



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Rendimiento de Grano, Forraje y Calidad Forrajera de Nuevos  
Híbridos de Maíz.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTA:**

Saúl Velasco Macías

**ASESOR:**

Dra. Margarita Tadeo Robledo

**COASESOR:**

M. C. Consuelo López López

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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  
AVENIDA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa 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 el: Trabajo de Tesis

Rendimiento de Grano, Forraje y Calidad Forrajera de Nuevos Híbridos de Maíz

Que presenta el pasante: SAÚL VELASCO MACÍAS  
Con número de cuenta: 41309129-1 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería 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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Noviembre de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Edgar Ornelas Díaz	
VOCAL	Dra. Margarita Tadeo Robledo	
SECRETARIO	Dr. Joob Anastacio Zaragoza Esparza	
1er. SUPLENTE	Dra. Maria Elena Quintana Sierra	
2do. SUPLENTE	M.C. Enrique Inocencio Canales Islas	

NOTA: los síndicales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

## DEDICATORIA

Yo sé que fuiste tú, gracias Dios.

A mi familia que ha estado conmigo en cada momento, por siempre saber que están para apoyarme y aconsejarme.

A mi mamá, sin ella nada de lo que soy sería posible, por dedicarme su vida, por su amor, porque sin ella seguramente no hubiera llegado tan lejos, eres la mejor madre que puede existir, me enseñaste a no darme por vencido y seguir siempre mis sueños. Te amo.

A mi papá, eres mi ejemplo a seguir, me enseñaste a ser un buen hombre, por tus consejos y cariño, por cuidar cada paso en mi camino. Tú me heredaste el amor al campo, a la tierra. Eres el mejor padre que puede existir. Te amo.

A mi mamá Tere, desde niño me has cuidado como una madre, nunca me ha faltado tu cariño y apoyo, eres un pilar importante que sostiene todo lo que he logrado. Te amo.

A mi papá Javier, la vida me ha dado la fortuna de tener dos padres. Eres una de mis motivaciones, mi apoyo. Con tu paciencia formaste al hombre que soy, te debo mucho y espero la vida me alcance para regresar un poco de lo que has sido para mí.

A mis hermanos, Daniela, Yesenia y Adrián. Por todo el cariño y alegrías. A ti Dani por estar conmigo en esta aventura, por darme el ejemplo de que se puede lograr lo que uno se propone, a ti Yesi por alegrarte con mis logros y estar al pendiente de mí. Y a ti Adriancito, por hacer que cada día lejos de ustedes fuera menos pesado, espero ser un ejemplo para ti.

A mi primo Alonso, que sin duda cada día de este largo camino ha cuidado de mí como mi hermano mayor, fuiste mi ejemplo a seguir.

A mi tía Isela, desde niño me has cuidado como uno más de tus hijos, has formado parte de toda mi vida. Te estaré siempre agradecido.

A mis tíos, Luis y Berney los dos han sido parte importante de este logro, han visto por mí desde que tengo memoria, siempre presentes en cada momento. Les tengo un cariño muy especial.

A toda mi familia solo me queda decirles, gracias, valió la pena cada despedida, cada momento que no estuve con ustedes, pero que siempre fueron mi motivación para poder decir, “lo logramos”.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater por permitirme cumplir mi sueño de ser Ingeniero Agrícola. Espero ser un digno representante y llevar tu nombre muy en alto.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por darme las herramientas y brindarme sus instalaciones para poder desarrollarme plenamente. Siempre te llevaré en el recuerdo.

Agradezco al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT): IT201618, por otorgar recursos económicos para la realización de este trabajo de investigación.

A los profesores que sin pedir nada a cambio me brindaron los conocimientos necesarios para ser un miembro valioso de la sociedad, porque cada uno de ellos dejó una huella en mí caminar.

A la Dra. Margarita Tadeo Robledo por orientarme y apoyarme en la realización de este trabajo y por convertir mi meta en la suya, llegar a ser Ingeniero Agrícola. La vida la llene de buenos momentos y bendiciones.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por haberme invitado a formar parte de este extraordinario equipo. Sin usted nada de esto hubiera sido posible.

Al Dr. Joob Zaragoza Esparza por brindarme sus conocimientos, tiempo, dedicación y apoyo para la realización de este trabajo. Es usted un excelente profesor y un extraordinario ser humano. Las generaciones que tenga la dicha de seguir formando nunca lo olvidarán, Dios lo bendiga siempre.

Al profesor Edgar Ornelas Díaz, por su apoyo e interés para mi titulación, porque sus observaciones enriquecieron el presente trabajo, gracias por su amistad.

A mi compañero de carrera, Arturo Chávez Gordillo por su amistad. Fuiste parte esencial de mi camino en esta etapa de mi vida. Espero seguir teniendo la dicha de ser tu amigo. Se te quiere mi hermano. Gracias por apoyarme y no dejar que me quedara atrás.

A mi amigo, Carlos Ortega Romero por siempre estar al pendiente, por su amistad y buenos momentos que pasamos, por sus consejos y compañía a lo largo de todo el trabajo. Se te quiere mi hermano.

Al Dr. Enrique Canales Islas por apoyarme en el análisis estadístico. “ánimo” es lo que brindas a cada uno de nosotros.

Al ingeniero Julio César García Espinosa por el apoyo brindado, por hacer de este camino más agradable, con sus consejos y amistad. Se te quiere mi hermano.

A todo el equipo de semillas que como una familia nos apoyamos para alcanzar los objetivos personales y académicos, por no dejar que ninguno se quede atrás. En especial al I. A. Israel Arteaga Escamilla, M. C. Consuelo López y a la I. A. Fernanda Medina

Agradezco infinitamente a la L.E.P. Amairani Córdoba Espinosa. Desde que he tenido la dicha de compartir mis días contigo, has creído en mí como nadie, por esperarme pacientemente y motivarme a ser mejor persona a cada momento, por impulsarme a terminar mi tesis, por tu amor desinteresado. Te amo.

## ÍNDICE

	Pág.
Índice	i
Índice de cuadros	iii
Resumen	v
I Introducción	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivos particulares	2
1.2 Hipótesis	2
II Revisión de literatura	3
2.1 Importancia del maíz para producción de grano y forraje	3
2.2 Características del maíz para forraje	6
2.3 Producción del forraje en verde y para ensilado	7
2.3.1 Conservación del forraje: ensilaje	9
2.4 El proceso de ensilaje	11
2.5 Densidad de siembra y rendimiento de maíz forrajero	13
2.6 Producción de maíz grano	14
2.6.1 Importancia del maíz grano	14
2.6.2 Densidad de siembra y rendimiento de maíz para grano	14
III Materiales y métodos	17
3.1 Zona de estudio	17
3.2 Genotipos evaluados	17
3.3 Diseño experimental	18
3.4 Manejo agronómico	19
3.5 Variables evaluadas	19
3.5.1 Días a floración masculina	19
3.5.2 Días a floración femenina	19
3.5.3 Altura de planta	20
3.5.4 Altura de mazorca	20
3.5.5 Peso fresco de parcela	20
3.5.6 Peso fresco de cinco plantas	20
3.5.7 Peso fresco de elote	20
3.5.8 Peso fresco sin elote	20
3.5.9 Peso fresco de la muestra	21
3.5.10 Rendimiento de materia verde	21
3.5.11 Rendimiento de materia seca	21
3.5.12 Porcentaje de materia seca	22
3.5.13 Porcentaje de mazorca	22

3.5.14	Peso de mazorca seca	22
3.5.15	Porcentaje de proteína	22
3.5.16	Porcentaje de digestibilidad	23
3.6	Variables evaluadas para producción de grano	25
3.6.1	Longitud de mazorca	26
3.6.2	Diámetro de mazorca	26
3.6.3	Diámetro de olote	26
3.6.4	Hileras por mazorca	26
3.6.5	Granos por hilera	26
3.6.6	Humedad de grano	26
3.6.7	Peso volumétrico del grano	26
3.6.8	Peso de doscientos granos	27
3.6.9	Porcentaje de grano/olote	27
3.6.10	Rendimiento de grano	27
3.7	Análisis estadístico	28
IV	Resultados y discusión	29
V	Conclusiones	38
VI	Literatura consultada	40



## Índice de cuadros

Nº	Título de cuadro	Pág.
1	Fases que se presentan durante la fermentación del ensilado y su almacenamiento.	12
2	Híbridos de maíz de la UNAM e INIFAP utilizados en dos tipos de experimentos para determinar rendimiento de grano, productividad y calidad forraje en tres ambientes de evaluación de Valles Altos en el ciclo Primavera – Verano 2016	18
3	Reactivos utilizados para la determinación del porcentaje de proteína	25
4	Cuadrados medios y significancias estadísticas obtenidas de los análisis de varianza para diversas variables para determinar la productividad de grano de diez híbridos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. P-V 2016.	29
5	Cuadrados medios y significancias estadísticas obtenidas de los análisis de varianza para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje de diez híbridos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. P-V 2016.	30
6	Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.	32
7	Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.	32
8	Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad y calidad de	33

	forraje considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.	
9	Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.	34
10	Comparación de medias entre diez híbridos de maíz para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.	35
11	Comparación de medias entre diez híbridos de maíz para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.	35
12	Comparación de medias entre híbridos para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.	36
13	Comparación de medias entre híbridos para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.	37

## Resumen

Es importante encontrar híbridos que presenten cualidades sobresalientes en rendimiento y calidad de forraje, así como rendimiento de grano, debido a que en los primeros ideotipos de maíz no se discriminaba de acuerdo a su destino. Se aceptaba que el rendimiento y la calidad del ensilado están determinados por el rendimiento de grano y el % de grano por encima del resto de los componentes de la planta. Por lo tanto, los fitomejoradores y productores sostuvieron que los mejores maíces para grano eran los más adecuados para ensilado; así, el mejor híbrido para grano era considerado como el mejor forrajero. Como consecuencia, la mejora se dirigió al desarrollo de germoplasma e híbridos para producción de grano específicamente.

