



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

---

**Evaluación de rendimiento del híbrido TSÍRI PUMA, con  
diferentes densidades de población y dosis de fertilización.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

**MIGUEL ÁNGEL OLVERA MORALES**

ASESORA: Dra. MARGARITA TADEO ROBLEDO  
COASESOR. Dr. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos La Tesis:

Evaluación de rendimiento del híbrido TSIRI PUMA, con diferentes densidades de población y dosis de fertilización.

Que presenta el pasante: MIGUEL ÁNGEL OLVERA MORALES  
Con número de cuenta: 07631585-5 para obtener el Título de: Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 29 de abril de 2016.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Drá. Margarita Tadeo Robledo	
VOCAL	Dr. Jobb Anastacio Zaragoza Esparza	
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier Vega Martínez	
1er SUPLENTE	M.C. Ana María Martínez García	
2do SUPLENTE	M.C. Enrique Inocencio Canales Islas	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).  
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.  
(Art. 127 REP)

09M/2016\*

## DEDICATORIA

A mi padre que siempre salió adelante ante las adversidades y obstáculos que se presentaron en su vida, a mi madre Rufina por haberme dado la vida, dándome ejemplos para ser una persona de bien y honesta que es el único camino del triunfo en la vida, y siempre me ha dado su apoyo y por ese motivo especialmente le dedico este trabajo.

A mis hermanos, a mis abuelos paternos, maternos que tuve la dicha de conocerlos y a toda mi familia que siempre han estado apoyándome en todo momento para seguir adelante en el camino difícil en la vida, nunca se doblegaron ni se rindieron y me dieron fuerzas y ánimos para seguir adelante.

A todas las personas que en mi vida me han dado un consejo y apoyo cuando lo necesite en este duro y difícil camino, a ti Ángel Francisco, Fernando, Arturo y Jesús donde quiera que se encuentren siempre estarán en mi ser y en mi mente.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios le agradezco la vida, por guiarme por un buen camino por no dejarme caer en los momentos difíciles de mi vida y de mi carrera y más por cuidar a toda mi familia.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme ser parte de la mejor universidad y máxima casa de estudios de nuestro país. Gracias por darme la dicha de terminar la carrera de Ingeniero Agrícola.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por abrirme sus puertas por brindarme la oportunidad de pertenecer a la carrera de Ingeniero Agrícola, y darme las herramientas para enfrentar los retos agropecuarios de México y otros países.

Se reconoce el financiamiento del PROYECTO PAPIIT: IT201215. Gracias por los recursos.

Gracias a la Dra. Margarita Tadeo Robledo, por la oportunidad de tomar clases en diferentes materias y por aceptarme en su equipo de trabajo y apoyarme en todo lo posible en la realización del mismo.

Gracias al Dr. Alejandro Espinosa Calderón, por su apoyo a lo largo de todo este proceso muy importante, y experiencia compartida en el Mejoramiento Genético de Maíz.

Gracias al M. C. Enrique Canales Islas, por todo el apoyo para la interpretación de los resultados del presente trabajo.

A los miembros del equipo de trabajo de mejoramiento genético y producción de semillas, por el apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo. Gracias por su tiempo, dedicación, disciplina, constancia y las ganas de trabajar.

Gracias a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Agrícola, que con su cátedra y conocimientos ayudaron a mi formación profesional; Gracias a mis compañeros de la generación 30.

A los miembros del jurado, a la M.C. Ana María Martínez García, al M.C. Enrique Inocencio Canales Islas, al Ingeniero Francisco Javier Vega Martínez, al Dr. Joob Anastacio Zaragoza Esparza, a la Dra. Margarita Tadeo Robledo.

Gracias a todas las personas, con los que desde la infancia han compartido grandes momentos y que me han apoyado moralmente a seguir adelante.

<b>ÍNDICE</b>	i
<b>ÍNDICE DE CUADROS.</b>	li
<b>RESUMEN.</b>	iii
<b>I. INTRODUCCIÓN.</b>	1
1.1 Objetivos	2
1.2 Hipótesis	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.</b>	3
2.1 Generalidades del maíz.	3
2.2. Mejoramiento genético del maíz	5
2.2.1 Concepto de maíz híbrido	5
2.2.2 Producción de maíz híbrido	6
2.3 Tipos de híbridos y variedades	7
2.3.1 Híbridos simples	8
2.3.2 Híbridos trilineales	8
2.3.3. Híbridos dobles	8
2.3.4 Variedades sintéticas	9
2.3.5 Variedades mejoradas	9
2.3.6 Variedades nativas	10
2.3.7 Híbridos no convencionales	10
2.4 Importancia del uso de variedades mejoradas	11
2.5 Fertilización en maíz	12
2.6 Densidad de siembra	22
2.7 Híbrido de maíz Tsíri PUMA	25
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	26
3.1 Caracterización de la zona de estudio	26
3.2 Condiciones edafoclimáticas	26
3.2.1 Clima	26
3.2.2 Suelo	27
3.3 Material genético.	27
3.4 Preparación del terreno.	27
3.5 Siembra y densidad de población	28
3.6 Fertilización	29
3.7 Control de malezas	29
3.8 Aclareo	29
3.9 Diseño experimental	29
3.10 Variables evaluadas	29
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	31
<b>V. CONCLUSIONES</b>	39
<b>VI. LITERATURA CITADA</b>	41

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos de densidades de población y fertilización a evaluarse en el híbrido trilineal de maíz TSÍRI PUMA en el Rancho Almaraz, FESC-UNAM	29
Cuadro 2. Cuadros medios y significancia estadística de diferentes variables evaluadas, en Tratamientos de densidades de población y fertilización, en cruza simples progenitoras e híbridos trilineales comercial de maíz, TSÍRI PUMA, en el rancho Almaraz, FESC UNAM ciclo P.V.	35
Cuadro 3. Rendimiento de las densidades de población de 55000, 70000 y 85000, plantas por hectárea del híbrido de maíz Tsíri PUMA.	36
Cuadro 4. Comparación de medias de las densidades de población de 55000, 70000 y 85000, plantas por hectárea del híbrido de maíz Tsíri PUMA.	37
Cuadro 5. Comparación de medias de las densidades de población de 55000, 70000 y 85000, plantas por hectárea del híbrido de maíz Tsíri PUMA.	37
Cuadro 6. Comparación de medias de las dosis de fertilización para las variables rendimiento, flores masculinas, flores femeninas, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas, mazorcas malas.	38
Cuadro 7. Comparación de medias de las dosis de fertilización para diferentes variables evaluadas.	38
Cuadro 8. Comparación de medias de diferentes variables evaluadas en la diferentes dosis de fertilización para el híbrido de maíz Tsíri PUMA	39



## RESUMEN

Durante el año 2014, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM) logró el registro ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del nuevo híbrido de maíz TSÍRI PUMA, el cual se promueve para que haya semilla de este material y sea transferido a los agricultores interesados. Para este híbrido es necesario desarrollar elementos importantes de su manejo agronómico (densidad de población y fertilización), como parte de la tecnología de producción de grano que permita lograr niveles óptimos de rendimiento. La importancia de un nuevo híbrido como TSÍRI PUMA radica en que a través de él, se puede explotar al máximo las condiciones ambientales disponibles y aprovechar el resto de insumos que participan en el proceso de producción. Dado que a la semilla se le otorga frecuentemente 60% de influencia en la responsabilidad final de la producción de una parcela, lo cual indica que este insumo es pilar fundamental para lograr buena producción. Por ello el definir la densidad de población y fertilización adecuada, permite explotar las ventajas de este híbrido. Los costos de producción de mayor consideración en maíz son fertilizantes químicos, agua de riego y control de plagas. Por lo anterior, es necesario determinar, aspectos relacionados con la densidad de población y tratamientos fertilizantes, para producción de grano. En este trabajo se tuvo como objetivo: Definir la influencia de tres diferentes densidades de población y dos tratamientos fertilizantes y el testigo sin fertilizar sobre la productividad de grano del híbrido de maíz TSÍRI PUMA. Probándose como hipótesis 1.-Diferentes densidades de población y tratamientos de fertilización son factores del manejo agronómico que influyen en el rendimiento del híbrido de maíz TSÍRI PUMA.; 2.-Hay una densidad de población bajo la cual se obtienen mejores rendimientos de grano del híbrido de maíz TSÍRI PUMA.; 3.- Bajo tratamiento de fertilización se obtiene mayor rendimiento de grano que bajo el testigo sin fertilizar. Con base a los resultados, así como a la discusión y a los objetivos planteados y de acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló esta investigación se concluye lo siguiente: 1.- En el híbrido Tsiri de Maíz no se presentaron diferencias estadísticas entre las densidades de población estudiadas, las densidades de población con mejores rendimientos numéricos

de grano fueron 70 000 plantas por hectárea, y de 55 000 plantas por hectárea, con una media de 9616 kg ha<sup>-1</sup>, y de 9317 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No así 85 000 plantas por hectárea, por lo que sería positivo utilizar la densidad de población de 55 000 plantas por hectárea, pues con esta densidad se emplea menor cantidad de semilla, en este nivel de densidad de población las plantas expresan fenotípicamente un buen potencial productivo (rendimiento). 2.- Al no tener una respuesta satisfactoria para el rendimiento de grano en las dosis de fertilización, debido a que el maíz Tsíri PUMA no tuvo un incremento significativo en el rendimiento al aplicarle fertilizantes, es necesario hacer un estudio del suelo para conocer las deficiencias nutrimentales del mismo, y al momento de fertilizar, hacerlo con la dosis adecuada.

3.- Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo esta investigación, la productividad en el rendimiento de grano de maíz del híbrido TSÍRI PUMA fue satisfactoria para su producción de manera comercial. Y es necesario seguir haciendo evaluaciones de su rendimiento de grano en diferentes condiciones diferentes a las probadas en esta investigación, como fueron las diferentes densidades de población y dosis de fertilización.; 4.- Conviene tener en cuenta el manejo agronómico que se debe dar a la densidad de población y fertilización aparte de riego y otras labores que se debe dar al cultivo del híbrido de maíz TSÍRI PUMA para un rendimiento óptimo.; 5.- Los niveles de rendimiento en este trabajo, permiten recomendar a productores el uso, de la semilla del híbrido de maíz TSÍRI PUMA inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV).

