fecundadas es decir es la progenie hibrida de una cruza entre dos cruza simples los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruza simples, presentan mayor variabilidad; es importante señalar que una cruza simple produce mayor rendimiento que un triple y esta a su vez mas que doble.

2.4.7.3 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 cruza simple como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayor rendimiento con una cruza triple que con una doble, aunque las plantas de una cruza triple no son tan uniforme como las de cruza simple (García, 2006).

2.4.8 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.

2.4.9 Desventajas del uso de híbrido

En las desventajas se puede señalar la reducida adaptación, tanto en tiempo como espacio, alta interacción, genotipo-ambiente es cada variedad genética que lo hace vulnerable a las epifitas, necesidad de obtener semilla para siembra y sus alto costo, necesidad de tecnológico avanzada y uso de insumo para aprovechar su potencialidad genética; rendimiento de forraje y rastrojo (Castañeda, 2001).

2.5 Fertilización

La fertilización consiste en la aplicación de fertilizante al suelo o planta para abastecer de nutrimentos, mantener y fomentar la fertilidad del suelo. Esta tiene la finalidad de promover la productividad primaria mediante el aporte de los nutrimentos esenciales que permitan satisfacer los requerimientos de las plantas precando su establecimiento y desarrollo (Jaime, *et al.*, 2007).

2.5.1 Fertilizante químico

Tipo de sustancia o mezcla química, natural o sintética utilizada para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Las plantas no necesitan compuestos complejos, del tipo de las vitaminas o los aminoácidos esenciales en la nutrición humana, pues sintetizan todos lo que precisan. Solo exigen una docena de elementos químicos, que deben presentarse en una forma que la planta pueda absorber. Dentro de esta limitación, el nitrógeno, por ejemplo puede administrarse con igual eficiencia en forma de urea, nitratos, compuestos de amonio o amoniaco puro (Rodríguez, *et al.*, 2008).

Desde luego para justificar su comercialización su contenido nutrimental debe ser suficiente para amortizar los costos de transporte, almacenamiento y manejo. El fertilizante es cualquier material natural o sintético, que contiene al menos 5 % de uno o más de los tres nutrimentos primarios (N, P₂O₅, K₂O).

Para que un material que contiene alguno o algunos de los elementos esenciales sea capaz de proporcionarlos a la planta a través de las raíces o del follaje y recibir así el calificativo de fertilizante, se requiere que tales elementos

se encuentren en una forma química susceptible de ser absorbida; es decir, en forma asimilable o disponible. Las formas asimilables son, desde luego, las solubles en agua, pero también lo son las solubles en ciertas soluciones ácidas o alcalinas.

Con fines de evaluación de la disponibilidad de nutrimentos en los fertilizantes, se ha correlacionado experimentalmente la absorción de ellos por la planta y la magnitud de su solubilidad en diferentes soluciones. En el caso de la mayoría de los fertilizantes nitrogenados y potásicos, su solubilidad en agua es un índice de capacidad de aprovechamiento.

Existen fertilizantes químicos nitrogenados de lenta solubilidad o con gránulos recubiertos de sustancias semipermeables o temporalmente impermeables; aunque la mayor parte de su nitrógeno no es inmediatamente soluble al agua, su disponibilidad es total durante un ciclo de cultivo y su eficiencia llega a superar a la de los fertilizantes de alta solubilidad, por reducir las pérdidas por lavado o solarización. En estos casos, la solubilidad del fertilizante se mide en porcentaje, a diferentes periodos de tiempo.

En cuanto a los fertilizantes fosfatados, los hay desde aquellos totalmente hidrosolubles, como el fosfato mono amónico, hasta los considerados insolubles en agua, como las escorias básicas. Para evaluar su capacidad de aprovechamiento, además de si es soluble en agua, se mide si es soluble en soluciones neutras o alcalinas de citrato de amonio, o bien en soluciones de ácido cítrico o fórmico, aun el fósforo total, según el material considerado y las normas del país en que se emplea. En México y en los Estados Unidos, el contenido garantizado de P_2O_5 asimilable en todos los fertilizantes es el soluble en citrato de amonio neutro, incluyendo el hidrosoluble que el citrato soluble, especialmente para suelos alcalinos.

Se acostumbra reportar los porcentajes de disponibilidad de los macro nutrientes primarios en México y en la mayoría de los países, en forma de nitrógeno elemental (N), pentóxido de fósforo (P_2O_5) y óxido de potasio (K_2O). Los nutrimentos secundarios y los micronutrientes se reportan en forma elemental, aunque el calcio y el magnesio algunas veces se reportan como óxidos (CaO, MgO).

2.5.2 División de fertilizantes de acuerdo a su estado físico

2.5.2.1 Sólidos

Son generalmente los más utilizados; pueden estar en forma de polvo, cristales, gránulos o compactados.

2.5.2.2 Ultra soluble

Nombre dado a fertilizantes de alta solubilidad, normalmente utilizados para fertirrigación por goteo o micro-aspersión.

2.5.2.3 Líquidos

Puede ser simple como las soluciones nitrogenadas y el agua amoniacal, o compuestos como las soluciones o suspensiones con dos o más elementos esenciales.

2.5.2.4 Gaseosos

Como tal, solo se utiliza el amoníaco anhidro. En su almacenaje se mantiene en forma líquida muy fuertemente comprimido y cuando se aplica al suelo se gasifica.

2.5.3 Clasificación de acuerdo a elementos nutritivos principales

2.5.3.1 Fertilizantes simples y compuestos

Los abonos pueden contener uno o más de los elementos principales (N, P, K). En el primer caso se tienen los abonos o fertilizantes simples que según el elemento que contengan se denominan abonos nitrogenados (N), fosfatados (P) o potásicos (K). En el segundo caso se habla de abonos compuestos, cuando estos se obtienen por simple mezcla más o menos elaborada de componentes simples. Cuando se obtienen productos con más de un nutriente

principal pero mediante combinación química de varios productos se suelen denominar abonos complejos. En cualquier caso, cabe distinguir dentro de los abonos compuestos o complejos, entre abonos o fertilizantes binarios o ternarios según que contengan dos o tres de los elementos citados independientemente de cualquier otro elemento nutritivo que pudiera tener (Domínguez, 1990).

2.5.3.2 *Complejos*

Cuando químicamente contienen dos o más macro nutrientes primarios y son una mezcla de sales productos de reacciones químicas, incluyendo como materia primas roca fosfórica, ácidos sulfúrico y fosfórico, NH₃ y KCL (v.g. 15-15-15 y 17-17-17).

2.5.3.3 *Mezclas físicas*

Normalmente se elaboran a base de fertilizantes sólidos de baja concentración como sulfato de amonio, superfosfato simple y KCl, resultado con análisis tipo 10-8-4, 16-6-6, etc. En las mezclas físicas se recomienda que sus componentes tengan un tamaño de partículas semejantes para evitar segregación y una distribución no uniforme en el terreno (Salgado, et al., 2010).

2.6 **Necesidades nutricionales**

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

Para lograr una producción exitosa de maíz híbrido, se requiere de buenas prácticas de manejo, desde la selección de la siembra, distancia apropiada, uso de semilla de alto potencial genético, hasta el desarrollo de un programa racional de control de malezas y plagas que acompañado de una buena fertilización nos aseguren los máximos rendimientos. Los híbridos del maíz requieren altos niveles de fertilización para producir bien; así, el maíz

extrae del suelo 90 Kg. de N, 27 Kg. de P₂O₅, 26 Kg. K₂O, 11 kg. de Ca, 13 kg. de Mg; 10 Kg. de S, por cada 100 quintales de grano de maíz (Amores, *et al.*, 1995).