El rendimiento y calidad del grano así como el rendimiento de materia verde está altamente relacionado con la calidad del ensilado destinado para la producción animal, sin embargo, no se puede dejar a un lado el consumo por el animal, su digestibilidad y la eficiencia con que el animal utiliza su forraje, es decir, qué cantidad de proteína aporta dicho forraje y qué porcentaje es digerible.

En México el consumo aparente de maíz grano, es de 32.1 millones de toneladas, cifra que rebasa la producción interna del país (27.7 millones de toneladas). El área dedicada al maíz en los valles altos es de aproximadamente 700 mil hectáreas. De ésta superficie, 300 mil son factibles de ser sembradas con semilla de híbridos de alto potencial de rendimiento. En esta zona el rendimiento promedio actual es de 3.5 t ha<sup>-1</sup> de grano de maíz, y se puede elevar por lo menos a 6 t ha<sup>-1</sup>, si se utilizan semillas mejoradas y se aplica el manejo agronómico y recomendaciones técnicas desarrolladas por la investigación.

Ante dichas problemáticas, en la presente investigación se evaluaron diez híbridos de maíz en dos localidades y en una de ellas con dos fechas de siembra, para constituir tres ambientes diferentes de evaluación del estado de México, se establecieron dos experimentos con los diez genotipos, en el primero el objetivo fue evaluar los diez genotipos para determinar la productividad de grano y en el se establecieron los diez genotipos para determinar la productividad y calidad de forraje. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con diez genotipos y tres repeticiones, el análisis estadístico se realizó con un arreglo factorial, que considero los diez híbridos y tres

ambientes, así como la interacción genotipos x ambientes. Para el primer tipo de experimentos, es decir para productividad de grano se evaluaron las variables: rendimiento de grano, días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta y altura de la mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de olote, hileras por mazorca, granos por hilera, humedad de grano, peso volumétrico del grano, peso de doscientos granos y porcentaje de grano/olote.

En el segundo experimentos para el rendimiento de forraje verde se evaluaron las siguientes variables: rendimiento de materia verde, rendimiento de materia seca, rendimiento de materia seca, porcentaje de materia seca, porcentaje de mazorca y peso de mazorca seca. La calidad de forraje se evaluó con ayuda de las siguientes variables: porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad.

Se concluye lo siguiente;

1. El híbrido Atziri Puma, presentó el mayor rendimiento de grano ( $8044 \text{ kg ha}^{-1}$ ), superior estadísticamente al híbrido, H 51AE, también a H 47 AE, en segundo lugar en rendimiento de grano se ubicó Tsíri Puma con  $7783 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que es importante ya que este híbrido fue recientemente liberado comercialmente por la FESC UNAM.
2. El híbrido Tlaoli Puma exhibió el mayor rendimiento de forraje verde ( $70,202 \text{ kg ha}^{-1}$ ), superior estadísticamente a H 51 AE, H 47 AE, lo anterior es importante ya que Tlaoli Puma fue registrado ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) y cuenta con Título de Obtentor a favor de la UNAM, En segundo lugar se ubicó el híbrido Tsíri Puma con  $68,750 \text{ kg ha}^{-1}$ .
3. Con base en los rendimientos de grano, forraje y su calidad los híbridos Atziri Puma y Tlaoli Puma, mostraron características favorables para considerarse materiales de doble propósito.
4. El híbrido Atziri puma presentó mayor rendimiento de grano y forraje ( $8044 \text{ kg/Ha}$  y  $66.3 \text{ ton/Ha}$ ) respectivamente a comparación de los híbridos H-51AE y H-47AE, no presentó diferencia con los demás genotipos evaluados.
5. . En los análisis de calidad de forraje, porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad no se observaron diferencias significativas entre híbridos. Es importante mencionar que dichos resultados son similares a los obtenidos por diversos híbridos en los valles altos de México.

6. La cosecha realizada en Santa Lucía primera fecha mostró el mayor rendimiento de grano con respecto a los ambientes establecidos en FES Cuautitlán, UNAM. Y al establecido en Santa Lucía como segunda fecha de siembra. Para el rendimiento de materia verde, Santa Lucía presenta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto al ambiente de FES Cuautitlán, UNAM.
  
7. Santa Lucía segunda fecha fue superior ( $P < 0.05$ ) en porcentaje de proteína obteniendo una media de 9.8% a comparación de los dos ambientes restantes. Los ambientes de FES Cuautitlán, UNAM y Santa Lucía segunda fecha presentaron diferencias significativas a comparación del ambiente establecido en Santa lucía primera fecha, siendo este último el de menor porcentaje de digestibilidad in vitro.

## I. Introducción

El maíz es el cultivo del cual se obtiene cada año la mayor producción mundial de grano (1060 millones de toneladas), le sigue el trigo con 680 millones de toneladas, lo anterior señala su importancia para diferentes países y la humanidad. 330 generaciones de agricultores mesoamericanos lograron la hazaña tecnológica de mejorar al teocintle, su ancestro silvestre, de unos cuantos granos, hasta la mazorca moderna del maíz, de 350 a 500 semillas por mazorca. No hay otra especie con similar capacidad de multiplicación. Existen diferentes variedades de maíz para infinidad de agrosistemas, manejo del cultivo, ambientes, altitud, con uso específico y especializado por los agricultores. Se conocen más de tres mil diferentes usos. El 76% del maíz se cultiva bajo humedad de lluvia irregular y escasa y el 24% restante bajo riego. En México su centro de origen, se producen 22.1 millones de toneladas, con un rendimiento medio de 2.8 ton/ha, cada año se recurre a la importación de 10 o más millones de toneladas de maíz amarillo, por lo que se requieren en total 32.1 millones de toneladas, consumo total aparente. Se siembran 8.5 millones de ha, en 2.3 millones de unidades de producción (Ortiz *et al.*, 2007; Turrent, 2009; Espinosa *et al.*, 2008 a; Espinosa *et al.*, 2008 b).

Desde la década de los 80's en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES Cuautitlán, UNAM) y en el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CEVAMEX – INIFAP), se generan, desarrollan y evalúan diversos híbridos blancos androestériles de ciclo intermedio para siembras tempranas, algunos de los cuales han expresado buen rendimiento de forraje. A partir de un grupo sobresaliente de híbridos trilineales, que poseen androesterilidad para facilitar la producción de semillas, se han seleccionado algunos que de manera consistente han presentado ventajas en rendimiento en comparación con testigos y que están inscritos en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) para su uso extensivo comercial.

Se considera necesario definir cuáles son los materiales más adecuados, que presenten un alto rendimiento de grano y que además expresen buena productividad y calidad de forraje, para lo cual en el presente trabajo se proponen los siguientes objetivos:

## **1.1. Objetivo general.**

Evaluar el rendimiento de grano, materia verde, materia seca, contenido de proteína y digestibilidad de diez híbridos de grano blanco para Valles Altos de México.

### **1.1.1. Objetivos particulares.**

- Determinar que híbridos presentan el más alto rendimiento en producción de grano, forraje y calidad de forraje.
- Determinar que híbrido puede ser utilizado con doble propósito: producción de forraje y grano.

## **1.2. Hipótesis.**

Existen diferencias en rendimiento de grano, materia verde, materia seca, contenido de proteína y digestibilidad entre los híbridos en evaluación.

## **II. Revisión de literatura.**

### **2.1. Importancia del maíz para producción de grano y forraje.**

El origen del maíz no ha sido sencillo de rastrear. La mazorca es única entre los cereales y de ahí que la dilucidación de su origen haya sido un gran desafío científico. Por otra parte, el registro fósil de los restos más antiguos del maíz, encontrados en diversas partes de México, demuestran un gran cambio morfológico desde la pequeña espiga femenina (“mazorquita”) del teocintle, con unos cuantos granos de fácil dispersión, y la espiga femenina (mazorca) del maíz con una gran cantidad de granos fuertemente adheridos al “olote” (raquis). Aunque hay una evidente discontinuidad entre la morfología de la espiga femenina del teocintle y el maíz, el análisis de estructuras intermedias que se producen en su progenie, sugieren diferentes interpretaciones del origen del maíz. En el primer cuarto del siglo XX, previo a las primeras exploraciones arqueológicas relacionadas con el maíz, se iniciaron estudios de la genética celular del maíz y del teocintle.

El maíz es un cultivo adaptado a una gran diversidad de ambientes; es una especie cuya fotosíntesis se realiza mediante el ciclo de carbono C4 y se caracteriza por tener una alta capacidad de producción de materia seca, que lo hace atractivo como forraje para la producción de leche.

Por lo general, los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca, y poco interés se ha puesto en mejorar su calidad nutritiva. (Peña, et al., 2002).

En México, los ensilados de maíz generalmente tienen un valor energético bajo a comparación a ensilados en Estados Unidos de América y Europa. Lo anterior se atribuye al énfasis en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, sin considerar la calidad nutritiva. La selección de variedades es fundamental para mejorar esta situación.



En la región norte y centro del país se dispone de híbridos de maíz para forraje formados a partir de germoplasma de origen tropical o templado; híbridos con menor ciclo a cosecha (precoces) que otros (intermedios o tardíos) y los denominados de alta calidad proteínica. Varios estudios indican una mayor digestibilidad en híbridos precoces en comparación a híbridos de ciclo más tardío, de ahí la importancia de desarrollar nuevas variedades y someterlas a estudios para evaluar su calidad y rendimiento en forraje. (Núñez et al., 2001).