## I. INTRODUCCIÓN.

El maíz es el alimento fundamental para México y los mexicanos, por la superficie de siembra (8.5 millones de hectáreas) y el consumo por persona, por año (120 kg), es el alimento básico. Fue domesticado hace alrededor de 8000 años y gracias a la intervención del hombre, con la participación de más de 330 generaciones de diversas etnias mexicanas, este cultivo ha encontrado las condiciones propicias para nacer, crecer y desarrollarse, se considera una proeza inventiva, lo que lograron los mexicanos con el mejoramiento del maíz hasta la situación actual (Espinosa et al., 2012).

Por su importancia en la alimentación y cultura del pueblo mexicano, y dadas las características de esta planta; el mejoramiento genético de la misma ha avanzado desde hace poco más de un siglo a nivel mundial y por ende a nivel nacional, el mejoramiento está dirigido a la obtención de semillas que posean mejor rendimiento, resistencia a distintos factores ambientales y resistencia a enfermedades y plagas insectiles, de tal forma que las nuevas variedades mejoradas posean ventajas relevantes, con referencia a las que precedieron, para que las nuevas variedades expresen buena productividad y desempeño agronómico. Adicionalmente, se requiere de información tecnológica, de manejo agronómico que permita obtener el máximo rendimiento de las nuevas variedades e híbridos, de tal manera que los productores logren ventajas con un nuevo material al utilizar semilla de buena calidad. De esta manera la labor de los fitomejoradores, se cristaliza en manos de los usuarios como son los productores de maíz (Tadeo, 2015).

Durante el año 2014, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM) logró el registro ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del nuevo híbrido de maíz TSÍRI PUMA, el cual se promueve para que haya semilla de este material y sea transferido a los agricultores interesados. Para este híbrido es necesario desarrollar elementos importantes de su manejo agronómico (densidad de población y fertilización), como parte de la tecnología de producción de grano que permita lograr niveles

óptimos de rendimiento (Tadeo et al., 2012; Tadeo et al., 2014; Tadeo, 2015; Tadeo et al., 2016).

La importancia de un nuevo híbrido como TSÍRI PUMA radica en que a través de él, se puede explotar al máximo las condiciones ambientales disponibles y aprovechar el resto de insumos que participan en el proceso de producción. Dado que a la semilla se le otorga frecuentemente 60% de influencia en la responsabilidad final de la producción de una parcela, lo cual indica que este insumo es pilar fundamental para lograr buena producción. Por ello el definir la densidad de población y fertilización adecuada, permite explotar las ventajas de este híbrido (Tadeo et al., 2014; Tadeo, 2015; Tadeo et al., 2016).

Los costos de producción de mayor consideración en maíz son fertilizantes químicos, agua de riego y control de plagas. Por lo anterior, es necesario determinar, aspectos relacionados con la densidad de población y tratamientos fertilizantes, para producción de grano.

### **1.1 Objetivo.**

Definir la influencia de tres diferentes densidades de población y dos tratamientos fertilizantes y el testigo sin fertilizar sobre la productividad de grano del híbrido de maíz TSÍRI PUMA.

### **1.2 Hipótesis.**

1.-Diferentes densidades de población y tratamientos de fertilización son factores del manejo agronómico que influyen en el rendimiento del híbrido de maíz TSÍRI PUMA.

2.-Hay una densidad de población bajo la cual se obtienen mejores rendimientos de grano del híbrido de maíz TSÍRI PUMA.

3.- Bajo tratamiento de fertilización se obtiene mayor rendimiento de grano que bajo el testigo sin fertilizar.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 Generalidades del maíz.

El maíz es el alimento fundamental para México y los mexicanos, por la superficie de siembra (8 millones de hectáreas) y el consumo por persona (120 kg), es el alimento básico. Fue domesticado hace alrededor de 8000 años y gracias a la intervención del hombre, con la participación de más de 330 generaciones de diversas etnias mexicanas, este cultivo ha encontrado las condiciones propicias para nacer, crecer y desarrollarse, se considera una proeza inventiva, lo que lograron los mexicanos con el mejoramiento del maíz hasta la situación actual (Espinosa et al., 2012).

El grano posee diversas intensidades de colores: blanco, amarillo, rojo, azul, morado, púrpura, negro, variegado y pinto; una de sus principales ventajas es la amplia plasticidad de adaptación, apenas igualada por el frijol.

El cultivo tiene una importancia en todos los órdenes de la vida humana, científica, tecnológica, social, económica y política. Su domesticación influyó de manera determinante en el desarrollo de las culturas, las conquistas y colonizaciones americanas. Por su gran diversidad de variedades de usos, la planta, grano o cultivo ha sido denominada con diversos nombres.

Hasta el momento no se sabe con precisión la época y el lugar exacto de la aparición del maíz. Al respecto hay varias teorías. La historia de la humanidad se estima en tres millones de años; la aparición del hombre en América data de 12 a 15 mil años y el inicio de la agricultura se cita en varios textos, que ocurrió hace 10 mil años, cuando los españoles llegaron a América en 1492 y a México en 1521, el maíz ya tenía varios siglos de cultivo y ya se tenía una “cultura” muy desarrollada del maíz (Reyes, 1990).

El maíz puede dividirse en varios grupos que difieren en el carácter de la semilla. Estos son el dentado, el cristalino, dulce, harinoso, reventón, ceroso y tunicado. Estos grupos son una clasificación artificial que no es indicativa de relaciones naturales. El dentado es el tipo de maíz caracterizado por tener una depresión o “diente” en la corona de la semilla. (Jugenheimer, 1981)

Los granos del maíz cristalino, generalmente son duros, lisos y contienen poco almidón suave; sin embargo, las cantidades relativas de almidón suave y corneo varían en diferentes variedades. (Jugenheimer, 1981).

El maíz dulce se caracteriza por una apariencia traslúcida y cornea cuando está inmaduro y por una condición vítrea cuando está seco. El maíz harinoso está compuesto en gran parte de almidón suave y tiene pocos dientes o ninguno se cultiva en las partes más secas de Estados Unidos. (Jugenheimer, 1981).

En el año de 1943 se colectaron variedades nativas de maíz en México, Perú, Bolivia, Brasil, Guatemala, y demás países de centro y Sudamérica, por científicos de la Fundación Rockefeller, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y la Secretaría de Agricultura de México. Las variedades locales procedentes de dicha área geográfica presentaban las mismas características morfológicas, genéticas y citológicas, estas se agruparon en razas más o menos distintas. Muchas de las colecciones originales se perdieron ya que en ese tiempo no se contaba con instalaciones de almacenamiento adecuadamente equipadas con una ubicación geográfica central. Hasta el momento se han realizado nuevas colectas y se han adquirido más de 13000 materiales genéticos almacenándolos en modernas instalaciones que cuenta el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en México; así como en Colombia, Perú y el Laboratorio Nacional de Almacenamiento de Semillas (National Seed Storage Laboratory) de Fort Collins, Colorado, se almacenan adquisiciones idénticas. (Poehlman, 2003).

## 2.2. Mejoramiento del maíz.

Los grandes logros en el mejoramiento de plantas han tenido como base la explotación comercial de los hechos biológicos: la endogamia y la heterosis. (Reyes, 1990).

El maíz híbrido según Clure, (1990), citado por Martínez (1994), es la contribución más importante que el mejoramiento genético ha hecho a la producción de alimentos en el siglo XX. (Martínez, 1994).

La hibridación es un método de mejoramiento genético que utiliza la polinización cruzada, entre progenitores genéticamente distintos, con el propósito de obtener recombinación genética. Después de llevarse a cabo la polinización cruzada, se cultivan generaciones segregantes y se seleccionan líneas puras, una vez que se ha alcanzado la homocigocidad. El propósito es identificar y seleccionar líneas que combinen genes deseables provenientes de ambos progenitores. (Poehlman, 2003).

Las líneas seleccionadas se evalúan mediante pruebas de progenie para verificar la presencia de una combinación de genes deseables. Las líneas que demuestren ser superiores pueden multiplicarse como un nuevo cultivar. (Poehlman, 2003).

Aparte de combinar genes que determinan caracteres visibles de los progenitores, es posible seleccionar plantas de las progenies segregantes que caen fuera de los límites de los progenitores. Las plantas que caen fuera del intervalo de los progenitores se conocen como segregados transgresivos. (Poehlman, 2003).

### 2.2.1 Concepto de maíz híbrido.

Un maíz híbrido es el resultado de la cruce de dos líneas (A X B), las cuales generalmente se obtienen mediante autofecundaciones, lo que hace que las plantas dentro de cada línea sean

muy uniformes y emparentadas entre sí por la endogamia provocada (homocigosis). (Tadeo, 2015)

### 2.2.2 Producción de maíz híbrido.

La producción de maíz híbrido involucra: la obtención de líneas autofecundadas por autopolinización controlada, la determinación de cuáles de las líneas autofecundadas pueden combinarse en cruas progresivas y la utilización comercial de las cruas para la producción de semilla. (Poehlman, 2003).

La semilla de maíz híbrido se obtiene del cruzamiento de dos progenitores (parentales) uno que hace la función de polinizador (planta macho) y el otro de receptor del polen y productor de semilla planta (hembra); en este último, antes de la floración debe ser eliminada la inflorescencia masculina (espiga o panoja), para evitar que tire polen y contamine a las plantas hembra, porque una sola espiga puede fecundar varias plantas. (Tadeo, 2015).

El vigor híbrido es el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores. Shull propuso otro término, para denotar el estímulo del tamaño y el vigor en un híbrido como expresión del vigor híbrido. Ambos términos son sinónimos y se pueden usar indistintamente (Poehlman, 2003). Es un término producto de la contracción de “estímulo de la heterocigosis” (Jugenheimer, 1981).

La heterosis tiene por consecuencia el estímulo general de toda la planta híbrida dando como resultado el incremento en rendimiento, madurez precoz, mayor resistencia a enfermedades e insectos, plantas más altas, incremento en el número de partes de la planta o de otras características tanto externas e internas. (Jugenheimer, 1981).

La heterosis produce un estímulo general en la progenie o en el híbrido y afecta las variedades de diferentes maneras. En general se manifiesta en:



- Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
- Madurez más temprana.
- Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
- Plantas más altas.
- Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
- Incremento de algunas características internas de la planta.