Un cultivo de maíz de 12000 kg/ha de rendimiento necesita absorber aproximadamente 264, 48 y 48 kg/ha de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), respectivamente (García, 2005).

Rengel (2004), indica que el fraccionamiento de nitrógeno en maíces híbridos es una herramienta de manejo que permite una alta eficiencia de los fertilizantes nitrogenados. En los híbridos de alto rendimiento se justifican aplicaciones de la última fracción de nitrógeno en períodos cercanos a la floración, basándose en los patrones de absorción de este nutriente por la planta. Los requerimientos totales de fósforo, potasio y magnesio deben suministrarse al momento de la siembra.

Snyder (2008), recomienda que un adecuado cronograma de aplicación de N es un factor fundamental que influye marcadamente en la absorción de N por el cultivo y el potencial de elevado contenido de NO₃ en el suelo, lo que aumenta el riesgo de emisiones de N₂O. Además, recomienda fraccionar la dosis de N para sincronizar de esta manera el abastecimiento con la demanda del cultivo.

Las aplicaciones de 3 fertilizantes minerales en el cultivo de maíz se mejoran las características agronómicas tales como, altura de planta, caña gruesa erecta, área foliar frondosa, etc. El propósito de una aplicación de fertilizantes, es suministrar una cantidad razonable de nutrientes cuando lo demande durante sus diferentes etapas de desarrollo y que la mayor o menor cantidad de granos y su peso es el resultado de la fotosíntesis y la respiración; estas son actividades que están influenciadas directa o indirectamente por el contenido de nutrientes. El maíz es un cultivo exigente en nutrientes, por lo que es necesario determinar la cantidad adecuada que se debe aplicar al suelo para alcanzar su productividad, de aquí es que se le ha considerado a esta gramínea como excelente indicador de la fertilidad del suelo, de tal manera que en suelos de déficit de nutrientes, el cultivo responde positivamente a la fertilización.

Un alto nivel de este elemento puede reducir el número de plantas estériles por hectárea, en especial donde se han usado altas densidades de

plantas en condiciones de deficiencia de este nutrimento, además de mejorar el número de mazorcas llenas, de grano por mazorca y el peso de cada grano. Con la intensificación de uso del suelo, actualmente se podrían anexar otras restricciones tales como las del calcio (Ca) y del magnesio (Mg), que constituyen bases y componentes del complejo de intercambio catiónico, importantes en los aspectos físicos y químicos del suelo (Palma, 2015).

La respuesta en rendimiento del maíz a la fertilización nitrogenada es generalmente positiva y linear hasta altas dosis cuando se lo compara a otros cultivos. La cantidad de nitrógeno que se mueve de los tejidos vegetativos a la mazorca durante el proceso de llenado del grano varía considerablemente, habiéndose informado de un rango de 20 a 60% del nitrógeno total del grano derivado de la absorción antes de la antesis.

El nitrógeno depositado en el tallo es el que se moviliza primero hacia la mazorca y la cantidad de nitrógeno movilizado depende del cultivar y de la cantidad y del momento de la aplicación del nitrógeno. Los índices de nitrógeno en la cosecha (kg de nitrógeno en el grano/kg de nitrógeno en la biomasa sobre la tierra) son mayores que los índices de materia seca en ese mismo momento, alrededor de 0,6 a 0,8 en el pleno de la estación en cultivares tropicales cultivados bajo condiciones favorables.

El fósforo tiene una distribución similar al nitrógeno, salvo que una mayor proporción de los requerimientos del cultivo son absorbidos después de la floración. La mayor parte del potasio requerida por el cultivo es absorbida antes de la floración y mucho de este termina en la parte aérea en la madurez (Paliwal, 2001).

2.7 Densidad de población

Como consecuencia directa, y en estrecha relación con el híbrido concreto más adaptado a cada cultivado, se perfila al concepto de densidad de población, definiéndose como el número de plantas presentes en un metro cuadrado de superficie. Se habla comúnmente de densidad de población teórica, que se calcula en función de la distancia entre líneas y dentro de las líneas, y densidad de población real (que suele ser inferior en un 10-15% de la teórica) que es el que efectivamente hay en el campo. Recordemos a este

efecto, que se debe combatir con decisión la idea muy difundida de que la densidad de población está ligada al ciclo, o mejor dicho, a la longitud del ciclo vegetativo del híbrido; por el patrimonio genético de cada variedad y por tanto varía de híbrido. Así se puede comprobar que determinados híbridos procesos cultivados altas densidades producen muy poco, del mismo modo que híbridos tardíos, con bajas densidades, producen menos de lo que permite su potencial genético (Bertolini, 1990).

La densidad de siembra depende también del clima, de las condiciones del suelo y de la variedad de semilla. La densidad varía de 40,000 plantas por hectárea para ejemplares grandes, hasta 120,000 plantas por hectáreas para maíz forrajero.

Los híbridos tienen aproximadamente 3,000 semillas por kg, dependiendo del tamaño de la semilla. Se necesita de 15 a 20 kg de semillas por hectárea para lograr una densidad de 50,000 plantas por hectárea, o sea, cinco plantas por metro cuadrado.

De las variedades enanas, se necesitan 25 kg de semilla para 70,000 plantas por hectárea, o sea, siete plantas por metro lineal. Para las variedades de forrajes, se requieren 120,000 plantas por hectárea, para obtenerlas, el productor debe sembrar 50 kg de semilla por hectárea.

La densidad depende de ciertas condiciones como lo es el suelo, ya que en suelo húmedos es su parte superior, se siembra a mayor densidad, con una distancia menor entre hileras, para evitar excesivas pérdidas de agua por evaporación, en suelos secos en la parte superior, la pérdida es por transpiración de las plantas. En este caso se siembra a menor densidad. En terrenos susceptibles a erosión, se siembra el maíz en fajas anchas. Entre estas se siembra fajas con pastos, para contrarrestar la erosión. Durante un periodo de sequía, se debe eliminar el pasto para ahorrar agua.

La distancia entre hileras depende principalmente de las exigencias de la mecanización del cultivo. Las cosechadoras de maíz están equipadas con cabezales aptos para distancias entre hilera de 75 a 100 cm (Parsons, 1999).

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno, que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a

que la radiación fotosintéticamente activa, al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Sánchez, *et al.*, 2011).

Andrade (2002) citada por Palma 2015, manifiesta que en densidades supra óptimas, el rendimiento disminuye debido a que la disponibilidad de recursos por planta genera bruscas disminuciones en el rendimiento, que no son compensados con el aumento en número de plantas. En general los híbridos de ciclo corto necesitarían densidades óptimas mayores que los ciclos largos debido al menor tamaño de las plantas.

En algunos estudios sobre la producción de grano no se han encontrado efectos de la densidad de plantas sobre el rendimiento de este o sobre la producción de materia seca en niveles de 50 000 a 87 500 plantas ha⁻¹ o en densidades superiores a 90 000 plantas ha⁻¹ (Peña, *et al.*, 2010). Se recomienda el empleo de híbridos de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Wong, *et al.*, 2007). Así las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos (Sánchez, *et al.*, 2011). Las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y sintéticas son producción de grano, uniformidad en floración, altura de planta, maduración, plantas más cortas pero vigorosas que resisten el acame (Castañeda, 2001).

Vera (2011) menciona que la interacción entre la reducción del espaciamiento y el aumento de la población han aumentado la productividad de los híbridos de maíz, en los cuales se han encontrado mayor estabilidad de la producción, una población óptima de plantas por hectárea permitirá no solo mejor captación de energía solar, sino también mayor aprovechamiento de la humedad del suelo y los fertilizantes.

Mariani (1985), en estudios realizados durante dos años, indica que se incrementó el promedio de producción de grano por hectárea al aumentar la tasa de nitrógeno; así mismo, la producción de triptófano incrementó de manera semejante. El aumento en la densidad de plantas condujo a altos incrementos en la producción de grano.