En los primeros ideotipos de maíz no se discriminaba de acuerdo a su destino. Se aceptaba que el rendimiento y la calidad del ensilado están determinados por el rendimiento de grano y el % de grano por encima del resto de los componentes de la planta. Por lo tanto, los fitomejoradores y productores sostuvieron que los mejores maíces para grano eran los más adecuados para ensilado; así, el mejor híbrido para grano era considerado como el mejor forrajero. Como consecuencia, la mejora se dirigió al desarrollo de germoplasma e híbridos para producción de grano únicamente. Tal tendencia estuvo sustentada en investigaciones realizadas en EE.UU. en las décadas de 1930 y 1940. Este criterio es el que se aplica actualmente en muchas regiones del mundo y explica, en parte, la escasa presencia de híbridos forrajeros en esos mercados. Otra de los justificativos para seguir este enfoque es que programas de mejoramiento separados para ensilaje y para grano necesitan mucha mayor cantidad de recursos. Como consecuencia, hasta no hace mucho tiempo, los híbridos de maíz seleccionados por alto rendimiento de grano se utilizaron para producción de ensilado, asumiendo que el rendimiento de forraje y su calidad estaban determinados por la relación grano / (caña + hojas). (Bertoia, 2006).

La calidad del forraje se mide por medio de sus componentes: contenido de proteína, grasa, carbohidratos (contenidos de fibra cruda, fibra detergente acida y fibra detergente neutro, digestibilidad, y cenizas). Todo esto en su conjunto se le denomina materia seca que en un sentido estricto es lo que queda del forraje una vez extraída toda la humedad. Entre mayor sea la calidad de forraje mayor será la ganancia en peso y leche por unidad de forraje suministrado al ganado. De aquí viene la importancia de evaluar el forraje para conocer sus propiedades y así elegir uno sobre otro a la hora de utilizarlo para alimentar al ganado.

En el caso del maíz la tasa de acumulación de materia seca sigue una curva creciente hasta estabilizarse cuando el grano llega a su madurez fisiológica y después la planta se seca. Sin

embargo los nutrientes no siguen esta tendencia pues a medida que el grano madura la planta trasloca estos nutrientes contenidos en las hojas y en el tallo y los deposita en el grano, cambiando la composición de la planta.

En la digestibilidad la curva es decreciente siendo máxima al inicio de la vida de la planta y decreciendo conforme la planta va creciendo y acumulando materia seca hasta ser la mínima pasando la madurez fisiológica del grano. De aquí se deriva la importancia de establecer la fecha óptima de corte para obtener el máximo rendimiento en materia seca pero donde la digestibilidad siga siendo aceptable, es decir encontrar el punto de equilibrio entre estos parámetros.

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado es una práctica común en todos los países de agricultura avanzada, ya que contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera frente a requerimientos animales de relativa constancia. Se adapta para la conservación y posterior alimentación del ganado debido a lo siguiente:

- a. Alto volumen de producción en un solo corte.
- b. Alto contenido de hidratos de carbono fácilmente aprovechables.
- c. Relativa amplitud del período de cosecha.

La planta completa de maíz es un importante forraje para muchas actividades lecheras o cárnicas. El incremento de las demandas nutricionales para una respuesta animal óptima es un desafío para los productores de maíz, que deben seleccionar y manejar híbridos de gran producción de materia seca con características de calidad apropiadas (Bertoia, 2006).

La selección de híbridos de maíz para forraje se basa en información de producción de materia seca por hectárea y variables de calidad nutricional. En relación a la calidad nutricional, las evaluaciones consideran variables de composición química como proteína cruda, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro; así como digestibilidad de la fibra neutro detergente, contenido de carbohidratos no estructurales y contenido de almidón, en adición a su valor de energía neta de lactancia. La digestibilidad de la fibra detergente neutro

representa la fracción digestible de la fibra, es fuente de energía y contribuye a maximizar la síntesis de proteína microbiana, consumo y producción de leche. (Núñez et al., 2015)

Con algunas excepciones la proporción de mazorcas se correlaciona de manera alta y significativa con la digestibilidad de la planta total, podría favorecer una mayor calidad forrajera. Al respecto, se ha señalado, que con una proporción de mazorca superior al 54%, se puede asegurar una digestibilidad in vitro mayor al 68% y una energía neta de lactancia de 1.5 mega calorías o más por kilogramo de materia seca; con lo cual se puede incrementar el nivel productivo de las vacas lecheras y reducir sustancialmente el costo de alimentación. (Peña et al., 2002)

## **2.2. Características del maíz para forraje.**

La mayoría de las plantas forrajeras se cultivan para aprovechar sus hojas y tallos, por tal motivo, el momento en el que se cosechan coincide con la floración ya que en esta etapa alcanzan el máximo valor nutritivo. La excepción a esta regla, casi general, la constituye el maíz para forraje, en donde el grano es el que contiene mayor calidad y cantidad de nutrimentos. Es por ello que debe considerarse, antes de cualquier otra característica, una elevada aptitud para producción de grano. Por lo tanto, de acuerdo con Llanos (1984) un buen híbrido de grano se comporta bien como una buena variedad para producir forraje.

Son deseables variedades de maíz con porcentaje de tallos y hojas bajo y alto porcentaje de elote (por sus contenidos de carbohidratos y proteínas), ya que no basta con que presenten plantas muy altas y con gran cantidad de materia verde, es necesario que también cuente con una gran cantidad de grano pues es este el componente que más influye en el valor nutritivo del forraje (Bartolini, 1990).

Bertoia (2006) menciona que la cantidad de grano en el ensilaje es usada frecuentemente como criterio de calidad, pareciendo esto lógico, ya que el contenido de energía y proteína en el grano es mayor que la planta en sí. Las variedades más adecuadas son las que tienen un alto rendimiento de grano, estas deben aportar aproximadamente la mitad del peso de materia seca por las mazorcas.

### **2.3. Producción del forraje en verde y para ensilado.**

Existen dos tipos de cosecha y posterior suministro del forraje para los animales:

- Cosecha y suministro en verde.
- Conservación (ensilado, henificado, henolaje) y suministro en pie.

La calidad del ensilado depende en gran medida del momento de cosecha (Améndola, 2016). En el maíz destinado a la producción de forraje el rendimiento aumenta al retrasar la fecha de cosecha, sin embargo también lo hace el contenido de fibra, por lo que se reduce el contenido de energía así como también el de proteína.

El momento óptimo para realizar la cosecha del maíz para ensilado es cuando la planta alcanza un porcentaje de materia seca entre 28 y 35% (Johnson *et al.*, 1999), en el cual se permite una buena fermentación durante el proceso de ensilaje de maíz. Este porcentaje de humedad se presenta por lo general a los 60 días después de la floración. Un porcentaje de cosecha por arriba del 70% de humedad podría reducir el rendimiento del silo y permitir además formación de clostridios (*Clostridium* spp.). (Crookston, 1988) indicó un contenido adecuado de materia seca de 35 a 40%. Aunque (Subedi *et al.*, 2006) mencionan que si se cosecha con un contenido de humedad menor al 62% se podría producir un silo de baja calidad, debido a una inadecuada exclusión del aire, pobre fermentación y calor, esto podría conducir a grandes pérdidas de materia seca, putrefacción y disminución del periodo de vida del silo.

Una vez que el cultivo se ha desarrollado se debe tomar la decisión de cuando cosechar el forraje, para ello se considera el estado de madurez porque determina el contenido de grano, la digestibilidad y contenido de humedad del forraje.

El grano es la estructura del maíz con la mayor parte nutritiva de la planta. A partir de la floración el rendimiento de la planta entera estará ligado únicamente a la acumulación de materia seca en el grano; esto está asegurado por una parte por la fotosíntesis del período post-floración y otra por la movilización de reservas almacenadas en tallos, en las 2 o 3

semanas que siguen a la fecundación. Según la intensidad de los fenómenos de síntesis y movilización se pueden distinguir tres fases de la espiga:

1. Fase de intensa y rápida formación de materia seca en los granos: esta fase sigue mientras la planta continúa realizando la fotosíntesis activamente, en general hasta el estado lechoso-pastoso de grano (28-30%) de materia seca en la planta entera.
2. Fase de lenta formación de materia seca: la actividad fotosintética disminuye pero la demanda del grano es todavía elevada, sobrepasando la oferta la planta comienza entonces a movilizar los azúcares previamente almacenados (mientras continúe la fotosíntesis de la planta entera aumenta hasta el 30-32% de materia seca).
3. Detención de la síntesis de materia seca y continuación de movilizaciones: la fotosíntesis no es capaz de asegurar el aporte de metabolitos (debido a la temperatura, radiación insuficiente o a las hojas activas).

Si el maíz sufre de temperaturas bajas en el período de formación intensa del grano, la actividad fotosintética disminuye rápidamente y el rendimiento de la planta entera evoluciona lentamente alcanzando su máximo para un contenido en materia seca bajo, (25-27%), afectando a la calidad del ensilado resultante. (López, 2014)

La cantidad de agua que contiene el forraje al momento de ser cosechado es el factor más importante en determinar la calidad del ensilaje, si el maíz se cosecha con un alto contenido de agua (>70%) se produce una fermentación indeseable porque es dominada por bacterias formadoras de ácido butírico y también hay fuertes pérdidas de nutrientes digestibles por efecto del escurrimiento del agua del forraje. Por el contrario, si el forraje se cosecha muy seco (< 60% de 26 humedad) se dificulta la compresión del mismo produciendo calentamiento del forraje, la producción de mohos y retarda la fermentación anaeróbica, que es la deseable, así mismo se reduce la capacidad de almacenamiento del silo. El forraje se debe cosechar con un contenido de 65% de humedad; en este punto las pérdidas de forraje durante la cosecha, se minimizan. Este contenido de humedad se alcanza cuando la línea de leche o línea blanca está a la mitad del grano; la línea de leche es la característica que marca en el grano la división entre la porción líquida o suave del grano y la sólida. En algunos híbridos o variedades, especialmente los de grano blanco, es difícil de identificar la línea de

leche a simple vista, una manera de reconocer su ubicación es mordiendo el grano o presionándolo con la uña para separar la porción sólida de la líquida. (Peña et al., 2002)

La conservación de forraje, es muy importante para suplir las necesidades de forraje, durante períodos en que es escasa la alimentación de los animales en cantidad y calidad. Su realización debe ser muy bien analizada, ya que además de tener altos costos en su elaboración, incide en la superficie aprovechable, ya que reduce el área de las praderas que se podrían consumir directamente por las vacas y ser transformadas en leche en una manera más económica.