El vigor híbrido es generalmente mayor después de los cruzamientos entre los diversos genotipos de una especie de polinización cruzada, pero también podría manifestarse después de los cruzamientos entre los diversos genotipos de una especie autógama. Vigor híbrido es sinónimo de heterosis y se pueden usar indistintamente para denotar el vigor en un híbrido. (Reyes, 1990; Márquez, 2009).

### 2.3 Tipos de híbridos y variedades.

Dentro de los híbridos de maíz existen diferentes tipos los cuales son: híbridos simples, híbridos trilineales, híbridos dobles e híbridos no convencionales, así como de variedades ejemplos son: variedades sintéticas, variedades mejoradas, variedades criollas. (Márquez, 2009)

#### 2.3.1 Híbridos simples.

Los híbridos de cruce simple se forman mediante la unión de dos líneas autofecundadas. El progenitor masculino debe ser una línea buena productora de polen y el progenitor femenino sea buena productora de semilla. Una cruce simple es la descendencia híbrida de dos líneas autofecundadas. ((Poehlman, 2003).

La cruce simple recupera el vigor que se perdió durante el proceso de autofecundación y será más vigorosa y productiva que la variedad progenitora original de polinización libre, de la que se obtuvieron las líneas autofecundadas, sus características son: (Poehlman, 2003).

- Mayor potencial productivo de grano que el resto de tipos de variedades
- Son específicos para zonas con riego completo o bien, con condiciones excelentes en fertilización, manejo tecnológico y ambiente.
- Alta uniformidad de altura de planta y mazorca
- Se facilita la cosecha mecánica
- Escasa productividad de semilla, por lo que el precio de la semilla es alto
- Se requiere comprar la semilla cada año

### 2.3.2 Híbridos trilineales.

Un híbrido tres vías es el resultado del cruzamiento de un híbrido simple, como parental femenino, y una línea consanguínea como macho. Tiene la ventaja del menor costo de la semilla. Sus características son intermedias entre híbridos simples y dobles.

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos simples
- Mayor potencial productivo de grano que los híbridos dobles
- Responden bien para zonas con punta de riego, humedad residual y buen temporal
- Muy buena productividad de semilla
- Buena uniformidad de altura de planta y mazorca
- Se requiere adquirir la semilla cada año o ciclo agrícola
- Facilidad para producción de semilla y control de calidad

### 2.3.3 Híbridos dobles.

Un híbrido doble se obtiene del cruzamiento entre 2 híbridos simples. Por tanto en su composición intervienen cuatro líneas puras diferentes. La semilla del híbrido doble es más barata que la del híbrido simple, ya que se obtiene sobre las plantas de híbridos simples con alto rendimiento y muy vigorosas.

- Menor potencial productivo de grano que los híbridos trilineales

- Mayor potencial productivo de grano que híbridos varietales
- Específicos para zonas de temporal, y condiciones desfavorables
- Buena productividad de semilla de ambos progenitores
- Regular uniformidad del híbrido final
- Difícil control de la calidad genética en producción de semillas
- La cosecha es manual
- La compra de semilla es cada ciclo

#### 2.3.4 Variedades sintéticas.

Se denomina variedad sintética a la generación avanzada que procede de semilla obtenida por polinización libre entre varios genotipos de una especie vegetal. Estos genotipos pueden ser líneas consanguíneas, clones o poblaciones seleccionadas por diferentes procesos de mejora, (híbridos).

- Expresan menor potencial productivo de grano que los híbridos varietales
- Poseen mayor potencial productivo de grano que las variedades mejoradas
- Especial para zonas de temporal deficiente, con condiciones de lluvia y ambiente desfavorables; recomendables para zonas de mediana productividad así como de tierras marginales
- Baja uniformidad de altura de planta y mazorca
- La cosecha es manual
- La semilla se puede obtener de la propia parcela por 4 o 5 generaciones
- Facilidad para producción de semilla, ya que es un solo lote aislado

#### 2.3.5 Variedades mejoradas.

Grupo de plantas uniformes con características bien definidas y que reúne la condición de ser diferente a otras, estable y uniforme en sus características, generalmente tiene mayor rendimiento que las variedades que le antecedieron

- Poseen menor potencial productivo de grano que las variedades sintéticas
- Mayor potencial productivo de grano que las variedades criollas
- Especial para zonas de temporal deficiente, es decir, en las provincias de tierras marginales
- Poseen de mediana a escasa productividad
- Baja uniformidad de altura de planta, mazorca y tamaño de mazorca
- La cosecha se realiza en forma manual
- La semilla para siembra se obtiene de la propia parcela

#### 2.3.6 Variedades nativas.

Es una variedad local producida a través del tiempo mediante la selección que hacen los mismos agricultores.

- Poseen limitado potencial productivo de grano
- Específicos para temporal deficiente o con problemas de falta de humedad, específicos en provincias de baja productividad así como en tierras marginales
- Poseen baja uniformidad de altura de planta y mazorca
- La cosecha debe efectuarse de forma manual
- La semilla se obtiene de la propia parcela
- Presenta facilidad para producción de semilla ya que implica un solo lote aislado

#### 2.3.7 Híbridos no convencionales.

Se obtiene de la combinación de: a) variedad X línea (mestizos), b) híbrido simple X variedad, c) variedad X híbrido simple, d) híbridos o variedades estabilizadas y, e) híbrido X híbrido

- Mayor potencial productivo de grano que las variedades sintéticas e híbridos varietales
- Responden bien en provincias de buen potencial productivo
- Presentan baja uniformidad de altura de planta, mazorca y tamaño de mazorca
- Se requiere adquirir semilla nueva, pero no es restrictiva esta condición
- La productividad de semilla es buena porque se obtiene de cruce simple o variedad

#### 2.4 Importancia del uso de variedades mejoradas.

A pesar de ser un país eminentemente maicero, y el hecho de que este cereal es originario de México, se utiliza poco la semilla mejorada. Si bien existen diferentes elementos que propician este uso de semilla, también es cierto que este hecho tiene una repercusión directa en la producción y productividad del maíz en México, razón por la cual se requiere importar anualmente de 6.0 hasta 10.0 millones de toneladas (Tadeo y Espinosa, 2008), salvo el periodo de 1990 a 1993, en el cual alcanzo la autosuficiencia de este grano. Sin embargo lejos de mantenerse la soberanía alimentaria, la dependencia en maíz se eleva, representando un grave problema, por todas las implicaciones y repercusiones que ocasiona, lo que incluye el riesgo grave que como país, representa el hecho de ser dependiente en la alimentación y economía en el cultivo y grano más importante.

El mejoramiento del maíz es un proceso continuo y constante en la formación de híbridos y variedades para uso comercial. El uso de semilla mejorada es un elemento clave en muchos países de desarrollo, para alcanzar niveles competitivos en la producción. En México, el uso de semilla mejorada de maíz es aún muy bajo (26 %), pero no sólo eso, más grave aún, es que en un porcentaje muy elevado, se ha monopolizado el comercio de semillas de maíz, por grandes consorcios transnacionales, lo que se fortaleció con el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), cancelándose prácticamente las opciones para que llegué semilla nacional

a los productores de maíz, a menos que urgentemente se promuevan alternativas que equilibren el desmesurado control del comercio de semillas por las empresas transnacionales (Turrent et al., 2006).

## 2.5 Fertilización en maíz.

Las grandes empresas que multiplican semillas, generan su propia tecnología para incrementar semilla con eficiencia, esto incluye el manejo agronómico (densidades de población y fertilización), por su parte la investigación pública, como es el INIFAP, así como las universidades, deben desarrollar su propia tecnología para las variedades mejoradas que se generan y liberan comercialmente. Esta información es útil para el productor de grano y semilla, que debe elegir el fertilizante y su método de aplicación que más se adopte a sus posibilidades, sin embargo es conveniente apegarse a las recomendaciones regionales para las fuentes de cada elemento, ya que estas consideran el clima y tipo de suelo.

Los factores que determinan altos rendimientos son: clima, lluvia total y distribución a través del ciclo agrícola e intensidad, temperatura (cantidad total de calor, distribución, periodo de heladas y temperaturas del suelo), suelo (profundidad, clase de componentes del suelo que rodean a las raíces, estructura, textura, color, antecedentes de cultivos, cultivo inmediato anterior), técnicas de cultivo (densidad de siembra, distancia entre surcos, labores del suelo, fechas de siembra, variedades sembradas), y agricultor (experiencia, capacidad de administración, recursos disponibles y conocimientos de agronomía).

Se entiende por abono o fertilizante, todo el material que se agrega al suelo para conservar o aumentar su fertilidad. Se clasifican en abonos orgánicos y en abonos inorgánicos o minerales o comercialmente llamados químicos o fertilizantes.

La fertilidad del suelo es la capacidad que tiene este para producir plantas sanas, robustas, lozanas y productivas de grano y/o forraje. La fertilidad puede ser natural o inducida mediante el

manejo apropiado del suelo y la aplicación de fertilizantes orgánicos o inorgánicos que conserven permanentemente la fertilidad del suelo.

La fertilidad natural se agota, afortunadamente la química agrícola aplicada ha desarrollado técnicas para conservar y mejorar la fertilidad de suelos manteniendo la alta producción, mediante la aplicación fertilizantes orgánicos e inorgánicos, que restituyan al suelo los nutrientes que las cosechas extraen cada ciclo agrícola.

El diagnóstico y la corrección de los problemas nutrimentales del maíz son parte de un conjunto de conocimiento agronómico que contribuye al éxito de la producción de este importante cereal para la nutrición del pueblo de México y como alimento para el ganado.

Todas las plantas requieren de 16 elementos químicos para vivir, ellas fabrican con estos los compuestos orgánicos e inorgánicos que hacen posible que las plantas crezcan, se desarrollen y produzcan un rendimiento económico.

Los elementos esenciales se dividen en función de la cantidad relativa en que son requeridos por las plantas. Así se llama macronutrientes a los demandados en mayor proporción y micronutrientes a los requeridos en cantidades pequeñas.

1. Nutrientes primarios
2. N P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. se denominan los tres grandes porque el suelo no puede suministrarlos en las cantidades altas que necesita el maíz para desarrollar y producir altos rendimientos. Se conocen también como nutrientes principales; se obtienen de los sólidos del suelo o se suministran en grandes cantidades en los fertilizantes o abonos comerciales.
3. Elementos que abundan y que la planta los toma del aire y del agua:
4. C, H, O. no son problema en la fertilización.
5. Nutrientes secundarios

6. Ca, Mg, S. las plantas también los necesitan en cantidades altas pero raramente son problema por escasez. Son tomados de los sólidos del suelo,
7. 4. Micronutrientes
8. Bo, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Cl. elementos que la planta requiere en pequeñas cantidades.