Llanos menciona que la densidad de plantas está directamente relacionada con el rendimiento del maíz, la maquinaria actual ha hecho posible

la reducción de espaciamiento entre los surcos, de 40 pulgadas (102 cm.) a 30 pulgadas (76 cm.) y 20 pulgadas (51 cm.), la anchura medía del surco disminuyó de 39.6 " (100 cm.) en 1964, a 37.3" (95 cm.) en 1969.

El mejoramiento de los híbridos también es importante en el incremento de los rendimientos, los híbridos más recientes están adaptados a mayores densidades de plantas y altas fertilizaciones, la densidad de siembra viene dada por la distancia entre las plantas en la línea y la separación entre líneas, lo anterior está considerado como la densidad teórica de la plantación. En el momento de cosechar normalmente se han producido por diferentes causas, pérdidas de plantas que pueden suponer de un 5 a un 15%, una vez ocurrido esto se considera como la densidad final. Las pérdidas por falla de la germinación y la muerte de las plantas en sus primeros días de desarrollo son las causas que más influyen en el porcentaje de fallas, son diferencia entre la densidad teórica o de siembra, de la densidad real o de recolección. Las densidades de siembra entre seis a ocho plantas por metro cuadrado son normales para los actuales híbridos comerciales de maíz, no hace muchos años las densidades alcanzaban cifras del 50% al 60% de los actuales. Los híbridos altamente productivos, resistentes al vuelco y a la esterilidad de las flores en siembra densa, han hecho posible pasar de 30,000 a 40,000 plantas por ha, y posteriormente a 60,000, 70,000, 80,000 e incluso 100,000 y más plantas.

También menciona que para obtener un rendimiento que haga rentable el cultivo de híbridos, "tolerantes a la alta densidad de siembra", ha sido necesario también que la técnica introduzca métodos de laboreo, dosis y tipos de abonos con los que las plantas pueden aprovechar mejor la humedad y encontrar en el suelo los principios nutritivos precisos en estado asimilable durante el ciclo de crecimiento y maduración del grano. El empleo de herbicidas selectivos y los tratamientos fitosanitarios son prácticas

Necesarias para que las nuevas variedades híbridas, adaptadas a una alta densidad de siembra, produzcan un rendimiento óptimo que haga rentable su cultivo.

Para lograr una buena vegetación y un adecuado aprovechamiento del terreno no debe sembrarse a menos de 25 cm entre plantas en línea ni a más de 40 cm, la separación entre líneas puede ir de 50 a 100 cm, sin embargo se

recomienda reducir esta última distancia hasta los 60 cm. Se ha podido comprobar que, juntando las líneas de 100 a 50 cm, el rendimiento superficial aumenta.

El incremento del rendimiento obtenido sembrando altas densidades en filas cercanas, se debe a un aprovechamiento menor de la energía solar interceptada por las plantas, si las plantas se siembran equidistantes en las dos direcciones (a marco real), la energía solar captada por las plantas sería de un 15 a 20% superior a la que aprovechan cuando se siembra con una distancia entre filas dobles de la que separa entre sí las plantas en la hilera.

Reduciendo las filas entre sí, es decir tendiendo a igualar la distancia entre plantas en las dos direcciones, puede conseguirse un incremento en la cosecha de un 5 a 10%. Actualmente existen una serie de híbridos de hoja erecta con pequeño ángulo de inserción entre las hojas y el tallo, esto permite acercar más las plantas y aprovechar mejor la energía solar al sombrearse menos unas plantas con otras y a las hojas superiores a las inferiores de una misma planta.

Teóricamente la producción debe ser más alta al sembrar una planta por golpe que cuando se siembran dos o tres, ya que en el primer caso se aprovecha mejor el agua, los fertilizantes y la luz (López, 1999).

Delorit y Ahlgren (1987), indican que en el maíz, la densidad de siembra es determinada: a) La fertilidad del suelo; b) La cantidad disponible de humedad en el suelo; c) El objetivo para que se siembra; d) La variedad que se cultive, y e) El porcentaje de germinación. Así, las poblaciones elevadas de plantas producen mazorcas algo más pequeñas, para dar rendimientos considerablemente mayor si la humedad del suelo, la fertilidad y las condiciones climáticas son favorables.

La densidad de población, es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos. En el maíz ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, pues el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población, hasta llegar a un punto máximo y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto (Cruz, 2009).

2.8 Riego

El agua es el elemento esencial para el desarrollo de los procesos fisiológicos de todo ser vivo. Constituye el medio primario para las relaciones químicas y el movimiento de sustancias a través de las diversas partes de las plantas. Este recurso natural es el primer factor que determina el rendimiento de los cultivos; así, un cultivo sin humedad cerrará sus estomas, enrollará sus hojas reduciendo el crecimiento de sus partes afectando notablemente el rendimiento.

El riego es considerado como un elemento fundamental en la producción agrícola debido a su efecto en el incremento a la producción, la mejora de la calidad de los productos, la intensificación sostenible del uso de la tierra, la diversificación en la producción y su contribución a la mejora de la seguridad alimentaria (FAO, 2004).

Dardanelli (1994) El rendimiento del cultivo de maíz depende de la cantidad de agua disponible para evapotranspirar. Doorenbos y Pruitt (1977) mencionan que el maíz evapotranspira entre 400 y 700 mm en su ciclo, según condiciones ecológicas.

Los requerimientos hídricos del cultivo de maíz son variables en las diferentes etapas de su ciclo productivo. Estas necesidades se incrementan progresivamente desde emergencia hasta el estadio de 9 - 10 hojas, para llegar al máximo de necesidades diarias desde este estadio hasta principio de espigazón. De aquí en adelante van decreciendo gradualmente hasta madurez fisiológica (Nicosia y Martin, 1998).

El maíz parece ser relativamente tolerante al déficit hídrico durante el período vegetativo y el de maduración. La mayor disminución de los rendimientos de grano la ocasiona el déficit hídrico durante el período de floración, incluyendo la formación de la inflorescencia, la formación del estigma y la polinización, debido principalmente a una reducción del número de granos por mazorca. Este efecto es menos pronunciado cuando, en el período vegetativo precedente, la planta ha sufrido déficit hídrico. En el período de formación de grano, el déficit hídrico provocaría disminución del rendimiento debido al menor tamaño del grano (Rivetti, 2006).

2.8.1 Riego por gravedad

Los métodos, dispositivos y estructuras utilizadas para llevar el agua desde la acequias hasta el campo se llaman tomas de parcela. Su fin es regular la cantidad de agua que entra en los campos así como la velocidad de la corriente.

La elección del método o dispositivo para hacer entrar el agua desde los canales de distribución a los campos de cultivo, depende principalmente del sistema de riego que se aplica. La toma de agua se efectúa, por ejemplo, de una de las siguientes maneras:

- a) Desbordamiento. Se eleva el nivel del agua en los surcos o corrugaciones de contorno hasta que el agua descienda por la pendiente.
- b) Detalle de un surco y del desbordamiento. Los surcos se contribuyen según las curvas de nivel.
- c) Corte del borde entre el canal y el comportamiento. Con la compuerta se puede regular mejor la entrada de agua.
- d) Lona. Se utiliza para subir el nivel del agua en una parte del canal. Así se puede aumentar la entrada de agua por los cortes, compuestos u otros dispositivos.
- e) Compuerta en el centro del borde del canal terciario. Con la compuerta se puede regular mejor la entrada de agua.
- f) Válvulas alfalferas. El caudal se controla mediante la válvula.
- g) Sifón. El caudal depende del diámetro del tubo, y de la diferencia entre la salida y el nivel del agua en el canal. Por debajo de la salida, se coloca una cubierta para prevenir la erosión del surco.
- h) Tubo a través del ribazo. El caudal depende del diámetro del tubo y la diferencia entre niveles.
- i) Tapa de metal o de madera para cerrar los tubos.
- j) Tubería con orificio con este tipo de tubos se pueden regar tanto los surcos como los compartimentos. Los orificios están provistos de puertas corredizas para controlar el flujo.