Uno de los fundamentos principales por los que se conservan los forrajes es el de transferir los excedentes primavera-verano de producción de forraje hacia otras épocas del año donde la oferta es menor, lo que permitiría cubrir el déficit forrajero de otoño-invierno para mantener una carga animal constante promedio a lo largo del tiempo (Romero, 2009).

La solución más práctica al problema de la variación estacional de la producción forrajera, es el almacenamiento del alimento excedente durante la época de mayor crecimiento, para utilizarse en el periodo de menor crecimiento o época crítica. Además, es conveniente tener una reserva de alimento almacenado como garantía contra eventualidades tales como sequías prolongadas, inundaciones, lluvias prolongadas o daños causados por patógenos (Jiménez, 1993).

### **2.3.1. Conservación de forraje: Ensilaje**

El ensilaje es el método para conservar el maíz y otros cultivos y se logra al bajar el pH de la masa de forraje mediante la producción de ácido láctico que se genera por la fermentación anaeróbica de los carbohidratos hidrosolubles presentes en la planta. Dentro del silo el pH baja entre 3.8 y 5.0 lo que detiene la actividad de microorganismos que inducen a la pérdida de calidad del forraje. Para ensilar el maíz, éste se pica, se coloca en el silo, se compacta para eliminar el aire y se cubre para crear las condiciones anaeróbicas.

La longitud de la partícula a la cual se pica el maíz para ensilar es muy importante para que el forraje pueda ser compactado firmemente y eliminar la mayor cantidad de aire del silo. El tamaño de la partícula recomendado es de 1.5 a 2.0 cm, si el maíz está muy maduro y su contenido de humedad es menor que el especificado como óptimo, el picado debe ser más fino para poder compactar el forraje.

El llenado y tapado del silo debe realizarse lo más rápido posible para eliminar el aire de la masa de forraje y evitar pérdidas de nutrientes. La forma correcta de llenar el silo es esparciendo capas de maíz picado de una altura no mayor a 0.3 m y apisonarla con el tractor para extraer el aire de la masa de forraje. Una vez que se ha llenado el silo, éste se debe tapar con un plástico y colocar sobre él, llantas o una capa de tierra de 3-5 cm para evitar que entre al aire al silo.

Esta actividad debe realizarse en un máximo de cinco días, esto es importante para eliminar lo más pronto posible la respiración celular que continua después de cosechada la planta.

Otro efecto de la respiración es que eleva la temperatura del silo afectando negativamente la calidad del forraje porque se forman compuestos nitrogenados indigeribles y aumentan los componentes fibrosos de la planta. El buen sellado del silo es importante para evitar la entrada del aire y la proliferación de levaduras y mohos que consumen carbohidratos y elevan la temperatura del silo. (Peña et al., 2002)

La labor de ensilaje se puede realizar durante climas inestables lo que permite cosechar la pradera en un estado más tierno y con mayor calidad. Para conseguir un buen ensilaje se debe poner atención en los siguientes aspectos:

- Ensilar forrajes de alta calidad, con un mínimo de tallos, y máximo de hojas.
- Ensilar con la mayor rapidez posible.
- Eliminar todo el aire del forraje ensilado mediante una buena compactación.
- Realizar un cuidadoso sellado del silo

## **2.4 El proceso de ensilaje.**

El proceso de ensilar se conoce como ensilaje, el producto obtenido se denomina ensilado, en tanto que se llama silo a la instalación utilizada para conservar el forraje (Améndola, 2016).

El ensilado de maíz se usa como fuente de energía y su bajo contenido proteico puede ser corregido a través de tortas de algodón, soja o girasol, o en parte con el agregado de urea a la ración o durante el proceso de ensilaje (Bertoia, 2006).

El ensilaje es una práctica de conservación de los forrajes que se ha incrementado en todo el mundo en los últimos años, lo cual podría sugerir que es una técnica generada en años recientes, sin embargo se tienen evidencias de su utilización en murales egipcios que provienen de 1000 a 1500 años antes de Cristo y se han encontrado ruinas de silos en Cartago que se construyeron 1200 años antes de Cristo.

El ensilado es el forraje conservado en verde, con un contenido de humedad de 65 – 70%, obtenido por la actividad generada por microorganismos anaerobios que fomentan la fermentación de azúcares a ácidos orgánicos tales como: ácidos láctico, acético y propiónico, con pérdidas mínimas en su valor nutritivo (Collins y Owens, 2003).

En el cuadro 2 se puede observar las 6 fases de la fermentación en el proceso de ensilaje, la actividad que realizan los diversos microorganismos involucrados así como su cambio en pH y temperatura a lo largo del proceso.

En el área de forrajes conservados, una de las ventajas de ensilar el forraje comparado con hacer heno, es que el proceso de ensilaje depende menos de las condiciones meteorológicas (Jiménez, 1993).

El proceso de ensilaje se basa en dos mecanismos para la preservación de un forraje húmedo: un ambiente anaeróbico y una fermentación de los azúcares de las plantas a ácido láctico produciendo un bajo pH. Un ambiente anaeróbico es esencial para prevenir el crecimiento de



microorganismos aeróbicos (hongos, bacterias) ya que estos pueden crecer en pH bajo (< 4) pero requieren oxígeno.

Cuadro 1. Fases que se presentan durante la fermentación del ensilado y su almacenamiento.

Tiempo (días) del ensilaje	Fase I 0 – 2	Fase II 2 – 3	Fase III 3 - 4	Fase IV 4 - 21	Fase V >21	Fase VI
Actividad	Respiración, producción de CO <sub>2</sub> , calor y agua	Producción de ácidos acético y láctico, y etanol	Formación de ácido láctico	Formación de ácido láctico	Almacenamiento	Alimentación. Deterioro aeróbico por exposición al aire
Cambio de temperatura	16 a 33°C (o mayor)	33 a 29	29	29	29	29 o mayor
Cambio de pH	6.5-6.0	6.0-5.0	5.0-4.0	4.0	4.0	4.0-7.0
Organismos	Bacterias ácido-lácticas y ácido acéticas	Bacterias ácido-lácticas y ácido acéticas	Bacterias ácido-lácticas	Bacterias ácido-lácticas	Bacterias ácido-lácticas	Mohos y levaduras

Fuente: Améndola, 2016.

Este método de conservación de forrajes consiste en la fermentación anaeróbica.

Para ensilar forraje se deben seguir los siguientes pasos

- a. El forraje debe picarse con una ensiladora (“picadora”), a fin de obtener trozos de 2 – 4 cm, lo cual permite “apisonar” correctamente el material, lo que favorece la fermentación posterior.
- b. El forraje picado se coloca en capas sucesivas de 40 – 50 cm de altura, cada una de las cuales debe ser “apisonada” y apretada perfectamente, para evitar que quede aire encerrado entre las capas, pues podría ocasionar fermentaciones indeseables.
- c. Tapar perfectamente el silo con un plástico y sellar las orillas con una capa de tierra, para evitar la penetración del aire y el agua, ya que ocasionaría pudriciones y reduciría la calidad del forraje.

El proceso fermentativo del ensilado comienza de inmediato y la culminación de las reacciones bioquímicas terminan alrededor de los 21 días, después de este tiempo y si el silo

permanece en condiciones de ausencia de oxígeno, el forraje puede conservarse y ser apto para el consumo animal indefinidamente. (Améndola, 2016)

## **2.5. Densidad de siembra y rendimiento de maíz forrajero.**

La producción total de materia verde es superior a altas densidades de siembra que a bajas. En la producción de materia seca se refleja una disminución progresiva al aumentar la distancia entre plantas, pero la diferencia no es significativa. (Elizondo, 2001). Estos resultados se obtuvieron a densidades de siembra de 47,619, 28,600 y 20,449 plantas por hectárea. Se evidencia que la producción de materia verde es mayor al reducirse la distancia de siembra entre plantas, obteniéndose la mayor producción cuando la distancia entre plantas es de 30 cm (47,619 plantas/Ha) con un rendimiento de 49,203 kg/Ha de materia verde, a comparación con las dos densidades restantes, (46,531 y 38,408 kg/ Ha respectivamente). Para la calidad de forraje, se reporta que a mayores días de madurez es menor el porcentaje de proteína cruda, en donde a los 42 días se tiene 19% de proteína cruda y decrece a valores de 4% a los 126 días de desarrollo de la planta. (Elizondo, 2001)

Hernández et al., (2011) reporta resultados similares a los esperados, en donde a mayor densidad de siembra, mayor rendimiento de forraje se obtiene, siempre y cuando no se sobrepase el punto donde el rendimiento decrece debido a la competencia entre individuos. En el primer experimento se encontró que el rendimiento en forraje, en promedio de genotipos, en la densidad de 83 333 plantas/ha (36 t/ha) fue estadísticamente superior, a la de 62 500 (31,3 t/ha), y esta a su vez estuvo por arriba de la densidad de 50 000 plantas (23,2 t/ha). En dicho trabajo se analizaron híbridos y un maíz criollo; esto se menciona debido a que el criollo establecido a 83 333 plantas produjo 57 t/ha de materia verde, por arriba de la mayor producción observada en los híbridos.

Núñez et al., (1999) reporta que los valores de digestibilidad in vitro varían de 62.6 a 67.8% en los híbridos intermedios y de 67.2 a 73.2% en los híbridos precoces. Los análisis de correlación muestran que la digestibilidad in vitro se correlaciona negativamente con el ciclo de los híbridos. Además, la digestibilidad in vitro también se asoció con la altura de planta y con el porcentaje de mazorca. Esto se debe a una mayor lignificación de los tejidos a medida que la planta presenta más días de madurez. Se presenta similitud entre los híbridos

“normales” y los híbridos con alta calidad proteica en el porcentaje de digestibilidad in vitro que varía de 66.3 % a 66. 2% respectivamente.