Dada la cantidad usada de los tres elementos N, P, K, se describen sus funciones e importancia.

## NITRÓGENO

Su importancia en la agricultura se manifiesta por los siguientes hechos:

- a) Es un elemento esencial en la nutrición de las plantas.
- b) Los compuestos que lo contienen en forma asimilable, regularmente se encuentran en muy pequeñas cantidades.
- c) Es el nutriente que más se emplea en la fertilización.
- d) De todos los fertilizantes comerciales, siempre ha sido el más caro.
- e) Sus compuestos asimilables son muy fugaces, invariablemente cambian a formas no asimilables por la planta.

En la planta del maíz, tiene estas funciones:

1. Alto efecto en el desarrollo foliar.
2. Retarda la floración y maduración de los frutos.
3. Está íntimamente relacionado con el color verde de la planta.
4. Regula el crecimiento de las plantas.
5. Influye en la formación de frutos.
6. Es importante en la sanidad de la planta.
7. Influye en el peso y volumen de la planta.

El Nitrógeno es un componente fundamental de: proteínas, aminoácidos, clorofilas, ácidos nucleicos, hormonas, vitaminas y alcaloides.



Se considera al N el elemento determinante del rendimiento.

Síntomas de deficiencia.

La inanición nitrogenada se manifiesta por los síntomas generales que a continuación se enumeran.

- a) Menor crecimiento (de tallo y raíces), brotes cortos y delgados.
- b) Plantas débiles susceptibles al acame o vuelco, al ataque de plagas, enfermedades y condiciones del medio, frío o sequía.
- c) Amarillamiento o clorosis de intensidad variable (verde amarillento, verde pálido, coloraciones de hojas anaranjadas, rojo y púrpura).
- d) Las hojas se secan de la punta hacia el tallo, tomando un aspecto de hoja chamuscada.
- e) Antes de madurez y estando las plantas verdes, en su mitad superior, las hojas inferiores se muestran amarillas o se secan totalmente (el maíz se foguea o muestra hojas fogueadas).
- f) En una aguda clorosis, los tejidos muestran necrosis y hay defoliación.

La corrección se logra con adición de abonos verdes y/o comerciales como nitrato de calcio o de amonio, urea, sulfato de amonio y amoniaco anhidro.

## FÓSFORO

El fósforo se encuentra en el suelo en forma orgánica e inorgánica y es otro de los elementos indispensables en la nutrición de las plantas. La disponibilidad para la asimilación depende de la reacción del suelo (en suelos con pH alcalino se insolubiliza), de la temperatura, tipos de arcillas, materia orgánica y presencia de los hidróxidos en el suelo. Las plantas pueden tomarlo en forma de un compuesto llamado anhídrido fosfórico, comercialmente conocido impropriamente, como ácido fosfórico, y su valor se expresa en función del fosforo disponible soluble en solución de citrato de amonio y calculado como  $P_2 O_5$  (pentóxido de fósforo).

Funciones en la planta:

Interviene en la formación de las núcleo-proteínas y ácidos nucleicos y fosfolípidos, y tiene importancia vital en:

- a) División celular.
- b) Respiración y fotosíntesis.
- c) Síntesis de azúcares, grasas y proteínas.
- d) Acumulación de energía (en los compuestos ADP, adenosina difosfato, ATP, adenosina trifosfato, NADP, neftalina adenina difosfato), en los fenómenos de fosfolización.
- e) Regulación del pH de las células (sus ácidos y sus sales de metal fuerte, forman soluciones Buffer, que regulan el pH de las soluciones celulares).
- f) La presencia del fósforo es determinante en la germinación de las semillas, el metabolismo de las plántulas, la maduración de frutos y semillas, y desarrollo radicular. Por lo anterior, su presencia en el suelo es necesaria para acelerar la germinación y maduración del grano, producción del grano y formación del protoplasma celular y favorecer el desarrollo del tallo y raíces.

Síntomas de deficiencia:

La inanición fosfórica se manifiesta por los síntomas generales siguientes:

- a) Crecimiento y desarrollo lento de la planta.
- b) Maduración tardada de la planta y retraso de floración y fructificación.
- c) Baja producción de grano (peso y tamaño chico del grano).
- d) Hojas de tinte púrpura debido a la formación de antocianinas y reacción del contenido de clorofila. La coloración roja, morada o purpura de las hojas se manifiesta de las puntas hacia el tallo, y de los bordes hacia la nervadura central. (Temperaturas bajas en estado de plántula, la coloración púrpura es muy notable).
- e) Las mazorcas manifiestan mala fecundación e irregular y deformadas.

Corrección. Aplicación de superfosfatos

POTASIO:

El potasio (K<sup>+</sup>). Es el único macronutriente que no forma compuestos estructurales en las plantas. No obstante, a pesar de esto, es absorbido en cantidades relativamente mucho más elevadas que las de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, considerados individualmente.

Es absorbido por las plantas, ya sea:

- a) De la solución del suelo, o
- b) Del complejo absorbente.

Su absorción es además, afectada por las concentraciones relativas de Ca y Mg en el suelo.

Funciones en la planta. Participa en complejos enzimáticos de síntesis como son:

- 1) La síntesis de azúcar y almidón.
- 2) La traslocación del azúcar.
- 3) La síntesis de proteínas.
- 4) Interviene en la fosforilación oxidativa y en la estimulación enzimática.
- 5) Regula las condiciones hídricas de las células, atenuando la transpiración.
- 6) Estimula la fotosíntesis, especialmente en condiciones de baja intensidad lumínica.

Síntomas de deficiencias:

- 1) Los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento.
- 2) Los frutos y semillas reducen tamaño y calidad por una deficiencia en la síntesis.
- 3) Las hojas tienden a enrollarse; amarillean los márgenes y luego se necrosan, las manchas avanzan hacia el centro de la hoja tornándose marrones, los síntomas aparecen primero en las hojas inferiores y luego en las superiores, producto de su alta movilidad.

Corrección: Sales de potasio, como son K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y K Cl.

El aspecto más complejo en el diseño de un plan de manejo nutricional de una siembra de maíz es determinar la dosis de fertilizante que se debe aplicar. Existen dos enfoques que se pueden seguir. Uno basado en experimentos previos de respuestas conducidos en condiciones variadas

pasadas y otro en el cual se emplean conocimientos agronómicos, botánicos y fisiológicos para acercarse a la respuesta deseada. En términos ideales la dosis de fertilización debería establecerse para cada parcela en particular; sin embargo, la tecnología disponible actualmente en México solo permite hacer recomendaciones para aéreas relativamente homogéneas llamadas agroecosistemas, los cuales se comportan en forma similares en cuanto a la respuesta que experimenta el cultivo del maíz a la aplicación de fertilizante. A partir de esas dosis generales los técnicos pueden realizar ajustes a la recomendación de fertilización en función del conocimiento específico que se tiene de los rendimientos esperados, del manejo de la unidad productiva y de las capacidades técnicas y económicas del productor.

Extrapolación de recomendaciones.

La extrapolación de recomendaciones es la metodología más general y, por consiguiente, la menos precisa. Consiste en hacer un análisis de la información generada para circunstancias similares a la del lugar donde se desea aplicar fertilizantes y seleccionar aquellas recomendaciones de fertilización de maíz que la práctica agronómica y el sentido común juzguen con mayor posibilidad de éxito. El empleo de esta metodología se justifica cuando urge hacer recomendaciones y no se cuenta con ninguna información local o ésta es escasa. Dichas recomendaciones deben ser empleadas con reserva, con carácter crítico y ajustadas a las condiciones que prevalecen en la zona y tienen una vigencia temporal mientras se genere información en la región. Este procedimiento es muy crudo y se empleó hace muchos años en México cuando se inició la aplicación de fertilizantes al cultivo de maíz y se carecía de información generada localmente.

Recomendación media regional.

La recomendación media regional se obtiene a partir del promedio de cierto número de experimentos realizados en una región. Este es un criterio ampliamente usado en México. Muchas de las recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para una región determinada del país han sido generadas con este procedimiento. En algunos casos específicos estas recomendaciones han sido generadas para

agrosistemas particulares. El problema fundamental de este criterio es que la dosis que se recomienda no necesariamente proviene de resultados experimentales obtenidos en suelos, climas y manejos similares al lugar de la siembra. En el segundo de los casos (recomendaciones por agrosistemas) la condición de suelo y clima serán similares, pero el historial de manejo no necesariamente será el mismo. Esto último tiene influencia preferentemente, en el efecto residual de los fertilizantes aplicados con posterioridad al año en que se hizo el experimento, que modifican la disponibilidad (y por ende la respuesta a los fertilizantes) y la oportunidad en que se hará la aplicación de fertilizantes (generalmente con varios años de diferencia), (Turrent, 1979)

La generación de esta recomendación puede ser relativamente rápida y económica de obtener, aspectos que son importantes cuando se necesita dar una respuesta inmediata a los productores y cuando los recursos para la investigación son escasos; sin embargo, como ya se señaló, ésta no considera las variaciones de los factores de clima, suelo y manejo presentes en una región, que dan lugar a variaciones en las respuestas de cultivo a los factores tecnológicos de la producción y, consecuentemente, de la recomendación. De acuerdo con esto, la recomendación media regional. Suele ser imprecisa y lo será más cuanto mayor sea la variación de los factores del suelo, clima y manejo dentro de la región, y para aquellos factores cuya respuesta del cultivo sea más sensible a estas variaciones. Por tanto, la metodología de la recomendación media regional sólo puede ser apropiada en aquellas situaciones de menor variación de los factores de suelo, clima y manejo, o donde el efecto de ésta sobre la respuesta del cultivo a los factores tecnológicos sea bajo.

Recomendaciones específicas para agrosistemas:

Las recomendaciones específicas para agrosistemas parten de reconocer que la variación de los factores de suelo, clima y manejo que existen normalmente en una región, y que modifican la respuesta del cultivo a los factores tecnológicos; puede ser estratificada en unidades relativamente homogéneas denominadas agrosistemas, dentro de las cuales las respuestas del cultivo a los factores tecnológicos son similares, lo que en consecuencia puede dar una

recomendación única. Aunque dentro del agrosistema se admite cierta variación de los factores de suelo, clima y manejo, ésta es, desde luego, menor que la observada a nivel regional, por lo que las recomendaciones específicas para agrosistemas son más precisas que la recomendación media regional, (Turrent, 1979).