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola Primavera-Verano del año 2014 en la localidad del rancho el Retiro, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicado a 6.5 km en la carretera de Concordia a Sofía, colindando con el Rancho de la Empresa de Hortalizas de la Laguna, cuya ubicación geográfica son latitud 25.776389 y longitud -103.115000 a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar.

3.2. Preparación del terreno

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

3.3. Material vegetativo

El Híbrido de maíz utilizado fue el AN- 447, este material se obtuvo de los genotipos con los que cuenta la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.4. Siembra y fertilización

3.4.1. Siembra

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

3.4.2. 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, no se realizó aplicación de Potasio (K) debido a la disponibilidad que tenía el suelo con esto se llegó a la estimación de que la dosis de fertilizantes sería de 130-60-00. (Cuadro 1)

Cuadro 1. 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 ₃) ppm	5.40 B	2.660 B	14.60 B	>30.0
Fósforo 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 2)

Cuadro 2. 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	08-Jun-14

3.5. Riegos

Se aplicó una lámina total de 65 cm utilizando válvulas alfalferas. El primer riego se aplicó con una lámina de riego de 20 cm, el segundo y tercer riego se aplicó con una 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 3)

Cuadro 3. Registro de riegos

Riegos	Fechas	Lámina de Riego
1 ^{er} Riego	02/04/2014	20
2 ^{do} Riego	24/04/2014	15
3 ^{er} Riego	16/05/2014	15
4 ^{to} Riego	07/06/2014	15
Total		65 cm

3.6. 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.

3.7. Control de plagas

Se realizó monitoreo cada 8 días para detectar plagas y enfermedades que afectaran el desarrollo fenológico del cultivo. (Cuadro 4)

Cuadro 4. Aplicación de plaguicidas

PLAGAS	PLAGUICI- DA	I.A.	DOSIS (kg/ha)/200L agua	No. APLIC.	DDS
Gusano cogollero (spodoptera frugiperda)	Bacimin	Bacillus thuringiensis (Var.Kurstaki)	0.25 – 1.0	1	40

3.8. Diseño Experimental

El experimento se implementó utilizando el diseño de bloque completamente al azar con tres repeticiones y tres tratamientos, representados por tres densidades de población y una misma fuente de fertilización. El tamaño de las unidades experimentales fue de cuatro surcos por densidades con 8 metros de longitud y las densidades de planta que se utilizaron fueron de 50,000, 80,000 y 110,000 plantas por hectárea.

3.9. Cosecha

La cosecha se generó manualmente el día 4 de septiembre 2014, se marcaron las 9 parcelas y se levantaron diferentes números de plantas de cada parcela para evaluar, para la densidad de 110,000 plantas/ha se tomaron 10 plantas y para la de 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 13 y 16 % (lo que facilitó el desgrane) después de cosechar se procedió a separar la mazorca, medir la planta, pesarla y en el caso de las mazorcas se les retirara la hoja, el grano y el olote con la finalidad de obtener el rendimiento de las diferentes densidades.

3.10. Tratamientos

Densidades de población de 50,000, 80,000 y 110,000 plantas por hectárea, a una fuente de fertilización inorgánica.

3.11. Distribución de los tratamientos

DENSIDADES DE POBLACIÓN: 1: 50,000 plantas/ha (Testigo)
 2: 80,000 plantas/ha
 3: 110,000 plantas/ha

FETILIZACIÓN INORGÁNICA	3	1(Testigo)	2
	2	3	1(Testigo)
	1(Testigo)	2	3

3.12. Variables de evaluación

3.12.1. Altura de planta

La altura de la planta se tomó con una cinta métrica, colocando la planta sobre una mesa y con la cinta midiendo del extremo inferior al superior (espiga), anotando los datos en la bitácora de campo, después fueron pasados a un documento de Excel, donde por medio de una fórmula se obtuvo la media, y se llenó el cuadro de resultados.

3.12.2. Número de hileras de granos

El número de hileras de granos por mazorcas se realizó manualmente, se contaron cada hilera de maíz de cada mazorca y los datos obtenidos de cada mazorca se registraron en una bitácora de campo, después fue pasado en un documento de Excel, donde se sacó el promedio, y se llenó el cuadro de resultados.

3.12.3. Número de granos por hileras

El número de granos por hileras por mazorcas se realizó manualmente, se contaron cada una de las hileras de cada mazorca y los datos obtenidos de cada mazorca se registraron en una bitácora de campo, después fue pasado en un documento de Excel, donde se sacó el promedio, y se llenó el cuadro de resultados

3.12.4. Altura de mazorcas

La longitud de mazorcas se realizó con la ayuda de la cinta métrica y una regla de 30 cm, se midieron cada muestras y se registró los datos en la bitácora de campo, una vez obtenidas la longitud de cada mazorca de cada tratamientos fueron pasados a un documento de Excel, donde por medio de una fórmula se sacó el promedio, y se lleno el cuadro de resultados.

3.12.5. Peso de mazorca

El peso de la mazorca se realizó con la ayuda de una báscula digital, se pesaron una por una y se registró los datos en la bitácora de campo, una vez obtenidas los pesos de las mazorcas de cada tratamientos fueron pasados a un documento de Excel, donde por medio de una fórmula se sacó el promedio, y se llenó el cuadro de resultados.

3.12.6. Peso del grano

El peso del grano se obtuvo mediante el desgrane de las mazorcas de forma manual y mecánica, se pesaron los granos de maíz obtenidas de cada una de las mazorcas, se realizaron para todas las muestras, se anotaron los datos en la bitácora de campo, después fueron pasados a un documento de Excel, donde por medio de una formula se sacó el promedio, y se llenó el cuadro, se verifico los resultados obtenidos del peso de mazorcas y el olote los resultados fueron los mismos.

3.12.7. Peso del olote

El peso del olote se realizó con la ayuda de una báscula digital, se pesaron una por una y se registró los datos en la bitácora de campo, una vez obtenidas los pesos de los olotes de cada tratamientos fueron pasados a un documento de Excel, donde por medio de una fórmula se sacó el promedio, y se llenó el cuadro de resultados.

3.12.8. Diámetro ecuatorial del olote

El diámetro del olote se obtuvo midiendo con un vernier, se anotaron los datos en la bitácora de campo, después fueron pasados a un documento de Excel, donde por medio de una fórmula se sacó el promedio, y se llenó el cuadro de resultados.

3.13. Análisis estadístico

SAS El análisis estadístico se realizó con las medias de los resultados obtenidos de las variables evaluados y estos se evaluaron con el paquete.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de haber obtenido la cosecha y haber procedido a ordenar la información de las diferentes variables a analizar, se procedió a realizar el análisis estadístico, se obtuvieron las siguientes gráficas correspondientes a cada uno de los parámetros observados e inmediatamente después se hizo la discusión de los resultados obtenidos.