Esto demuestra la importancia de conocer el estado de madurez correcto para la cosecha de híbridos de maíz para forraje y así alcanzar los máximos rendimiento porcentajes de digestibilidad y proteína.

## **2.6. Producción de maíz grano.**

### **2.6.1. Importancia del maíz grano.**

En el mundo la producción de grano de maíz fue de 872.9 millones de toneladas en el 2011. Estados Unidos de América es el principal productor con 375.6 millones de toneladas, lo cual representa un 40.8%, seguido por países como China y Brasil con 192.7 y 70 millones de toneladas, respectivamente. México ocupa el séptimo lugar en producción de grano de maíz a nivel mundial; sin embargo, esto no es suficiente pues la demanda interna (32.1 millones de toneladas) tanto para consumo humano y animal, lo ubican como el principal importador de este grano. Para el año 2017, México produjo 27, 762,480.90 kilogramos SIAP (2018) de maíz grano, lo que no alcanza a cubrir la demanda nacional.

Las importaciones de grano de maíz en México comenzaron en la década de 1980, incrementaron de 2.5 millones en 1994 a 8.0 millones en 2010. La tasa de rendimiento de grano de maíz del 2000 a 2010 en el estado de México fue negativa (-0.32). El rendimiento promedio es de 2.65 t ha<sup>-1</sup> en temporal y de 3.75 t ha<sup>-1</sup> con riego en 2010. El área dedicada al maíz en los valles altos, ubicada entre 2200 a 2700 msnm, cuenta con condiciones de punta de riego, humedad residual o temporal con precipitaciones pluviales favorables, siendo de "muy buena" y "buena productividad", en aproximadamente 700 mil hectáreas. De ésta superficie, 300 mil son factibles de ser sembradas con semilla de híbridos de alto potencial de rendimiento. En esta zona el rendimiento promedio actual es de 3.5 t ha<sup>-1</sup> de grano de maíz, y se puede elevar por lo menos a 6 t ha<sup>-1</sup>, si se utilizan semillas mejoradas. (Zamudio et al., 2015).

### **2.6.2. Densidad de siembra y rendimiento de maíz para grano.**

Hodges y Evans (1990) estimaron un incremento en el rendimiento de 4.7% a 6.2% al reducir la distancia entre surcos de 0.76 m a 0.38 m. Laurer (1996) menciona ventajas de usar el sistema de siembra de surcos estrechos y doble hilera en maíz como un mejor control de las malezas al reducir la distancia entre surcos y permitir el cierre más rápido y más sombreado, uso de menos agua que se pierde por evaporación por menos incidencia de luz solar directa a la superficie del suelo a principios de temporada y por consecuencia periodos más largos de riego; una separación más equidistante entre plantas ayuda a minimizar la competencia entre las plantas por agua, nutrientes y luz. Estos beneficios crean un potencial para incrementar el rendimiento (Nielsen, 1997).

De acuerdo con Zamudio et al., (2015) quienes señalan que el rendimiento de grano de maíz sembrado a doble hilera fue mayor que para hilera sencilla (10 398 kg ha<sup>-1</sup> y 9 986 kg ha<sup>-1</sup>). La diferencia representó 4% más de grano a favor de la siembra a doble hilera, adicionalmente, los autores definieron que el rendimiento de grano se incrementa con el aumento de las densidades de plantas hasta 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>; y disminuye con densidades superiores.

La siembra a doble hilera en maíz podría representar una opción viable para incrementar los rendimientos unitarios de grano por hectárea en el estado de Sinaloa, pero esto podría ser válido sólo para ciertos genotipos (Luque, 2009).

El uso eficiente del nitrógeno para el maíz se puede mejorar con una óptima densidad de plantas y la reducción de la distancia entre surcos y aumenta los rendimientos de grano de maíz, esta hipótesis fue planteada en el norte de Nebraska. Los resultados encontrados fueron: el rendimiento de grano no fue afectado por el aumento de la densidad de plantas por encima de 61 800 plantas ha<sup>-1</sup>, pero si aumentó 4% más el rendimiento de grano cuando se redujo la distancia entre surcos a 0.51 m. Con una aplicación de 252 kg N ha<sup>-1</sup> hubo un aumento de 22% más en la producción de biomasa.

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 (Sangoi, 2000)

Lázaro et al., (2009) menciona que al sembrar las plantas a 0,2 0,25 y 0,3 (66 500, 53 200 y 44 289 plantas ha<sup>-1</sup>) respectivamente. La única variable que presenta una diferencia significativa es, el rendimiento de grano, siendo la óptima a 66,500 plantas ha<sup>-1</sup> con 4,251 kilogramos por hectárea. El incremento en densidad de 44 289 a 66 500 plantas ha<sup>-1</sup> aumentó el rendimiento de grano en 941 kg ha<sup>-1</sup> (28.4%). En la zona de trópico con variedades para dicha zona con riego de temporal.

Por otro lado, Espinosa et al., (2004) en un estudio realizado en CEVAMEX encontró que a densidad de 30 mil plantas/ha se tuvo mayor número de inflorescencias femeninas y número de mazorcas por planta en comparación con la densidad 65 mil plantas/ha. Se observó una reducción (17.6 %) del número de mazorcas en la densidad alta, en la densidad de 65 mil plantas/ha indica que 70 % de inflorescencias se reprimieron después de exponer sus estigmas; es decir, no desarrollaron grano. En la densidad de 30 mil plantas/ha, 30 % de inflorescencias se reprimieron.

En el mismo estudio se tiene que la contribución relativa de la mazorca primaria se incrementó con la densidad y el rendimiento por hectárea, mientras que la contribución de la mazorca secundaria disminuyó. En general, la mazorca primaria contribuyó al rendimiento por hectárea con 70 % y la secundaria con 30 % al rendimiento. En conclusión no hubo diferencias significativas en rendimiento de grano por hectárea y por planta entre las poblaciones estudiadas. 7,528 kg /Ha y 6,876 kg/Ha respectivamente.

### **III. Materiales y métodos**

#### **3.1. Zona de estudio.**

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Santa Lucía de Prias, Coatlinchán, Municipio de Texcoco, Estado de México (19° 27' latitud norte, 98° 51' longitud oeste, 2 240 m de altitud), con suelo de textura franco arenosa y en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Campo 4, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FES Cuautitlán, UNAM) ubicado en Cuautitlán Izcalli, Estado de México entre 19° 37' y 19° 45' de latitud Norte y entre los 99° 07' y 99° 14' de longitud Oeste, en el ciclo primavera verano 2016, a una altitud de 2274 m. un suelo Vertisol Pélico (Vp.), textura fina, arcilloso, pH de 6.8 y contenido de materia orgánica de 3.7%. El clima es C (w<sub>0</sub>) (w) b (i'), que corresponde al más seco de los templados subhúmedos (García, 1998), con régimen de lluvias en verano e invierno seco (menos del 5% de la precipitación anual) y verano largo.

#### **3.2. Genotipos evaluados.**

Los genotipos empleados en esta investigación fueron diez: cuatro obtenidos en el programa de mejoramiento genético de la UNAM y seis del INIFAP, ocho de ellos son híbridos trilineales, uno es híbrido de cruce simple y otro es híbrido de cruce doble, con los diez materiales se establecieron dos tipos de experimentos, uno de ellos en la densidad de población de 65,000 plantas por hectárea, para su evaluación de productividad de grano, este experimento se planeó cosechar a los 170 días después de la siembra (Cuadro 2).

Los mismos genotipo, se establecieron en otros experimentos a una densidad de población de 80,000 plantas por hectárea, para ser evaluados para producción y calidad de forraje, en estos casos la cosecha se efectuó a los 115 días después de la siembra (Cuadro 2).

Cuadro 2. Híbridos de maíz de la UNAM e INIFAP utilizados en dos tipos de experimentos para determinar rendimiento de grano, productividad y calidad forraje en tres ambientes de evaluación de Valles Altos en el ciclo Primavera – Verano 2016

No. Trat.	Nombre Comercial	Tipo De Híbrido	Origen	Densidad de Plantas (miles)	Días a cosecha	Destino de la cosecha
<b>EXPERIMENTO DE PRODUCTIVIDAD DE GRANO</b>						
1	H 61	HT	INIFAP	65	170	Grano
2	TLAOLI PUMA	HT	UNAM	65	170	Grano
3	(IA449RMIA44 X MIA47 )	HCS	UNAM	65	170	Grano
4	TSIRI PUMA	HT	UNAM	65	170	Grano
5	ATZIRI PUMA	HT	UNAM	65	170	Grano
6	H 47 AE	HT	INIFAP	65	170	Grano
7	H 49 AE	HT	INIFAP	65	170	Grano
8	H 53 AE	HT	INIFAP	65	170	Grano
9	H 50	HCD	INIFAP	65	170	Grano
10	H 51 AE	HT	INIFAP	65	170	Grano
<b>EXPERIMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE FORRAJE</b>						
1	H 61	HT	INIFAP	80	115	Forraje
2	TLAOLI PUMA	HT	UNAM	80	115	Forraje
3	(IA449RMIA44 X MIA47 )	HCS	UNAM	80	115	Forraje
4	TSIRI PUMA	HT	UNAM	80	115	Forraje
5	ATZIRI PUMA	HT	UNAM	80	115	Forraje
6	H 47 AE	HT	INIFAP	80	115	Forraje
7	H 49 AE	HT	INIFAP	80	115	Forraje
8	H 53 AE	HT	INIFAP	80	115	Forraje
9	H 50	HCD	INIFAP	80	115	Forraje
10	H 51 AE	HT	INIFAP	80	115	Forraje

HT: híbrido trilineal; HCS: Híbrido de Cruza simple; HCD: híbrido de cruza doble;

### 3.3. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con diez genotipos (híbridos), tres repeticiones, cada ensayo uniforme, se estableció en tres ambientes: Dos de ellos en el CEVAMEX Santa Lucía 1, Santa Lucía 2, así como otro en la FES Cuautitlán, UNAM; el análisis estadístico se efectuó con arreglo factorial, que consideró a los factores: genotipos (G: diez), ambientes (E: tres), así como la interacción genotipo por ambiente (G x E).