La generación de recomendaciones para los agrosistemas se hace a partir de cierto número de experimentos que se realizan dentro de éstos. Si en una región se tiene más de un agrosistema, resulta obvio que el número de experimentos requeridos será mayor que para obtener una recomendación media regional y, en consecuencia, sus costos de generación también serán mayores. Ante las restricciones de recursos para investigación, esta metodología implica serias limitaciones para generar recomendaciones específicas por agrosistemas como los de maíz.

El INIFAP cuenta con recomendaciones de fertilización para maíz, prácticamente para toda la República Mexicana, generadas con la metodología de agrosistemas. Oficialmente este organismo es el responsable de realizar investigaciones tendientes a dar respuesta a la interrogante de la cantidad de fertilizante que se debe aplicar a una unidad de producción de maíz en los distintos Estados.

Funciones generalizadas de producción.

Las recomendaciones con la metodología de funciones generalizadas de producción se pueden obtener a nivel de parcela individual, a partir de una función de producción previamente determinada para una región. Ésta se genera, como en el caso de la metodología de agrosistemas, con base en experimentación de campo que permite medir la respuesta del cultivo a los factores tecnológicos; en México se han generado algunas funciones de producción, pero prácticamente no se usan.

Recomendaciones basadas en análisis de suelo:

Las recomendaciones con base en los resultados de análisis químico se emplean en muchos países. Esta metodología requiere la obtención de datos analíticos de buena calidad (Etchevers,

1991) y de una gran cantidad de información previa referente a la probable respuesta del maíz a la aplicación de fertilizante. Los experimentos tienen que haber sido realizados en suelos con diversos valores iniciales de análisis químico, es decir, con un amplio intervalo de valores de disponibilidad; esto es, experimentos de campo ubicados en diversas localidades y años, a fin de captar la variación posible de la respuesta a cambios del tipo de suelo y manejo (variabilidad espacial) y de las condiciones climáticas (cambio temporales) A la relación entre el valor del análisis de suelo y la respuesta o rendimiento relativo se le llama calibración.

Recordemos que el resultado de un análisis de suelo que mide la disponibilidad es sólo un indicador de ésta y en la mayoría de los casos no representa la verdadera cantidad; esto es, los kilos por hectárea de un nutriente que la planta puede absorber. Cuando se habla de indicadores se refiere a un valor que se relaciona directamente con esa disponibilidad real que no es posible medir en la mayoría de los casos.

Para poder derivar una recomendación más exacta a partir del valor del análisis de suelo se pueden adoptar dos caminos. El primero es emplear el valor del análisis de suelo como un indicador de suministro y, junto con otros datos (cultivo, rendimiento máximo alcanzable y porcentaje de suficiencia, tasa de incremento de rendimiento al aplicarle fertilizante, método de aplicación, manejo de los residuos del cultivo anterior, aporte de nitrógeno y azufre de la materia orgánica del suelo, uso de estiércol, etcétera) que sirven para estimar la demanda nutrimental y la eficiencia del fertilizante, generar una estimación de máxima la dosis de fertilización.

El segundo procedimiento se basa en el funcionamiento del sistema de producción y requiere contar con información (que se genera mediante investigación científica, y en la mayoría de los países no se ha desarrollado, por lo que se toman prestados datos generados en otros países), lo que permite transformar el resultado de un análisis de suelo destinado a medir un indicador de disponibilidad en un valor que represente la oferta real de ese nutriente. Así, por ejemplo, sabemos que por cada parte por millón de P medido con el método Olsen (y sólo con este

método) el maíz puede extraer 1.7 kilos de P del suelo. Las partes por millón son una unidad similar al por ciento y se emplean cuando las concentraciones son muy bajas. La diferencia es que en vez de usar como base de comparación 100, se usa 1 millón. Por tanto, si se conoce el valor que tiene el indicador de la disponibilidad de P, es posible calcular el suministro de P que hace el suelo al cultivo de maíz en un sitio determinado, esto es, la oferta nutrimental de P del suelo a la planta.

Ahora, si se conoce la demanda del cultivo, se puede calcular fácilmente si hay déficit o superávit de oferta de P en el suelo. Si hay déficit se tiene que contrarrestar mediante adición de un fertilizante fosfatado para que este elemento no se transforme en un factor limitante de la producción. La cantidad de fertilizante que hay que agregar generalmente es mayor que el déficit calculado debido a que la planta no absorbe 100% del fertilizante que se le agrega, sino sólo una fracción; Hay un cierta eficiencia de uso del fertilizante.

## 2.6 Densidad de siembra.

La densidad de siembra se refiere al número óptimo de plantas (o de kg) por hectárea para obtener una mejor producción. Esta densidad se determina por experiencia y varía según el clima, la fertilidad del suelo, caracteres agronómicos de la variedad, época de siembra y objetivos del cultivo. En general el número de plantas por hectárea varía desde 15 000 plantas hasta 80 000 o más. (6 a 32 kg/ha).

Para conocer la densidad de siembra es necesario tener información sobre porcentaje de germinación, número de granos por kg, tamaño de semilla, forma, disponibilidad de agua, tecnología del cultivo, uso del producto, variedad y localidad. La información de experimentos en tiempo y espacio es la mejor consejera para decidir la densidad óptima a sembrar.

Densidades bajas trae problemas de malezas o es desperdiciar suelo si la fertilidad y humedad lo permiten. Densidades altas favorecen el acame y la quiebra de planta; reducción en el



tamaño, número y peso de la mazorca, hojas más cortas, angostas y plantas más altas, tardías y de tallos delgados

Es necesario considerar la región, fertilidad del suelo, uso de fertilización, variedad, humedad y el uso del producto (grano o forraje), forma y tamaño de semilla. Se debe considerar el número de plantas a cosecha, ya que en el proceso del cultivo hay fallas por germinación, emergencia, plagas, daños de cultivadora, etc.

En evaluaciones del efecto de la fertilización nitrogenada, Lemcoff y Loomis (1994) mencionan que en maíz el peso del grano y el número de granos por mazorca están influenciados positivamente por la disponibilidad de nitrógeno; y que la variación en el número total de granos depende del número de estigmas que son polinizados. Estos mismos autores evaluaron una cruz simple de maíz en dos dosis de nitrógeno (0 y 167 kg/ha) en dos densidades de población (36 600 y 73 200 plantas/ha) y encontraron que el rendimiento de grano por mazorca estuvo más relacionado con la densidad de población que con la fertilización nitrogenada; y que fue más dependiente del número de granos por mazorca que del tamaño de los mismos. Ellos atribuyen la disminución del rendimiento de grano, ocasionada por la alta densidad de población o la escasa disponibilidad de N, a que se redujo la emergencia de estigmas de la base de la mazorca (Lemcoff y Loomis, 1994). Al comparar dos dosis de N (00 Y 200 kg/ha) en una cruz simple y otra trilineal de maíz obtenidas por androesterilidad o por desespigamiento, encontraron que el estrés ocasionado por la deficiencia de nitrógeno redujo el número de granos por mazorca, pero la interacción entre la androesterilidad y los niveles de nitrógeno no fue significativa.

En relación con el efecto de la densidad de población sobre el rendimiento de genotipos isogénicos androfértiles y androestériles. Stamp et al., (2000) evaluaron dos densidades (90 y 120 mil plantas/Ha) en dos cruces de maíz: una simple y otra trilineal. Ellos encontraron que en ambas densidades la cruz simple androestéril superó a su versión fértil en el rendimiento de grano, peso de grano, número de granos por mazorca e índice de cosecha. La misma tendencia ocurrió con la cruz trilineal aunque las diferencias a favor de la versión androestéril fueron

menores que en la cruza simple, y sólo en el componente peso de grano la versión fértil superó a la estéril. Al aumentar la densidad de población la cruza simple androestéril incremento el rendimiento y sus componentes de semilla, mientras que en la cruza trilineal el incremento en el rendimiento no fue significativo. Por otra parte, Lemcoff y Loomis, (1994) evaluaron una cruza simple de maíz en dos densidades de población (36 600 y 73 200 plantas/ha) y observaron en la densidad mayor una tendencia no significativa en la reducción del número de granos, y una reducción significativa del peso de grano y de la mazorca.

En México existen numerosos estudios en los que se ha evaluado el efecto de la fertilización química y de la densidad de población sobre el rendimiento de grano y de sus componentes en líneas e híbridos androfértiles de maíz pero pocos son los que presentan información sobre la calidad de la semilla híbrida producida. Entre estos últimos destaca Espinosa y Tadeo (1992), quienes evaluaron tres dosis de fertilización (160-70-30, 00-150-00 y 300-00-00 kg/ha, NPK) en dos cruza simples de maíz y cuatro densidades de población. Ellos encontraron que el testigo (160-70-30) y la dosis en la que solo se aplicó nitrógeno presentaron rendimientos similares de semilla comercial (4,406 y 4,860 kg/ha respectivamente) pero superiores a la dosis en la que únicamente se aplicó fosforo. La densidad de población de 45 mil plantas/ha fue estadísticamente menor que las densidades de 60, 70 y 80 mil, entre las cuales no hubo diferencia significativa en el rendimiento de semilla comercial; recomiendan utilizar la densidad de 60 mil plantas/Ha en los lotes de producción de semilla donde las cruza simples se utilicen como progenitores ya que además de tener un buen rendimiento de semilla se facilita el manejo del cultivo.

El máximo rendimiento de semilla por área es resultado de la interacción entre la competencia inter e intra plantas y el rendimiento máximo para un genotipo y ambiente particulares puede ser definido por la densidad de población en la que la competencia intraplanta es mínima, hace años se tenía la tendencia a fertilizar en exceso para prevenir posibles deficiencias nutrimentales, pero los costos de producción actuales obligan a tener cuidado a este respecto.

Es por ello que la investigación en tratamientos de fertilizantes, así como la densidad de población, permitirá establecer con claridad el impacto que tienen estos factores sobre las plantas.