4.1. Rendimiento de grano

El rendimiento de grano de los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 1. El análisis de varianza realizado para esta variable detectó diferencias significativas ($P > 0.0250$), con un coeficiente de variación de 17.80443 %, entre los tratamientos de las distintas densidades y una misma fertilización inorgánica, el tratamiento de 110 mil plantas supero al testigo (50 mil planta) y al tratamiento de 80 mil plantas. Respecto a diferencia de medias, las diferencia significativa fueron para el tratamiento de 80 mil plantas se comportó estadísticamente igual al tratamiento de 110 mil y 50 mil plantas. La densidad de 110 mil plantas alcanzó el mayor rendimiento de grano por hectárea con 12.747 toneladas, seguido por el de 80 mil plantas con 9.497 toneladas y siendo el más bajo el testigo de 50 mil plantas con 6.353 toneladas. El estudio realizado por Monárrez 2013, obtuvo rangos similares de rendimiento de granos por hectáreas en fertilización inorgánica, el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de población y la dosis de fertilización aplicada, también varía de acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales, genotipo y el riego.

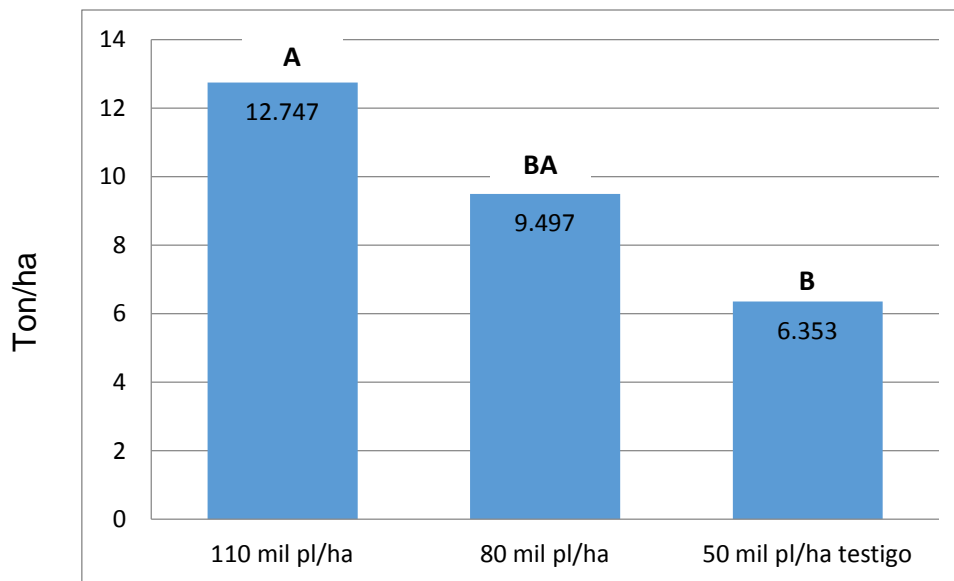


Figura 1. Gráfica de evaluación del peso de grano.

4.2. Altura de planta

La altura de planta alcanzada en los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 2. El análisis de varianza realizado para esta variable no detectó diferencias significativas ($P > 0.9603$) con un coeficiente de variación de 7.5169 %, entre los tratamientos de densidades diferentes y una misma fertilización inorgánica del ciclo Primavera – Verano, alcanzando valores de 1.78, 1.8 y 1.81 metros respectivamente, respecto a comparación de medias no fueron significativamente diferente, colocando al testigo de 50 mil plantas/ha 1.78 resultado bajo en comparación de las otras dos densidades, la de 80 mil/ha 1.8 m y la de 110 mil/ha 1.81 m., estos rangos de altura fueron más bajos que los obtenidos por Monárrez, 2013 y similares a los obtenidos por (Musito Ramírez *et. al.*, 2004). Este efecto es debido a varios factores como lo son el clima, temperatura, hora luz, agua y fertilización, que son muy importantes en el desarrollo de la planta.

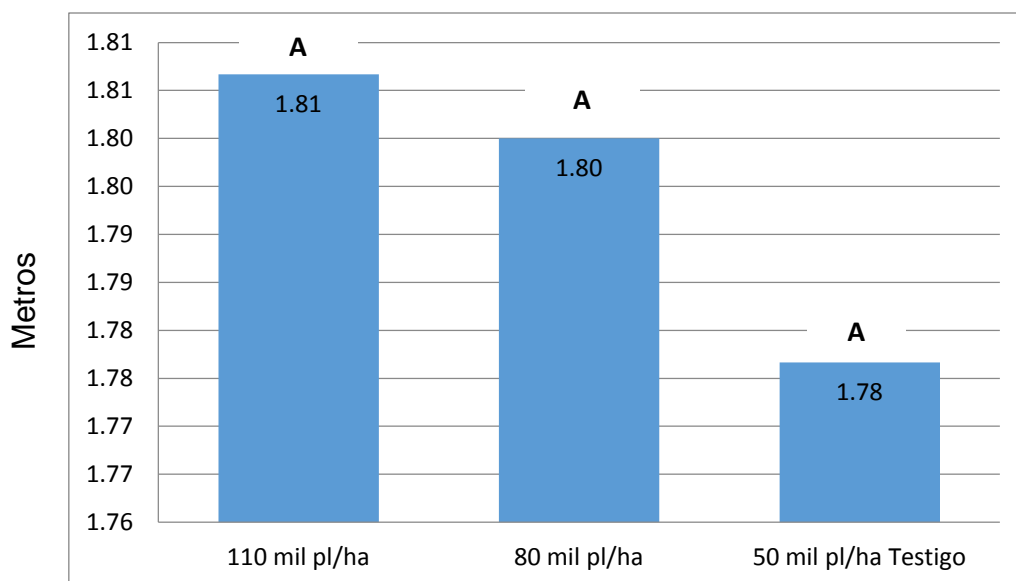


Figura 2. Gráfica de evaluación de altura de planta

4.3. Peso del olote

El peso de olote de los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 3. El análisis de varianza realizado para esta variable sí detectó diferencias significativas (0.0587) con un coeficiente de variación de 23.5144 % entre los tratamientos, respecto a diferencia de medias si hubo diferencia significativa entre los tratamientos, el de 80 mil plantas se comportó estadísticamente igual al tratamiento de 110 mil y 50 mil plantas por hectáreas. Valores obtenidos de 3.4 toneladas por hectáreas para 110 mil plantas, 2.6 toneladas para 80 mil plantas y 1.666 toneladas por hectáreas para el testigo 50 mil plantas/ha. Los resultados fueron mayores a lo que obtuvo Monárrez 2013. Esto se debió a la fertilización y las densidades de plantas evaluadas.

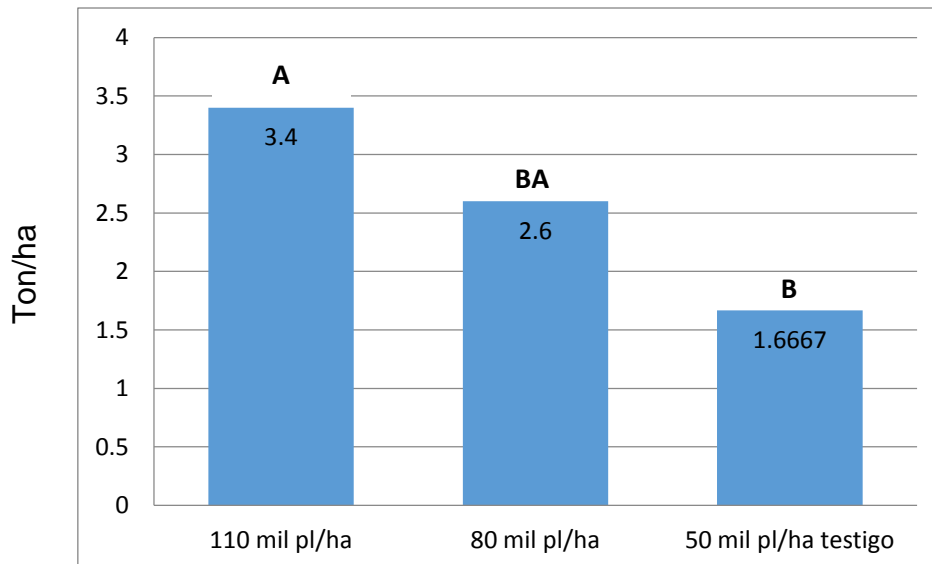


Figura 3. Gráfica de evaluación de peso del olote

4.4. Diámetro ecuatorial del olote

El diámetro ecuatorial del olote de los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 4. El análisis de varianza realizado para esta variable no detectó diferencias significativas (0.5810) con un coeficiente de variación de 4.11068 % entre los tratamientos de fertilización inorgánicas, con valores de 7.58, 7.81 y 7.55 cm respectivamente. El diámetro ecuatorial fue similar al obtenido por Monárrez en 2013 en un rango de 7.45 – 8.82 cm. En comparación de medias el tratamiento de 80 mil plantas/ha es el que respondió mejor en función de la variable evaluada.