La parcela experimental estuvo constituida de un surco de 5 m de largo por 80 cm de ancho, dando un total de 4.0 m<sup>2</sup> como parcela útil.

### **3.4. Manejo agronómico.**

Previo a la siembra del cultivo, el terreno se preparó de forma convencional, consistente en aradura, dos pasos de rastra y trazo de surcos (distancia entre surcos de 0.8 m). Al momento de realizar el surcado se fertilizó con una dosis 80-40-00 (N, P, K), utilizándose urea y fosfato de amonio. La siembra se realizó el 27 de mayo de 2016 en CEVAMEX para la primera fecha, la segunda fecha y siembre se realizó el 24 de junio y el 6 junio de 2016 en FES Cuautitlán, UNAM a tapa pie con dos semillas por mata cada 25 cm. Se aplicó riego en la siembra y posteriormente se aplicaron dos riegos de auxilio, para el experimento de CEVAMEX, en cambio en la FES Cuautitlán, UNAM, sólo se dio un riego en la siembra y en el resto del ciclo se cubrió el requerimiento hídrico con la humedad de precipitación pluvial.

Para el control de maleza se aplicó herbicida a los 15 días posteriores al riego, con base a una mezcla de 3 kg de Gesaprim calibre 90, 1 L de Hierbamina y 1 L de Sansón 4 SC por hectárea. Una vez que emergieron las plantas se aclareo a 32 y 28 plantas por surco para obtener una densidad de población de 80,000 plantas ha<sup>-1</sup> y 65,000 plantas ha<sup>-1</sup> respectivamente.

### **3.5. Variables evaluadas.**

#### **3.5.1. Días a floración masculina.**

Se tomó en días contados desde el momento en que se realiza la siembra hasta el momento que han aparecido el 50% de las espigas (panoja) por cada surco.

#### **3.5.2. Días a floración femenina.**

Se tomó el dato considerando el día de la siembra hasta la aparición del 50% de los estigmas, que a su vez midieran como mínimo de 2 a 3 cm de longitud.



### **3.5.3. Altura de planta.**

En 10 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.

### **3.5.4. Altura de la mazorca**

En las mismas plantas elegidas para medir la altura, se registró la distancia en centímetros desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

### **3.5.5. Peso fresco de parcela.**

Para determinar el rendimiento de materia verde por hectárea, se cosecharon las plantas de 5 metros de cada parcela experimental cortando las plantas a una altura de 7 a 10 cm con respecto al suelo. Se pesaron el total de plantas cosechadas con una báscula romana.

### **3.5.6. Peso fresco de cinco plantas.**

Del total de plantas cosechadas se tomaron al azar 5 plantas completas de cada parcela, y se pesaron con una báscula romana.

### **3.5.7. Peso fresco de elote.**

A las mismas 5 plantas tomadas al azar de la parcela útil, se les separaron los elotes y se pesaron.

### **3.5.8. Peso fresco sin elote.**

De las mismas 5 plantas tomadas al azar una vez separado el elote se pesaron para registrar el peso fresco de planta sin elote.

### **3.5.9. Peso fresco de la muestra.**

De las 5 plantas utilizadas sin elote, se procede a picar con ayuda de una picadora, se introduce en una bolsa de papel rotulada y se pesa en la báscula.

### **3.5.10. Rendimiento de materia verde.**

Para determinar el rendimiento de materia verde por ha, se cosechó la parcela útil total, con cuyo valor al multiplicar por el factor de conversión, obtenido de dividir la superficie de una hectárea entre el tamaño de la parcela útil, se obtuvo el rendimiento de materia verde por ha.

Se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de materia verde} = \text{PFM} \times \text{FC}$$

Dónde:

PFM: Peso fresco de la totalidad del forraje cosechado de cada parcela útil; Kg.

FC: Se obtuvo de dividir la parcela útil entre 10,000 m<sup>2</sup>.

$$\text{FC} = (5 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}) / 10000 = 4 / 10000 = 2500$$

### **3.5.11. Rendimiento de materia seca.**

Para determinar la materia seca las muestras se secaron en una estufa de aire forzado durante 72 horas a 55 °C hasta obtener un peso constante posteriormente se calculó el rendimiento de materia seca por planta de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{RMS} = \text{PFM} \times \% \text{MS}$$

Dónde:

$$\text{RMS} = \text{Rendimiento en materia seca en kg ha}^{-1}$$

% MS= porcentaje de materia seca

### **3.5.12. Porcentaje de materia seca.**

El porcentaje de materia seca (ms) se determinó en base al rendimiento de materia seca con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MS} = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final} / \text{Peso inicial}) \times 100$$

En donde el peso inicial y el final son expresados en gramos.

### **3.5.13. Porcentaje de mazorca.**

De cada tratamiento se tomaron 5 plantas, se separaron las mazorcas, se secaron en una estufa de aire forzado hasta peso constante y se pesaron. Se obtuvo el peso promedio de mazorcas para cada tratamiento y se determinó el porcentaje de mazorca por medio de la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de mazorca} = \frac{\text{Peso seco promedio de mazorcas} \times 100}{\text{Peso seco promedio por planta}}$$

### **3.5.14. Peso de mazorca seca.**

Se toman 5 elotes de las 5 plantas cosechadas, se pesan en la báscula. Todo eso al momento de la cosecha en campo. Las muestras se secaron primero en el invernadero para disminuir la humedad y posteriormente en una estufa de aire forzado durante 72 horas a 55 °C hasta obtener un peso constante.

### **3.5.15. Porcentaje de proteína.**

Para determinar el contenido de proteína se tomó una submuestra de un kg de la muestra de forraje utilizada para determinar porcentaje de materia seca, se secó en una estufa con aire forzado durante 72 horas y se molió por medio del molino de Willey, con un tamaño de malla

de 1 mm de diámetro, se determinó el contenido de nitrógeno total, mediante el método de Microkjeldahl (AOAC, 1984), cuyo principio básico es la conservación del nitrógeno de las sustancias nitrogenadas en amonio, hirviéndolos en ácido sulfúrico concentrado (digestión) en presencia de un catalizador (mezcla catalizadora), compuesto que se emplea para aumentar el punto de ebullición.

El material orgánico se oxida a dióxido carbónico y agua; el ácido sulfúrico se convierte en dióxido de azufre y el nitrógeno se fija en forma de sulfato de amonio, este se diluye con agua y se neutraliza con hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y recibe en una solución de ácido bórico que luego es titulada con ácido clorhídrico estandarizado.

En esta forma indirecta, se conoce el contenido de nitrógeno, el cual multiplicado por un factor de proteína, nos dará el contenido de proteína de la muestra.

### **3.5.16 Porcentaje de digestibilidad.**

Para determinar el porcentaje de digestibilidad, de las muestras cosechadas para estimar rendimiento de forraje en materia seca se tomó una submuestra de la muestra utilizada, se molió en un molino de Willey con un tamaño de criba de 1 mm, a la que se le determinó la digestibilidad in vitro de la materia seca con la técnica de (Tilley y Terry, 1963).

Se pesaron 0.3 g de muestra y se colocaron dentro de un tubo de plástico numerado, se adicionaron 30 ml de saliva de McDougal y se incubaron a 39 °C durante 15 minutos y se adicionaron 10 ml de líquido ruminal, se pasó una corriente de CO<sup>2</sup> dentro del tubo por 15 segundos y se taparon inmediatamente. Se preparó un blanco como testigo siguiendo las mismas indicaciones pero sin agregar muestra. Se colocaron 48 horas en baño maría a una temperatura de 39 °C, y se agitaron a las 2, 4, 20 y 28 horas después de iniciada la incubación para dispersar las partículas. Posteriormente, a las 48 horas se adicionaron 6 ml de HCl 0.3 N y 2 ml de pepsina al 5% a cada tubo y se agitaron en tres ocasiones durante el día.

Después de 48 horas de digestión con pepsina se filtraron en papel filtrante, por medio de vacío, se secó el papel con la materia insoluble a 55 °C por 24 horas, se enfrió y peso.

El porcentaje de digestibilidad se determinó por medio de la fórmula siguiente:

$$\% \text{ DMS} = \frac{(\text{MSI}) - (\text{MSR} - \text{MS BLANCO})}{(\text{MSI})} \times 100$$

Dónde:

% DMS = Porcentaje de digestibilidad de la materia seca.

MSI = Materia seca inicial (peso inicial de la muestra).

MSR = Materia seca residual.

MS Blanco = Materia seca blanco.

#### **Procedimiento de Digestión:**

1. Se pesaron 0.3 g de la muestra
2. Se agregaron 3 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 99%
3. Se agregaron 0.5 g de catalizador
4. Se calentaron hasta que viraron a color verde pálido.

#### **Procedimiento “Destilación de la muestra”:**

1. Se purgo el microdestilador.
2. Se agregó agua a la bombilla del microdestilador.
3. Se colocó en un matraz 10 ml de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 4% y se adicionaron 2 gotas de la solución indicadora.
4. Se agregó al micro destilador la solución que se puso a digestión.

5. Por cada 3 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se agregaron 3 ml de NaOH o más hasta que la solución digerida viró a color azul o ferroso.
6. Se calentó la muestra con precaución.
7. Se debe obtener una muestra después de la destilación de 30 a 50 ml; que vira de color rojo a azul.
8. Se retira la muestra y se purga el microdestilador.
9. Se titula con HCl 0.1 N hasta que vire a color rosa.
10. Se mide la cantidad de ml de HCl utilizados.