## 2.7. Híbrido de maíz Tsíri PUMA.

Durante el año 2014, la FESC-UNAM logró el registro ante el Catalogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del nuevo híbrido TSÍRI PUMA, el cual se promueve para que haya semilla de este material y sea transferido a los agricultores interesados. Para este híbrido es necesario desarrollar elementos importantes de su manejo agronómico (densidad de población y fertilización), como parte de la tecnología de producción de grano que permita lograr niveles óptimos de rendimiento (Tadeo et al., 2012; Tadeo et al., 2014; Tadeo et al., 2016).

La importancia de un nuevo híbrido como TSÍRI PUMA radica en que a través de él, se puede explotar al máximo las condiciones ambientales disponibles y eficientizar el resto de insumos que participan en el proceso de producción. Dado que a la semilla se le otorga frecuentemente 60% de influencia en la responsabilidad final de la producción de una parcela, lo cual indica que este insumo es pilar fundamental para lograr buena producción. Por ello el definir la densidad de población y fertilización adecuada, permite explotar las ventajas de este híbrido (Tadeo et al., 2016).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Caracterización de la zona de estudio.

El presente trabajo se realizó en la parcela 7 de las instalaciones de la FESC-C4-UNAM, municipio de Cuautitlán Izcalli, México. Ubicada a 99° 11' 42'' LW y 19° 41' 35'' LN a 2274 msnm.

#### 3.2 Condiciones edafoclimáticas.

Las condiciones edafo-climáticas del área en que se realizó el estudio se describen a continuación:

##### 3.2.1 Clima.

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Climática de Köppen, modificado por Enriqueta García (2004), en la zona donde se desarrolló el trabajo, le corresponde. Un clima Cbw<sub>0</sub> (w) (i') g; esto representa un templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano e invierno seco (menos del 5% de la precipitación anual) con verano largo y fresco, con temperaturas extremas respecto a la oscilación. De acuerdo al registro de las normales climáticas, la temperatura media anual es de 15.7 °C, el mes más frío es enero con 11.8 °C, mientras el más caliente es en junio con 18.3 °C. La precipitación promedio es de 605 mm. Abarcando la mayor concentración en los meses de junio a octubre. El promedio anual de días con presencia de heladas es alto con 64, considerándose desde octubre hasta abril. Las heladas tempranas pueden presentarse entre el 8 y 10 de septiembre, y las tardías en el mes de mayo. Las granizadas se presentan en verano y son escasas.

##### 3.2.2 Suelo.

Los suelos que se encuentran en la FES Cuautitlán son vertisoles pélicos y presentan una textura fina, son suelos arcillosos; son suelos pesados duros cuando se secan, formando unas grietas

profundas que los caracterizan y que pueden ser impermeables al agua de lluvia o riego. El pH oscila entre 6 a 7.

### 3.3 Material genético.

El híbrido utilizado fue el TSÍRI PUMA, inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), contando con su registro definitivo MAZ-1571-290514 (Tadeo, 2015; Tadeo, *et al.*, 2016).

Es el primer híbrido con esquema de androesterilidad que libera la FESC-UNAM, el cual, es un híbrido trilineal, de grano blanco y textura semidentada, su adaptación corresponde a Valles Altos. Es de madurez intermedia, su floración masculina ocurre a los 84 días y la floración femenina a los 86 días en lugares con altitudes de 2,250 msnm; alcanza su madurez fisiológica entre los 158 y 163 días (Tadeo, 2015; Tadeo, *et al.*, 2016).

### 3.4 Preparación del terreno.

El terreno se preparó de forma convencional, consistente en aradura, dos pasos de rastra y surcado a 80 cm entre surcos. Al momento de realizar el surcado se fertilizó con una dosis 80-40-00 (N, P, K), utilizándose urea y fosfato de amonio.

### 3.5 Siembra y densidad de población.

La siembra se realizó en junio del año 2014, en el ciclo Primavera-Verano, en condiciones de temporal. La parcela experimental fue de dos surcos de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho.

La distancia entre plantas fue entre 15 y 18 centímetros cada semilla, por lo que se depositarán 45 semillas en cinco metros de largo, a una profundidad de 10 centímetros, se aclaró a los 30 días, con base a la densidad de población planeada. Es decir para 55,000 plantas/ha se dejaron

22 plantas/surco; para 70,000 plantas/ha se dejaron 28 plantas por surco; para 85,000 plantas/ha se dejaron 34 plantas por surco.

Teniendo así 9 tratamientos, siendo cada uno de estos una parcela experimental que fue de un surco y 3 repeticiones, sumando 27 surcos.

Los tratamientos establecidos con base a, densidad de población y fertilización se observan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Tratamientos de densidades de población y fertilización a evaluarse en el híbrido trilineal de maíz TSÍRI PUMA en el Rancho Almaraz, FESC-UNAM.**

Número de Tratamientos	Densidad de plantas (pl ha <sup>-1</sup> )	Fertilización (N – P – K)
1	55,000	150 – 70 – 40
2	70,000	120 – 50 – 00
3	85,000	00 – 00 00
4	55,000	150 – 70 – 40
5	70,000	120 – 50 – 00
6	85,000	00 – 00 00
7	55,000	150 – 70 – 40
8	70,000	120 – 50 – 00
9	85,000	00 – 00 00

### 3.6 Fertilización.

Se aplicaron los tratamientos de fertilizantes 150 70 40 así como 120 50 00 y el testigo sin fertilización. Donde se aplicó una sola fertilización, durante la siembra, y se utilizaron, como fuente de nitrógeno: urea; de fósforo: superfosfato de calcio triple y; de potasio: cloruro de potasio.

### 3.7 Control de maleza.

El control de maleza se hizo 15 días después de la siembra, cuando la maleza presente 2 hojas verdaderas, aplicando una mezcla de 1 Lt de Hierbamina, 1 Lt de Sansón y 1 Kg de Gesaprim por Hectárea, esta mezcla funcionó para malezas de hoja ancha y hoja angosta.

### 3.8 Aclareo.

Se realizó a los 30 días de la siembra, cuando la planta tuvo una altura aproximada de 30 a 50 cm.

### 3.9 Diseño experimental.

Se estableció el experimento en bloques completos al azar con arreglo factorial, donde se consideraron los factores densidades de población y tratamientos fertilizantes ambos en tres niveles.

### 3.10 Variables evaluadas.

Las variables evaluadas fueron:

**Rendimiento**, que se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (P.C \times \% M.S \times \% G \times F.C) / 8600$$

Dónde:

**P. C.**= Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela expresada en kilogramos.

**% M. S.** = Porcentaje de materia seca, obtenidos de la muestra del grano de 5 mazorcas cosechadas.

**% G.** = Porcentaje de grano, se obtiene del cociente del peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote y el peso de la muestra de las 5 mazorcas con olote multiplicado por cien.

**F. C.** = Factor de conversión con el que se obtuvo rendimiento por hectárea, fue al dividir  $10\ 000\ m^2$  / el tamaño de la parcela útil en  $m^2$ .

**8600** = Es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%.

El resultado obtenido se expresa en  $kg\ ha^{-1}$ .

**Plantas establecidas.** Se refiere al número de plantas por parcela de un surco. Se determinaron las plantas establecidas después del raleo. En la etapa vegetativa se eliminaron plantas para manejar una densidad de plantación de 85000, 70000, 55000, plantas por hectárea,

**Floración masculina.** Se tomó en cuenta desde el momento en que se realiza la siembra hasta que han aparecido el 50% de las espigas.

**Floración femenina.** Se tomó el dato considerando el día de la siembra hasta la aparición del 50% de los estigmas, que a su vez miden de 2 a 3 cm de longitud.

**Altura de la planta.** En 5 plantas seleccionadas al azar, se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). Se registró la altura de la planta en centímetros.



**Altura de mazorca.** En las mismas 5 plantas cuya altura se midió, se determinó la distancia en cm desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

**Sanidad de la planta.** Los datos sobre el aspecto de la planta deben ser tomados en la etapa en que las brácteas se tornan de color café, cuando las plantas están aún verdes y ya se han desarrollado por completo las mazorcas. En cada parcela, se evaluaron características tales como la altura de planta y de la mazorca, la uniformidad de las plantas, el daño causado por enfermedades e insectos y el acame según una escala de 1 a 10, donde 10 es excelente y 1, deficiente.

**Número de plantas cosechadas.** Se registraron el número de plantas cosechadas en cada parcela, sin importar que la planta tenga una mazorca, dos mazorcas o ninguna.

**Peso de campo.** Después de cosechar todas las plantas, se registró en kilogramos y hasta con un lugar decimal el peso de las mazorcas con olotes.

**Cobertura de mazorcas.** Se registró la cantidad total de mazorcas cosechadas, excluyendo las mazorcas secundarias que sean muy pequeñas (molotes).

**Sanidad de la mazorca.** Después de la cosecha, pero antes de tomar una muestra para determinar la humedad se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se calificaron características tales como daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado de grano y uniformidad de las mazorcas.

**Porcentaje de humedad.** Se tomaron 5 mazorcas de cada parcela, se desgranó cada mazorca, se hizo una mezcla del grano obtenido y con esta muestra a granel se determinó el porcentaje de humedad en el grano en el momento de la cosecha.

**Peso volumétrico.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron, se pesa el grano en una balanza para peso hectolítrico para obtener la relación de la muestra a un litro, se expresa así: kg/hl.

**Peso de 200 granos.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron y se contaron 200 granos, se pesaron y se registraron en gramos.

**Longitud de mazorca.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se midieron desde la base hasta la punta en cada una, se promedió y se registró en cm.

**Hileras por mazorca.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se contó el número de hileras de cada mazorca, se obtuvo el promedio y se registró el número.

**Granos por hilera.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se cuenta el número de granos de cada hilera de cada mazorca, se obtiene el promedio y se registra el número.

**Diámetro de mazorca.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se midió la parte media de cada mazorca con un vernier, se obtuvo el promedio y se registró el número.

**Granos por mazorca.** Se obtuvo multiplicando el promedio de hileras de cada mazorca por el promedio de granos por hilera.

**Porcentaje de materia seca.** Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron y se tomó una muestra de 250 gr, se obtuvo el porcentaje de humedad por medio de un determinador eléctrico tipo Borrows, posteriormente al 100% se le resta el valor obtenido y resultado es el porcentaje de materia seca.

**Porcentaje de grano.** Se obtuvo:  $(\text{Peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote} / \text{Peso de la muestra de cinco mazorcas con olote}) \times 100$ .

#### IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el cuadro 2, se presentan los cuadrados medios, obtenidos de los análisis de varianza efectuados para las diferentes variables, así como nivel de significancia estadística para los factores densidad de población, fertilización e interacción de los mismos, en el híbrido de maíz TSÍRI PUMA, para Valles Altos en el Rancho Almaraz, FESC - UNAM, Primavera-Verano 2014. Como son rendimiento, peso de campo, plantas cosechadas, floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas, mazorcas malas, peso volumétrico, sanidad de mazorca, sanidad de planta, cobertura de mazorca. Peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca y % de grano.

En la variable rendimiento, no se identificaron diferencias significativas entre los diferentes factores de variación como fueron; densidades de población, dosis de fertilización, así como la interacción entre estos factores, lo que podría deberse al número de repeticiones empleadas en este trabajo, por lo que sería necesario hacer otros estudios elevando las repeticiones para que el análisis pudiese detectar las diferencias entre los factores.

Otra opción sería emplear otros niveles en las densidades de población, lo que permitiría tal vez determinar en el rendimiento y demás componentes de rendimiento del híbrido de maíz TSÍRI PUMA, las probables diferencias.

La media general de rendimiento fue de  $9402 \text{ kg ha}^{-1}$ , con un coeficiente de variación de 24.6 %, que se puede considerar como bueno por las condiciones en las que se desarrolló el experimento, teniendo como principal factor limitante la precipitación, donde el agua es fundamental para el llenado de grano del maíz, el cual no tuvo un efecto considerable en este trabajo.

Solo en la altura de mazorca se aprecia diferencia significativa al 0.05 de probabilidad con una media de 112 cm de altura y un coeficiente de variación de 13.21, en el porcentaje de materia seca se apreció también una diferencia significativa mínima, con una media de 82.49 por ciento, y un coeficiente de variación de 3.08 por ciento, en el resto de las variables no se presentaron diferencias significativas.

**Cuadro 2.- Cuadrados medios y significancia estadística de diferentes variables evaluadas, en Tratamientos de densidades de población y fertilización, en el híbrido trilineal comercial de maíz, TSÍRI PUMA, en el rancho Almaraz, FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

VARIABLES	D.P.	Fer.	Bloque	D.P. * Fer.	C.V.	Media
Rendimiento	314884.5	3712093.3	11826713.5	1114775.80	24.6	9402
Floración masculina	0.92	11.37	2.92	7.20	3.35	81.48
Floración femenina	9.14	26.70	7.25	15.70	5.60	83.59
Altura de planta	1094.11	413.77	1144.77	59.72	8.44	222.77
Altura de mazorca	793.37	305.59	1357.14	20.37	13.21	112.*
Mazorcas buenas	12.44	44.77	33.44	8.72	23.66	19.77
Mazorcas malas	0.70	2.92	7.14	3.31	55.89	3.92
Peso volumétrico	4950.92	92.59	778.70	563.42	3.99	751.48
Sanidad de mazorca	0.00	0.00	0.44	0.00	8.92	9.33
Sanidad de planta	0.00	0.33	0.11	0.16	6.97	9.55
Cobertura de mazorca	0.11	0.11	2.33	0.22	11.11	9.00
Peso de 200 granos	68.92	46.70	31.59	35.98	8.61	72.40
Longitud de mazorca	0.33	0.44	2.11	3.44	8.76	14.66
Hileras/mazorca	0.11	0.44	0.44	1.05	5.79	15.22
Granos/ hilera	1.00	1.33	10.77	8.00	6.64	28.77
Diámetro de mazorca	0.04	0.04	0.06	0.04	3.73	4.80
Diámetro de Olote	0.01	0.00	0.00	0.03	6.53	2.61
Granos /mazorca	749.03	1000.14	3462.25	4330.03	7.64	440.59
% Materia seca	43.06	2.16	11.30	9.72	3.08	81.49 *
% Grano	0.76	0.47	5.30	3.25	2.00	85.10

P<0.01de probabilidad (\*\*) y p<.05de probabilidad (\*), D.P (Densidad de Población), Fer. (Fertilización), C.V. (Coeficiente de Variación).

En el cuadro 3, se muestra la comparación de medias en densidades de población de 55,000, 70,000 y 85,000 plantas / ha, de las variables rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, para mazorcas buenas y mazorcas malas. Se pudo identificar que sólo para la variable altura de mazorca se formaron dos grupos de

significancia, donde el valor más alto se presentó en la densidad de población de 85 000 plantas/ha, con una media de 121.5 cm.

Para el rendimiento en la comparación de medias de las diferentes densidades de población no hubo diferencias significativas, aunque numéricamente fue superior la densidad de población de 70 000 plantas/ ha, con una media de 9616 kg ha<sup>-1</sup>, seguida de la densidad de población de 55 000 plantas/ ha, con una media de 9317 kg ha<sup>-1</sup>, quedando al final la densidad de población de 85 000 plantas/ha, con una media de 9273 kg ha<sup>-1</sup>. Dado que numéricamente las densidades que expresaron mejores rendimientos fueron la densidad de población de 55 000 plantas/ha y de 70 000 plantas/ha, al definirse que estadísticamente son similares, la mejor opción resulta elegir 55,000 plantas/ha ya que se emplea menor cantidad de semilla y por lo tanto se disminuyen los costos por semilla de un insumo que es costoso. Favoreciendo la economía del agricultor, al ahorrar dinero en comprar menos semilla de maíz.

**Cuadro 3. Rendimiento de las densidades de población de 55000, 70000 y 85000, plantas por hectárea del híbrido de maíz Tsíri PUMA. FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

Densidades de Población	Rendimiento	Flor/Mas. (días)	Flor /Fem (días)	Alt/Pla (cm)	Alt /Maz (cm)	Maz/B	Maz/M
70000	9616 a	81.1 a	83.4 a	228.0 a	112.5 ab *	20.6 a	3.6 a
55000	9317 a	81.6 a	84.6 a	210.1 a	103.1 b	20.2 a	4.2 a
85000	9273 a	81.6 a	82.6 a	230.2 a	121.5 a	18.4 a	3.8 a
D.M.S.H.(0.05)	2811.1	3	6	23	18	6	2

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); Flor/Mas (Flores Masculinas), Flor/Fem, (Flores Masculinas), Alt/Pla,(Altura de Planta), Alt/Maz. (Altura de Mazorca), Maz/B;(Mazorcas Buenas), Maz/M.(mazorcas Malas).

En el cuadro 4, se muestra la comparación de medias en densidades de población de 55,000, 70,000 y 85,000 plantas / ha, en peso volumétrico, sanidad de mazorca, sanidad de planta cobertura de mazorca, peso de 200 gramos, longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera. En la variable peso volumétrico se hubo diferencias significativas, ya que en la densidad de plantación de 70 000 plantas/Ha tuvo una media de 735.0 kg/m<sup>3</sup>, y en la densidad de plantación de 55 000 plantas/Ha tuvo una media de 741.1 kg/m<sup>3</sup>, donde ambas densidades

se ubicaron en un mismo grupo de significancia, el cual es bajo de acuerdo a la FAO, que dice que el valor óptimo debe ser de 750 kg/m<sup>3</sup>.

Mientras que en el otro grupo de significancia se ubicó la densidad de plantación de 85 000 plantas/Ha. con una media de 778.3 kg/m<sup>3</sup>, el cual es el adecuado de acuerdo con la FAO, ya que es superior al indicado.

En las medias de las demás variables evaluadas no hubo diferencias significativas para las densidades de población de maíz TSÍRI PUMA para Valles Altos, evaluados en el Rancho Almaraz de la FESC-UNAM, en el ciclo primavera verano 2014.

**Cuadro 4. Comparación de medias de las densidades de población de 55,000, 70,000 y 85,000, plantas por hectárea del híbrido de maíz Tsíri PUMA. FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

Densidades de Población	Peso/Vol	Sand/Maz	Sand/Plan	Cob/Maz	200 Gr	Long/Maz	Hil/Mz	Gra/Hil
70000	735.0 b	9.3 a	9.5 a	9.1 a	74 a	15 a	15 a	29 a
55000	741.1 b	9.3 a	9.5 a	8.8 a	74 a	14 a	15 a	29 a
85000	778.3 a	9.3 a	9.5 a	9.0 a	69 a	14 a	15 a	28 a
D.M.S.H.	36	1	1	1	7	1	1	2

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); Peso/Vol; Peso Volumétrico, Sand/Maz; Sanidad de Mazorca, Sand/Plan; Sanidad de Planta, Cob/Maz; Cobertura de Mazorca, 200 Gr; 200 Gramos, Long/Maz; Longitud de Mazorca, Hil/Mz; Hileras por Mazorca, Gra/Hil; Gramos por Hilera.

**Cuadro 5. Comparación de medias de las densidades de población de 55000, 70000 y 85000, plantas por hectárea del híbrido de maíz Tsíri PUMA. FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

Densidades de Población	Diam/Maz	Diam/Olte	Gra/Maz	% M.S.	% Grano
70000	5 a	2 a	451 a	79 b	84 a
55000	5 a	2 a	438 a	81 ab	85 a
85000	5 a	2 a	433 a	84 a	85 a
D.M.S.H.(0.05)	0.2	0.2	41	3	2

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); Diam/Maz; Diámetro de Mazorca, Diam/Olte; Diámetro de Olate, Gra/Maz; Gramos por Mazorca, %M.S. Porcentaje de Materia Seca, % Grano; Porcentaje de Grano.

En el cuadro 5, se muestra la comparación de medias en densidades de población de 55,000, 70,000 y 85,000 plantas / Ha, en diámetro de mazorca, diámetro de olote, granos por mazorca, % de materia seca, % de grano, teniendo una diferencia significativa mínima en el porcentaje de

materia seca, la densidad de población de 85 000 plantas/Ha fue mayor en comparación a la densidad de 55 000 plantas/Ha, y a la de 70 000 plantas/Ha, con una media de 84%, 81% y 79%, respectivamente.

Donde al tener una mayor cantidad de individuos por unidad de superficie se incrementa la producción de materia seca. En las demás variables evaluadas no hubo diferencias significativas.