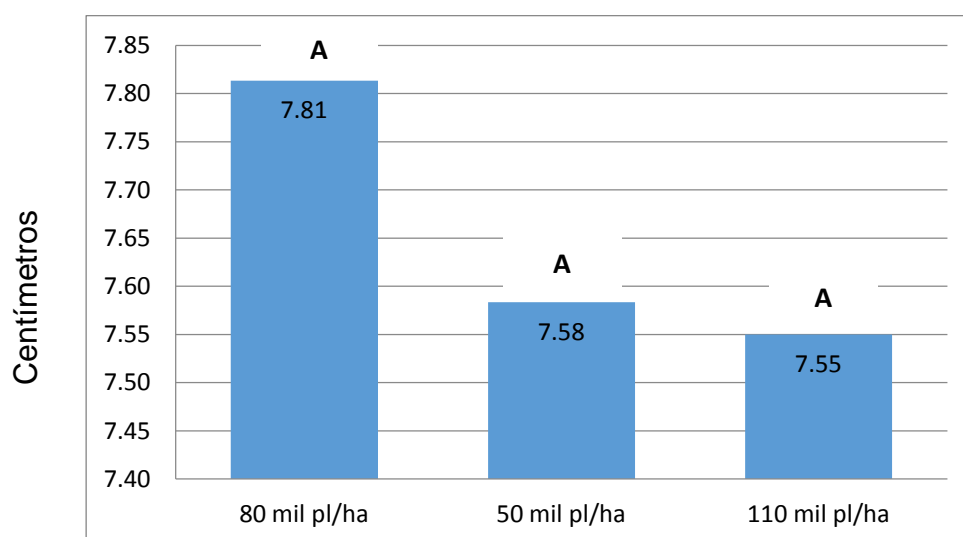


Figura 4. Gráfica de evaluación de diámetro ecuatorial del olote

4.5. Longitud de mazorca

La longitud de mazorca de los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 5. El análisis de varianza realizada para esta variable no detectó diferencia significativa (0,3486) con un coeficiente de variación de 15.118 % entre los tratamientos, obtenidos valores de 15.0667, 17.1833 y 17.1167 respectivamente, estos valores obtenidos son similares a los obtenidos por Ángeles-Gaspar, 2010 valores de 14.6 – 17.6 cm. En comparación de medias el tratamiento de 80 mil plantas fue colocado primero.

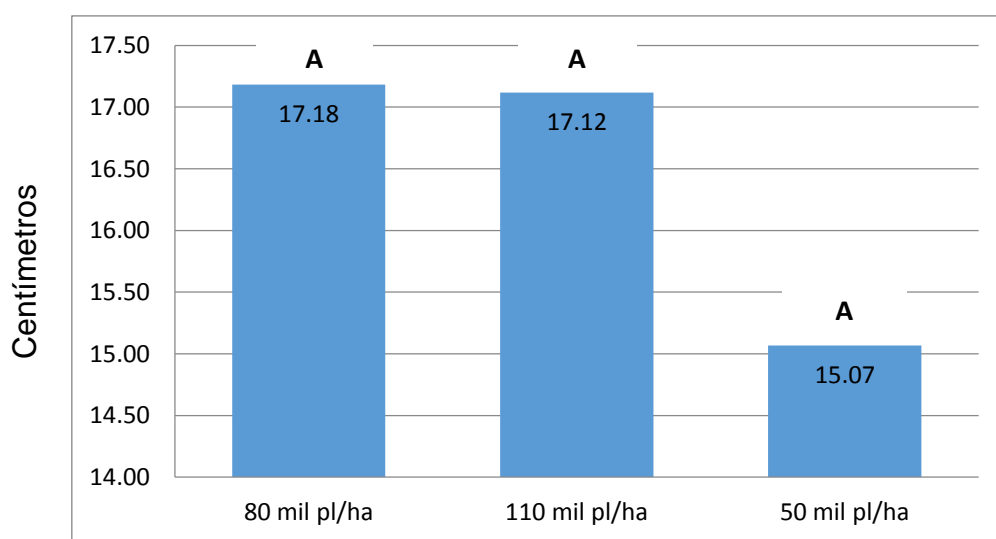


Figura 5. Gráfica de evaluación de longitud de mazorca

4.6. Peso de mazorca

El peso de mazorca de los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 6. El análisis de varianza para esta variable detectó diferencia significativa (0,0303) , con un coeficiente de variación en los tratamientos de 23.5144 % en los tratamientos de 50 000, 80 000 y 110 000 plantas por hectárea, respecto a medias si son significativamente diferentes, el tratamiento de 80 mil plantas es igual al tratamiento de 110 mil plantas y la de 50 mil plantas estadísticamente. Valores obtenidos para 110 mil plantas 18.003 toneladas/ha, 80 mil plantas 13.467 toneladas/ha y 50 mil plantas 8.933 toneladas por hectárea mayores a los que obtuvo Leos, 2013. La densidad de 110 mil plantas por hectáreas es la que obtuvo mayor rendimiento.

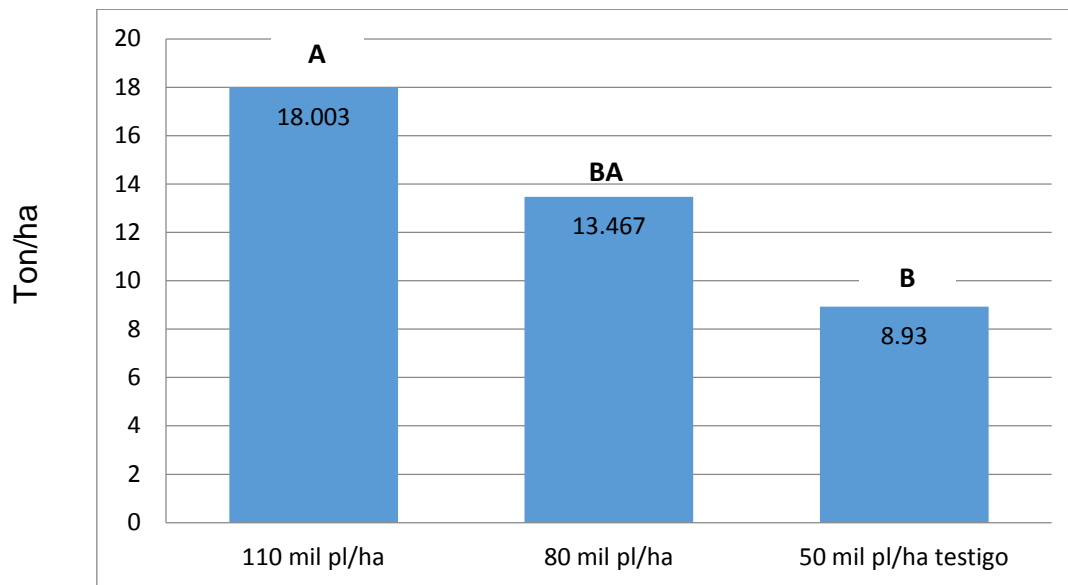


Figura 6. Gráfica de evaluación de peso de mazorca

4.7. Número de hileras de grano por mazorca

El número de hileras de grano por mazorca de los tratamientos evaluados se presentan en la Figura 7. El análisis de varianza para esta variable no detectó diferencia significativa (0.0922) con un coeficiente de variación en los tratamientos de 2.0321 % con respecto a los tratamientos de densidades, en comparación de medias si hubo diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento de 110 mil plantas se comportó estadísticamente igual al tratamiento de 50 mil plantas y la de 80 mil plantas. El tratamiento que respondió mejor fue el testigo de 50,000 mil plantas/ha en función de la variable evaluada, valores de 15.7 para el testigo 50 000, 15 para 80 000 y 15.2 para la densidad de 110 000 plantas, estos resultados similares a los obtenidos por (Luna *et al.*, 2001 y Barroel, 2014).