Cuadro 3. Reactivos utilizados para la determinación del porcentaje de proteína.

• H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> al 99% (Ácido sulfúrico)	
• Catalizador	96 g de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	3.5 g de CuSO <sub>4</sub>
	0.5 g de Selenio
• NaOH al 33% (Hidróxido de sodio)	33 g/L
• H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> al 4% (Ácido bórico)	40 g/L
• HCL 0.1 N (Ácido clorhídrico)	8.5 mL/L de agua destilada
• Sol. Indicadora de rojo de metilo y verde bromocresol	Mezclar una parte de solución de rojo de metilo al 0.2% con 5 partes de solución etanólica de verde bromocresol al 0.2%

### 3.6. Variables evaluadas para producción de grano

Una vez que el grano llegó a madurez fisiológica se llevó a cabo la cosecha para evaluar el rendimiento de grano. Se cortaron las mazorcas de los 5 m de la parcela experimental se pesó la totalidad de mazorcas se separaron mazorcas buenas y mazorcas malas de la fracción de mazorcas buenas se seleccionaron 5 para el registro de las siguientes variables:

### **3.6.1. Longitud de mazorca.**

Se toman cinco mazorcas al azar y se mide desde la base al ápice con la ayuda de una regla. El resultado se expresa en centímetros.

### **3.6.2. Diámetro de mazorca.**

Con un vernier se mide el diámetro de las 5 mazorcas que se tomaron anteriormente. La medida es en centímetros.

### **3.6.3. Diámetro de olote.**

Se desgranar las 5 mazorcas, manualmente, se deposita el grano resultante en un contenedor y el olote se mide con la ayuda del vernier.

### **3.6.4. Hileras por mazorca.**

Se toman 5 mazorcas al azar, contando cada una de las hileras de la misma, el resultado se expresa en unidades.

### **3.6.5. Granos por hilera.**

Se toman las 5 mazorcas que se utilizaron para contabilizar las hileras por mazorca y se cuentan los granos de una hilera, el resultado se expresa en unidades.

### **3.6.6. Humedad de grano.**

Se obtuvo a través de la computadora de análisis de grano tipo GAC 2100. Donde se introdujo el grano (150 a 250 gramos).

### **3.6.7. Peso volumétrico del grano.**

Se obtuvo a través de la computadora de análisis de grano tipo GAC 2100. Donde se introdujo el grano (150 a 250 gramos).

### **3.6.8. Peso de doscientos granos.**

Con la ayuda de un contador automático de semillas, modelo, SCM-C, el cual se programa para que automáticamente se detenga al llegar a las 200 semillas, posteriormente se pesan en una báscula electrónica.

### **3.6.9. Porcentaje de grano/olote.**

Se obtuvo al desgranar cinco mazorcas recién cosechadas y definir el cociente de peso de grano entre peso de grano más olotes.

### **3.6.10. El rendimiento de grano se obtuvo con la siguiente formula:**

$$\text{Rendimiento} = (\text{P.C} \times \% \text{MS} \times \% \text{G} \times \text{FC}) / 8600$$

Dónde:

PC: Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas de cada parcela en kilogramos.

%MS: Porcentaje de materia seca, obtenida de la muestra 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.

FC: Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, que se obtiene al dividir 10,000 m<sup>2</sup> entre el tamaño de la parcela útil en m<sup>2</sup>.



8600: Es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%; Kg/ Ha.

### **3.7. Análisis estadístico.**

Los datos obtenidos del experimento se analizaron con los procedimientos Mixed y GLM del programa de SAS para Windows, versión 8 (SAS Institute, 2001), para un diseño en bloques al azar con arreglo factorial. La prueba de comparación de Medias se realizó mediante la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1988).

#### IV. Resultados y discusión.

En el primer experimento, es decir para determinar productividad de grano, en el cuadro 4 se presentan la significancia obtenida para diversas variables analizadas en la evaluación de los diez híbridos, a través de tres ambientes para determinar productividad de grano. Para el factor de variación ambientes se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la variable rendimiento, en cambio se definieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) en las variables de floración masculina, floración femenina, % de materia seca, % de grano, peso de 200 granos, peso volumétrico y altura de planta,

Para el factor de variación genotipos (híbridos) se encontraron diferencias altamente significativas en las variables de rendimiento y altura de planta. En la interacción (ambiente x genotipo) se definió diferencia significativa solamente para la variable de altura de planta.

Cuadro 4.- Cuadrados medios y significancias estadísticas obtenidas de los análisis de varianza para diversas variables para determinar la productividad de grano de diez híbridos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. P-V 2016.

Factor de variación	GL	Rendimiento grano	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca	Peso volumétrico	% Materia seca	Peso de 200 granos
AMB	2	6668068.45*	532.07**	481.23**	3390.87**	23.41	39.87**	71.11**	1841.41**
GEN	9	4988016.13**	4.19	4.19	2419.30**	250.35	10.00	0.88	88.07
AMB*GEN	9	4598991.49	8.22	8.22	1051.91*	103.02	8.91	0.96	65.34
BLO(AMB)	9	7371237.89	1.65	1.65	1029.02	245.45	8.50	2.15	113.34
ERROR	54	1675383.0	3.27	3.27	515.94	160.27	6.52	0.76	46.99
C.V.		19.19	2.29	2.29	9.33	10.57	3.37	1.00	10.26
MEDIA		6741.84	78.70	78.70	243.31	119.71	75.77	3.08	66.81

\* Significativo al 0.05 de probabilidad de error \*\* Altamente significativo al 0.01 de probabilidad de error.

En el segundo experimento, es decir para determinar productividad y calidad de forraje, en el cuadro 5, se muestran los niveles de significancia obtenidas para las diferentes variables en la evaluación de los diez híbridos, a través de tres ambientes para determinar productividad de forraje. Para el factor de variación entre ambientes, para la variable rendimiento de materia verde se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), en cambio se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para las variables de: rendimiento de materia

seca, % de materia seca, % de mazorca y peso de mazorca, porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad.

Para el factor de evaluación genotipos, en las variables: rendimiento de materia verde y rendimiento de materia seca se presentaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ). Para las variables: porcentaje de mazorca y peso de mazorca, se definieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los genotipos evaluados.

Para el factor de variación de la interacción (ambiente x genotipo) se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para las variables: porcentaje de mazorca y peso de mazorca. En el resto de las variables no se detectó significancia estadística.

Cuadro 5.- Cuadrados medios y significancias estadísticas obtenidas de los análisis de varianza para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje de diez híbridos de maíz evaluados en tres ambientes de Valles Altos. P-V 2016.

Factor de variación	GL	Rendimiento de materia verde	Rendimiento de materia seca	% Materia seca	% Mazorca	Peso de mazorca	% Proteína	% Digestibilidad
<b>AMB</b>	2	634092361*	125885209.5**	315.96**	6968.35**	1.073**	12.68**	278.71**
<b>GEN</b>	9	1436999691**	106031022.7**	11.57	54.51*	0.023*	1.16	19.71
<b>AMB*GEN</b>	9	125457330	13398110.2	16.72	55.29**	0.023**	1.01	17.38
<b>BLO(AMB)</b>	9	88360417	14353318.1	37.09	24.71	0.009	2.56	45.80
<b>ERROR</b>	54	136618904	14805911	24.31	23.10	0.009	0.63	34.48
<b>C.V.</b>		19.69	25.0	18.73	16.58	21.33	8.77	8.56
<b>MEDIA</b>		59355.56	15382.19	26.31	28.97		9.08	68.54

\* Significativo al 0.05 de probabilidad de error \*\* Altamente significativo al 0.01 de probabilidad de error.

Para el primer tipo de experimentos, es decir para determinar productividad de grano, en la prueba de comparación de medias en los tres ambientes evaluados (Cuadro 6 y 7) en la variable para rendimiento, se encontraron dos grupos de significancia, ubicándose Santa Lucía 1, primera fecha de siembra, con el mayor rendimiento de grano ( $7282 \text{ kg ha}^{-1}$ ), superior en 11.2% a los rendimientos obtenidos en FES Cuautitlán, UNAM y Santa Lucía, segunda fecha 2 ( $6467 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Dichos resultados son similares a los reportados por Espinosa *et al.*, (2004) para la localidad de Santa Lucía (CEVAMEX).

Estos resultados fueron probablemente consecuencia de los diez días de diferencia que se tuvo a comparación de FES Cuautitlán, UNAM lo que provocó posiblemente un mayor aprovechamiento del periodo húmedo en la localidad de Santa Lucía. Posiblemente los 18 días de diferencia entre la primera fecha y segunda fecha de la localidad de Santa Lucía también sea la consecuencia de la diferencia de rendimiento entre ambos ambientes.

Para la variable, floración masculina, se definieron dos grupos de significancia, siendo similares Santa Lucía 1 y Santa Lucía 2, con 75 días y 74 días respectivamente, se definieron 7 y 8 días menos en Santa Lucía primera fecha y segunda fecha respectivamente en comparación de FES Cuautitlán, UNAM que fue de 82 días a floración masculina.

En Santa Lucía, en los meses de mayo a julio, se tienen temperaturas medias de 18.1 a 19.7 °C (Servicio meteorológico nacional, 2018). En la localidad de FES Cuautitlán, UNAM se tuvieron temperaturas medias en los meses de mayo a julio de 17.6 a 19.1 °C (estación meteorológica, Almaraz, FES Cuautitlán, UNAM) lo que posiblemente explique la diferencia entre ambas localidades. Ya que a menor temperatura, menor actividad metabólica de la planta, lo que retarda las fases de desarrollo fisiológico en las plantas.

En el caso de floración femenina, se definieron tres grupos de significancia, las tres localidades presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en donde la localidad con mayor precocidad fue Santa Lucía segunda fecha, seguido de la primera y por último FES Cuautitlán, UNAM.

Para altura de planta se definieron dos grupos de significancia, la mayor altura de planta, se obtuvo en el ambiente de Santa Lucía primera fecha, a comparación de las dos restantes. Esto podría explicarse debido a la diferencia de temperaturas antes mencionadas.