En el cuadro 6, se muestra la comparación de medias de las variables evaluadas en las diferentes dosis de fertilización para el Híbrido de maíz Tsíri PUMA, en las cuales no se detectaron diferencias estadísticas significativas. En las dosis de fertilización aunque no hubo diferencias estadísticas significativas, la dosis de fertilización que tuvo el rendimiento más alto fue la de 120 N – 50 P – 00 K, con una media de 10141 kg ha<sup>-1</sup>, seguida de la dosis de fertilización de 150 N – 70 P – 40 K, con una media de 9082 kg ha<sup>-1</sup>, y la dosis de fertilización de 00 N – 00 P – 00 K, con una media de 8933 kg ha<sup>-1</sup>. Debido a que las tres dosis de fertilización se encontraron en el mismo grupo de significancia es necesario comentar que bajo las condiciones ambientales en las que se desarrolló esta investigación no es necesario aplicar fertilización ya que el gasto del fertilizante no incrementa significativamente el rendimiento de grano de maíz bajo estas condiciones, o bien es necesario hacer nuevas evaluaciones en ciclos de cultivo posteriores, donde la aplicación del fertilizante en condiciones de temporal sean las adecuadas, es decir, que hayan las condiciones óptimas de humedad y temperatura en el suelo para que los diferentes fertilizantes aplicados sean aprovechados por la planta de la manera más eficiente.

**Cuadro 6. Comparación de medias de las dosis de fertilización para las variables rendimiento, flores masculinas, flores femeninas, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas buenas, mazorcas malas. FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

Fertilización	Rendimiento	Flo/Masc	Flo/Fem	Alt/Pla	Alt/Mz	Mz/B	Mz/M
120-50-00	10141 a	80.77 a	82.33 a	224.77 a	114.33 a	21.33 a	4.5 a
150-70-40	9082 a	82.77 a	85.55 a	228.33 a	117.22 a	20.77 a	3.7 a
00-00-00	8983 a	80.88 a	82.88 a	215.22 a	106.00 a	17.22 a	3.4 a
D.M.S.H.(0.05)	2811.9	3.3	5.7	22.8	18	5.6	2.6

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); Flo/Masc; Flores Masculinas, Flo/Fem; Flores Femeninas, Alt/Pla; Altura de Planta, Alt/Mz; Altura de Mazorca, Mz/B; Mazorcas Buenas, Mz/M; Mazorcas Malas.

En el cuadro 7, se muestra la comparación de medias de las variables evaluadas en las diferentes dosis de fertilización para el Híbrido de maíz Tsíri PUMA, en las cuales no se detectaron diferencias estadísticas significativas.

**Cuadro 7. Comparación de medias de las dosis de fertilización para diferentes variables evaluadas. FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

Fertilización	Peso/Vol	San/Mz	San/Pla	Cob/Mz	200 gr	Long/Mz	Hil/Mz
120-50-00	753.3 a	9.3 a	9.7 a	9.0 a	73.7 a	14.8 a	15.4 a
150-70-40	747.7 a	9.3 a	9.4 a	9.1 a	73.6 a	14.4 a	15.0 a
00-00-00	753.3 a	9.3 a	9.4 a	8.8 a	69.7 a	14.6 a	15.2 a
D.S.M.S.H(0.05)	36	1	0.8	1.2	7.5	1.5	1

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); Peso/Vol; Peso Volumétrico, San/Mz; Sanidad de Mazorca, San/Pla; Sanidad de Planta, Cob/Mz; Cobertura de Mazorca, 200 gr; 200 gramos, Long/Mz; Longitud de Mazorca, Hil/Mz; Hileras por Mazorca.

En el cuadro 8, se muestra la comparación de medias de las variables evaluadas en las diferentes dosis de fertilización para el Híbrido de maíz Tsíri PUMA, en las cuales no hubo diferencias estadísticas significativas.

**Cuadro 8. Comparación de medias de diferentes variables evaluadas en diferentes dosis de fertilización para el híbrido de maíz Tsíri PUMA. FESC UNAM ciclo P.V. 2014.**

Fertilización	Gra/Hil	Diam/Mz	Diam/Olte	Gran/Mz	% M.S.	% Grano
120-50-00	29 a	4.8 a	2.6 a	448 a	81 a	85 a
150-70-40	28 a	4.8 a	2.6 a	428 a	82 a	85 a
00-00-00	29 a	4.7 a	2.6 a	444 a	81 a	84 a
D.S.M.S.H(0.05)	2	0.2	0	41	3	2

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); Gra/Hil; Gramos por Hilera, Diam/Mz; Diámetro de Mazorca Diam/Olte; Diámetro de Olote, Gran/Mz; Granos por Mazorca, %M.S. Porcentaje de Materia Seca, % Grano; Porcentaje de Grano.



## V CONCLUSIONES.

Con base a los resultados, así como a la discusión y a los objetivos planteados y de acuerdo a las condiciones en las que se desarrolló esta investigación se concluye lo siguiente:

1.- En el híbrido Tsiri de Maíz no se presentaron diferencias estadísticas entre las densidades de población estudiadas, las densidades de población con mejores rendimientos numéricos de grano fueron 70 000 plantas por hectárea, y de 55 000 plantas por hectárea, con una media de 9616 kg ha<sup>-1</sup>, y de 9317 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No así 85 000 plantas por hectárea, por lo que sería positivo utilizar la densidad de población de 55 000 plantas por hectárea, pues con esta densidad se emplea menor cantidad de semilla, en este nivel de densidad de población las plantas expresan fenotípicamente un buen potencial productivo (rendimiento).

2.- Al no tener una respuesta satisfactoria para el rendimiento de grano en las dosis de fertilización, debido a que el maíz Tsíri PUMA no tuvo un incremento significativo en el rendimiento al aplicarle fertilizantes, es necesario hacer un estudio del suelo para conocer las deficiencias nutrimentales del mismo, y al momento de fertilizar, hacerlo con la dosis adecuada.

3.- Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo esta investigación, la productividad en el rendimiento de grano de maíz del híbrido TSÍRI PUMA fue satisfactoria para su producción de manera comercial. Y es necesario seguir haciendo evaluaciones de su rendimiento de grano en diferentes condiciones diferentes a las probadas en esta investigación, como fueron las diferentes densidades de población y dosis de fertilización.

4.- Conviene tener en cuenta el manejo agronómico que se debe dar a la densidad de población y fertilización aparte de riego y otras labores que se debe dar al cultivo del híbrido de maíz TSÍRI PUMA para un rendimiento óptimo.

5.- Los niveles de rendimiento en este trabajo, permiten recomendar a productores el uso, de la semilla del híbrido de maíz TSÍRI PUMA inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV).

## VI. LITERATURA CITADA.

- Espinosa, A; Tadeo, M. 1992. Producción de semilla del híbrido doble de maíz en respuesta a la fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 15:1-9.
- Espinosa C., A., Tadeo R., M., Zamudio G., B., Turrent F., A., Arteaga E., I., Trejo P., V., Martínez Y., B., Canales I., E., Zaragoza E., J., Sierra M., M., Gómez M., N., Valdivia B., R., Palafox C., A. 2012. Rendimiento de cruza simples de maíz en versión androestéril y fértil bajo diferentes densidades de población. *Ciencias Agrícolas Informa*, Vol.21: 78-85.
- Etchevers B., J.D., P. Anzastiga A., V. Volke H. y G. Etchevers G. 1986. Correlación y calibración de métodos químicos para la determinación de P disponible en suelos del estado de Puebla. *Agrociencia*.65:
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2da. Edición. Dirección General de Publicaciones. UNAM. México. 246 p
- Jugenheimer, W. Robert.1981, Maíz variedades mejoradas métodos de cultivo y producción de semilla. Editorial Limusa.
- Martínez L. C.; Mendoza O., L. E.; García De Los S. G.; Mendoza C., M. C.; Martínez G., Á. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestérides isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 28 (2): 127-133.
- Márquez S., F. 2009. De las variedades criollas de maíz a los híbridos Transgénicos. II: la hibridación. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, Vol 6 (2): 161-176.
- Poehlman, Milton John. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. Universidad de Missouri. Editorial Limusa México. (Págs.263-298).
- Lemcoff, J; Loomis, R. 1994. Nitrogen and density influence on silk emergence, endosperm development and grain yield in maize (*Zea mays* L). *Field Crop Research* 38: 63-72.
- Reyes Castañeda Pedro. 1990. El maíz y su cultivo. AGT. Editores S.A. (Págs.1-4 y 197-221).
- Stamp, P; Schowchong, S; Menzi, M; Weingarther, U; Kaiser, O. 2000. Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop. Sci.* 40:1586- 1587.
- Tadeo-Robledo M., Alejandro Espinosa-Calderón, Noelia Chimal, Israel Arteaga-Escamilla, Viridiana Trejo-Pastor, Enrique Canales-Islas, Mauro Sierra-Macías, Roberto Valdivia-Bernal, Noel Orlando Gómez-Montiel, Artemio Palafox-Caballero, Benjamín Zamudio-

González. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana* volumen 30 (2): 156-164.

Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Zamudio-González, B., Sierra-Macías, M., Gómez-Montiel, N., Valdivia-Bernal, R., Virgen-Vargas, J. 2014. Rendimiento de híbridos androestériles y fértiles de maíz en dos localidades en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.5 (5): 883-891.

Tadeo R., M. 2015. Productividad de semilla, grano, forraje y uso de androesterilidad en el híbrido de maíz Tsíri Puma. Tesis Doctorado. Colegio de Postgraduados. Recursos Genéticos y Productividad – Genética, Montecillo, México. 108 pp.

Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., García-Zavala, J. J., Lobato-Ortiz, R., Gómez-Montiel, O. N., Sierra-Macías, M., Valdivia-Bernal, R., Zamudio-González, B., Martínez-Yañez, B., López-López, C., Mora-García, K. Y., Canales-Islas, E. I., Cárdenas-Marcelo, A. L., Zaragoza-Esparza, J., Alcántar- Lugo, H. J. 2016. Tsiri Puma, híbrido de maíz para Valles Altos con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 39 (3): 331 - 333,

Turrent F., A. 1979. El método CP para el diseño de agrosistemas. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Turrent-Fernández, A., A. Espinosa-Calderón. 2006. Seguridad alimentaria y el mercado nacional de semillas. En: *Memorias del ciclo de conferencias. 10 Años de Enlace, Innovación, Progreso.* Fundación Hidalgo Produce. PP 44- 50.

Volke H., V. 1982. Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México

<http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0f.htm>