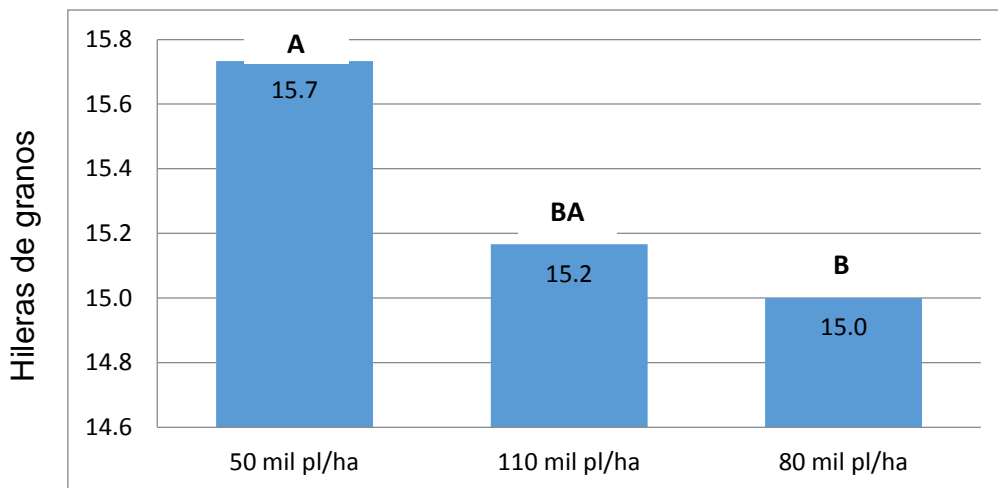


Figura 7. Gráfica de evaluación de números de hileras de grano

4.8. Número de grano por hileras

El número de grano por hilera de los tratamientos evaluados se presenta en la Figura 8. El análisis de varianza realizado para esta variable no detectó diferencias significativas (0.7886) con un coeficiente de variación en los tratamientos de 9.12068 % entre los tratamientos evaluados, con respecto a medias no hubo significativas diferentes, posicionando primero al 32.20 para la densidad de 50 000, 31.03 para 80 000 y para la densidad 110 000 fue de 30.60 obteniéndose como resultado para la obtención de número de granos por hileras. Estos valores fueron similares a los obtenidos por Valenzuela, 2013.

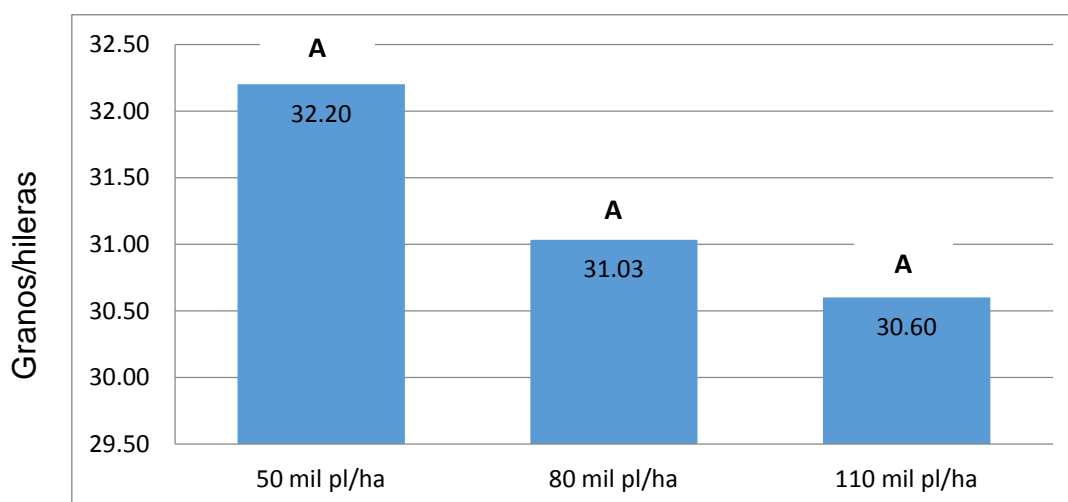


Figura 8. Gráfica de evaluación de números de grano por hileras

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en esta investigación del Maíz Híbrido AN-447 bajo tres tratamientos de densidades de población y una misma dosis de fertilización, las variables en análisis de varianza (ANOVA) en toneladas por hectáreas si hubo diferencia significativa entre los tratamientos y en comparación de medias.

Se concluye que el testigo con 50,000 mil plantas por hectáreas se presentó en primer lugar en las variables de número de hileras de grano, número granos por hileras y en el segundo lugar en diámetro ecuatorial del olote, en el último lugar en altura de plantas y altura de mazorca. La densidad de 80 mil plantas por hectáreas se presentó en primer lugar en diámetro ecuatorial del olote, segundo lugar en altura de planta, número de granos por hileras y en la altura de mazorca, en la última posición en las variables de número de hojas, número de hileras de granos. Mientras que la densidad de 110 mil plantas se posiciono en el primer lugar en las variables: altura de plantas y longitud de mazorca, en el segundo lugar en número de hoja, numero de hileras de granos y en la última posición en las variables de número de granos por hileras.

Para el rendimiento de toneladas por hectáreas el tratamiento 110 mil plantas se posicionó en primer lugar obteniendo el mayor rendimiento en peso de mazorca (18.003 toneladas/ha), peso de olote (3.400 toneladas/ha) y el rendimiento de grano de maíz (12.747 toneladas/ha), esto se debió al incrementar la densidad de población (50 000, 80 000 y 110 000 planas/ha), se incrementó el rendimiento y el número de mazorcas por m². Sin embargo, el número de semillas por mazorca fue mayor con 50 000 plantas/ha y el peso de grano disminuyó con el incremento en la densidad de población. Con un incremento de la población con la fertilización nitrogenada se aumenta el rendimiento.

VI. LITERATURA CITADA

- AGUILAR M. J.A. (1993). Producción de maíz forrajero (*Zea Mayz L –A-773*) bajo diferente población de plantas y láminas de riego. Torreón, Coahuila, México, mayo de 1993.
- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. A., & López-Romero, G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(4), 287-296.
- Bartolini R. 1990. El maíz. Mundi-prensa. 2ª. EDICION, MEXICO, D.F. P. 71, 72, 73 Y 74.
- Bonilla M.N. (2009). Manual de recomendaciones técnicas cultivo de maíz. 1ª. Edición. San José- Costa Rica. Editorial INTA. Pág. 17.
- Castañeda P. 2001. El maíz y su cultivo. Editorial AGTE S.A. Primera edición México, D.F. México. Pág. 248, 256.
- Castillo, L., Velázquez, E., Huitrón, G., & Rosales, V. Combinación de Estrategias Estadísticas para la Selección de Híbridos de Maíz Combination of Statistics Strategies for a Maize Hybrid Selection. XXX *VBBBO NY5*, 20.2008.
- Castro Tuares J.J. 2005. Poblaciones de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el híbrido simple de maíz INIAP h-601 , bajo condiciones de riego. Pág. 19.
- Coss w. 2010, revista industrial del campo. Pág. 44.
- Dardanelli, J. 1994. Perspectivas del riego suplementario en la región semiárida de Córdoba. Seminario Nacional "Situación actual y perspectivas de las áreas regadas en Argentina". INCYTH - Gobierno de Tucumán - INTA Tucumán. Argentina. p. 217-224.
- De la Cruz-Lázaro, E., Córdoba-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. *Universidad y ciencia*, 25(1), 93-98.
- Delorit, R. J. Y H. L. Ahlgren. 1987. Biblioteca de Agricultura. Continental. p: 61 – 84.

- Deras F. H., 2014. Guía Técnica el Cultivo de Maíz. http://www.observatorioredsicta.info/sites/default/files/docpublicaciones/el_salvador_guiatecnica_maiz_2014.pdf
- Domínguez, 1990. El abonado de los cultivos. Editorial mundi.prensa.Mexico, D.F. p. 76 - 84.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W. O. 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje N° 24. Roma. 194 p. Edición. p. 25.
- FAO. 2004 Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030 informe resumido.
- Flores, M. L., Carlos, O. M., Herrera, A. L., Martínez, J. H., Luévano, M. Á. S., Salamanca, J. I. A., & Sánchez, J. R. G. Densidad de plantas en maíces de calidad proteínica en condiciones de riego en Zacatecas, México
Plant densities in quality protein corns in irrigated conditions at Zacatecas, México.
- García L. M. 2006. Aptitud combinatoria de híbridos para la producción de elote en líneas de maíz. Torreón Coahuila. Uaaan. Pg.5, 6.
- García L.S., Bergvinson D.J. 2007. Programación integral para reducir perdidas pos cosecha en maíz. Agricultura técnica en México. V.33. n2. Pag. 15 Pp. 2, 3. 4 y 5.
- García, F. O. (2005). Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Presentado en la Jornada "Maíz.
- Gaytán B. R., Martínez G.M.L., Mayek P.N. 2009. Rendimiento de grano de forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F2, Agricultura técnicas en México. México V.35.n3.Pág. 10.
- 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.
- Amores, F., Mite, F., & Carrillo, M. (1995). Manejo de la Fertilización en maíz duro. INIAP Archivo Histórico.
- Jaime C. B., Galindo L.L. Nordar P.R. 2007. The effect of organic and inorganic fertilization on phytoplanktonic production in Boca Ambuila aquaculture station (Cuba). REDVET. Revista electronic de veterinaria 1695-7504. Cuba. Vol.7.N.10. Pág.6.
- Llanos, M. 1984. El maíz. Editorial mundi prensa. Madrid. 3ª edición. Pag.9 -25

- Loera de la R. A., Castillo de L.H., Sánchez R. F.y Zambrano M.G., 2006. Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados al bajío mexicano. México. Vol. 29 (3): 247 – 254, Pag.2.
- Mariani, G. 1985. Efectos que tiene el nitrógeno y la densidad de plantas sobre el rendimiento de grano y el contenido proteínico y la calidad del maíz híbrido 'Opaco – 2'. Ed. Limosa, México.
- 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.
- MENDOZA, C. C. 2010. Efecto del fraccionamiento del nitrógeno en la productividad del maíz híbrido 'Dekalb DK – 1040' sembrado con dos densidades poblacionales. Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. 78p.
- Monárrez Armendáriz, K. I. (2013). Producción de maíz (*Zea mays* L.) AN-447 a distintas densidades de población con dos fuentes de fertilización orgánica e inorgánica. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L., Torreón, Coahuila, México, Septiembre de 1993.
- 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.
- Musito-Ramírez, N., Vega-Sánchez, M. C., Rodríguez-Valdés, J. G., & Padrón-Corral, E. (2004). Genotipos de maíz tolerantes a salinidad; un estudio preliminar para iniciar un programa de selección. *Revista Agraria-Nueva Epoca-Año I* • Vol, 1(3).
- Nicosia, M.G. y Martin, G.O. (h). 1998. Producción de maíz (Parte III). Algunos aspectos relevantes. *Cát. Forrajes y Cereales*. Fac. De Agronomía y Zootecnia. UNT: Tucumán.

- Noriega González, L. A., Preciado Ortiz, R. E., Andrio Enríquez, E., Terrón Ibarra, A. D., & Covarrubias Prieto, J. (2011). Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz QPM H-374C. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(4), 489-500.
- Ortiz R. I. N., 2008. Determinación de parámetros genéticos en rendimiento con híbridos simples a partir de líneas endogámicas en maíz (*Zea Mays L*) para grano en Aguascalientes, Ags. Tlaxiaco Coahuila, México. UAAAN. Ing. Agrónomo. Pag.4
- Paliwal, L. R., Granados, G. Lafitte. Violic, A. D. 2001. El maíz en los trópicos; los ambientes de cultivo del maíz. Departamento de agricultura. Pp (33).
- Palma Ponce, B. J. (2015). Efecto de la fertilización con NPK sobre el rendimiento de dos híbridos experimentales de maíz (*Zea mays L.*).
- Parsons D.B. 1999. Maíz.4a. Edición. Editorial trillas. México, D.F. Pág. 35,36 Y 37.
- 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.
- Peña Ramos, A., González Castañeda, F., & Robles Escobedo, F. J. (2010). Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(1), 27-35.
- Rengel, M. L. (2004). Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en Maíz (*Zea mays L.*) en Venezuela. *Inform. Agron*, 53, 5-8.
- RIMACHE, A. M. 2008. Cultivo de maíz. Empresa Edith Macro. Primera
- Rivetti, A. R. (2006). Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes. *Revista FCA. UNCuyo*, 38, 25-36.
- Robles, S. R. 1986. Producción de granos y forrajes. 4 a ed. Editorial LIMUSA. México.
- Salgado-García, S., & Núñez-Escobar, R. (2010). Manejo de fertilizantes químicos y orgánico. MundiPrensa, México, SA de CV México, 146. P. 115,116 y 117.

- Sánchez H. M. A., Aguilar M. C. U., Valenzuela J. N., Sánchez H. C, Jiménez R. M. C., Villanueva V. C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22 (2):281-295.
- SNYDER, C.S. 2008. Las mejores prácticas de manejo de los fertilizantes nitrogenados para limitar las pérdidas que contribuyen al calentamiento global. International Plant Nutrition Institute. *Informaciones Agronómicas* N0. 71. Pág.: 1 – 5.
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderon, A., Chimal, N., Arteaga-Escamilla, I., Trejo-Pastor, V., Canales-Islas, E., & Zamudio-González, B. (2012). Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 157-164.
- Torres Arias, L. G. (1994). El cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Programa Regional Agrícola, CORPOICA C.I. La libertad. Pág. 16.
- Valdez G. M., Vallejo D. H. L., Caballero H. F., Manual Técnico del Cultivo de Maíz Apropriado al Estado de Michoacán. Fundación Produce Michoacán. Impresión Láser Comunicación Gráfica.
- Vera M. G. I. 2011. Influencia de la sincronización en la floración y la densidad de siembra sobre la producción y calidad fisiológica de la semilla de maíz híbrido INIAP H-601 en la zona de Quevedo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.
- Wong R. R., Gutiérrez Del Rio E, Palomo G. A, Rodríguez H. S. A, 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. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (2): 181-189.