En la comparación de medias para la variable: porcentaje de materia seca, se tuvieron dos grupos de significancia, los valores más elevados fueron para Santa Lucía 1 y Santa Lucía 2, con un valor de 88 % de materia seca en ambos casos, a diferencia de la FES Cuautitlán, UNAM que presentó 85 % (Cuadro 7). En el ambiente de FES Cuautitlán, UNAM se tuvo mayor precipitación en los meses de mayo a julio, 421.7 mm pp (estación meteorológica Almaraz, FES Cuautitlán, UNAM) a comparación de los 78 mm (Servicio Meteorológico

Nacional, 2018) esto podría explicar la diferencia que se traduce en menor humedad en los ambientes de Santa Lucía, lo que se traduce en mayor rendimiento de materia seca.

Cuadro 6. Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.

<b>AMBIENTE</b>	<b>Rendimiento grano (Kg/ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Floración masculina (días)</b>	<b>Floración femenina (días)</b>	<b>Altura planta (cm)</b>	<b>Altura mazorca (cm)</b>
<b>Santa Lucía 1</b>	7282 a	75 b	78 b	255 a	119 a
<b>FES Cuautitlán, UNAM</b>	6467 b	82 a	83 a	238 b	121 a
<b>Santa Lucía 2</b>	6467 b	74 b	75 c	236 b	120 a
<b>D.S.H. 0.05</b>	805	1	1	14	8

D.S.H.= Diferencia significativa honesta (P<0.05)

Para la variable porcentaje de grano se definieron tres grupos de significancia, es decir se obtuvieron diferencias significativas en las tres localidades, en cambio en las variables: peso volumétrico y peso de 200 granos, se definieron dos grupos de significancia, donde los valores más altos se obtuvieron en FES Cuautitlán, UNAM a comparación con los ambientes de Santa Lucía. Esto pudo ser consecuencia de un ambiente que favoreció el crecimiento y desarrollo del cultivo y, por lo tanto, la formación de la mazorca.

Cuadro 7.- Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.

<b>Ambiente</b>	<b>% Materia seca</b>	<b>% Grano</b>	<b>Peso volumétrico (kg/hl)</b>	<b>Peso de 200 granos (gr)</b>
<b>Santa Lucía 1</b>	88 a	85 b	75 ab	61.4 b
<b>FES Cuautitlán, UNAM</b>	85 b	87 a	77 a	75.8 a
<b>Santa Lucía 2</b>	88 a	83 c	75 b	63.2 b
<b>D.S.H. 0.05</b>	0.54	0.97	2	4.26

D.S.H.= Diferencia significativa honesta (P<0.05)

Para el segundo experimento, es decir para determinar productividad y calidad de forraje, en la prueba de comparación de medias en los tres ambientes evaluados (Cuadro 8) en la variable para rendimiento de materia verde, se encontraron dos grupos de significancia, ubicándose

Santa Lucía 1, primera fecha de siembra, con el mayor rendimiento de forraje verde (64,392 kg ha<sup>-1</sup>), que representa 9.5 % superior en comparación de Santa Lucía 2, segunda fecha y 14% en comparación a FES Cuautitlán, UNAM (55,383 kg ha<sup>-1</sup>). Estos resultados son superiores a los reportados por Elizondo, (2001) y Hernández *et al.*, (2011).

Para la comparación de medias en la variable rendimiento de materia seca, se definieron dos grupos de significancia, se tuvo el mayor rendimiento (17,458.3 kg ha<sup>-1</sup>), en Santa Lucía segunda fecha, esto se puede deber a la menor cantidad de humedad, debido a las bajas precipitaciones en comparación a FES Cuautitlán, UNAM y a la siembra tardía a comparación de la primera fecha. El rendimiento de materia seca está relacionado con el porcentaje de materia seca, por lo que los resultados son similares.

En la comparación de medias para la variable peso de mazorca, se presentaron tres grupos de significancia, ubicándose en el valor más alto la FES Cuautitlán, UNAM (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.

Ambiente	Rendimiento de materia verde (kg/ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento de materia seca (kg/ha <sup>-1</sup> )	% Materia seca	% mazorca	Peso de mazorca (kg)
FES Cuautitlán, UNAM	55383 b	13362 b	24.3 b	15.8 c	0.6 a
Santa Lucía 1	64392 a	15326 ab	24.5 b	45.7a	0.3 c
Santa Lucía 2	58290 ab	17458 a	30.0 a	25.4 b	0.5 b
D.S.H. 0.05	7273	2394	3.1	2.99	0.061

D.S.H.= Diferencia significativa honesta (P<0.05)

En la comparación de medias para la variable porcentaje de proteína se definieron dos grupos de significancia, ubicándose en el valor más alto el ambiente de Santa Lucía segunda fecha, el cual presentó 9.82 % de proteína. Los dos ambientes restantes no se tienen diferencias significativas (Cuadro 9). Otra variable importante para la calidad de forraje es el porcentaje de digestibilidad en donde no se encontraron diferencias significativas entre FES Cuautitlán, UNAM (69.56 %) y Santa Lucía segunda fecha (70.94 %).

Santa Lucía primera fecha presenta diferencia significativa (P<0.05) (65.13 %). Los resultados son similares a los reportados por Núñez *et al.*, (1999) los valores de digestibilidad

*in vitro* varían de 62.6 a 67.8% en los híbridos intermedios y de 67.2 a 73.2% en los híbridos precoces.

Cuadro 9.- comparación de medias entre ambientes para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de diez híbridos de maíz. P-V 2016.

Ambiente	% Proteína	% Digestibilidad
<b>FES Cuautitlán, UNAM</b>	8.58 b	69.56 a
<b>Santa Lucía 1</b>	8.84 b	65.13 b
<b>Santa Lucía 2</b>	9.82 a	70.94 a
<b>D.M.S. 0.05</b>	0.49	3.65

D.M.S.= Diferencia mínima significativa (P<0.05)

Para el primer tipo de experimentos, es decir para determinar productividad de grano, en la prueba de comparación de medias para los diez genotipos evaluados, considerando la media de los tres ambientes de evaluación (Cuadro 10) en la variable rendimiento de grano, se encontraron dos grupos de significancia, ubicándose al híbrido Atziri Puma, con el mayor rendimiento de grano (8044 kg ha<sup>-1</sup>), fue superior estadísticamente al híbrido, H 51AE, también a H 47 AE, siendo superior Atziri Puma en 25 % al H 51 AE. Dichos resultados son similares a los reportados por Espinosa *et al.*, (2004) en CEVAMEX sin embargo el híbrido Atziri Puma muestra rendimientos por arriba de lo obtenido en dicho estudio que van de 6,876 kg hasta 7,528 kg ha<sup>-1</sup>).

En segundo lugar en rendimiento de grano se ubicó Tsíri Puma con 7783 kg ha<sup>-1</sup>, lo que es importante ya que este híbrido fue recientemente liberado comercialmente por la FESC UNAM (Tadeo *et al.*, 2016).

Los otros genotipos exhibieron rendimientos similares estadísticamente. Los genotipos Tsíri Puma, H-49AE y H-56AE presentaron los valores más altos de altura de planta. En las variables de floración masculina, floración femenina y altura de mazorca, no se presentan diferencias.

Cuadro 10.- comparación de medias entre diez híbridos de maíz para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.

Genotipo	Rendimiento grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)
ATZIRI PUMA	8044 a	77 a	80 a	241 abc	120 a
TSIRI PUMA	7783 ab	77 a	78 a	268 a	111 a
H 49AE	7002 ab	77 a	79 a	256 ab	114 a
(ENS4@QRL-#)XMIA47	6969 ab	77 a	80 a	242 abc	122 a
H 53AE	6752 ab	77 a	79 a	256 ab	120 a
TLAOLI PUMA1	6689 ab	77 a	78 a	230 bc	118 a
H-61	6334 ab	76 a	77 a	233 abc	119 a
H-50	6049 ab	77 a	79 a	237 abc	124 a
H 51AE	5986 b	76 a	78 a	256 ab	131 a
H 47AE	5811 b	77 a	78 a	212 c	118 a
D.M.S. 0.05	2013	3	3	35	20

D.M.S.= Diferencia mínima significativa (P<0.05)

En la comparación de medias para las variables, porcentaje de materia seca, porcentaje de grano y peso volumétrico no se presentan diferencias significativas entre los genotipos evaluados. (Cuadro 11) para el peso de doscientos granos se tienen diferencias entre el híbrido H-51 AE siendo superior al H-62.

Cuadro 11.- comparación de medias entre diez híbridos de maíz para diversas variables para determinar la productividad de grano considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.

Genotipo	%Materia seca	%Grano	Peso volumétrico (kg/hl)	Peso 200 granos (gramos)
ATZIRI PUMA	86 a	86 a	75 a	66 ab
TSIRI PUMA	87 a	87 a	77 a	65 ab
H-49AE	87 a	87 a	77 a	69 ab
(ENS4@QRL-#)XMIA47	87 a	87 a	76 a	66 ab
H-53AE	86 a	86 a	74 a	67 ab
TLAOLI PUMA1	87 a	87 a	76 a	70 ab
H-61	87 a	87 a	74 a	62 b
H-50	87 a	87 a	76 a	66 ab
H-51AE	87 a	87 a	77 a	72 a
H-47AE	87 a	87 a	77 a	63 ab
D.M.S. 0.05	1	1	4	10.66

D.M.S.= Diferencia mínima significativa (P<0.05)

Para el segundo tipo de experimentos, es decir para determinar productividad y calidad de forraje, en la prueba de comparación de medias en los tres ambientes evaluados (Cuadro 12)



en la variable para rendimiento de materia verde, se encontraron cuatro grupos de significancia, ubicándose al híbrido Tlaoli Puma con el mayor rendimiento de forraje verde (70,202 kg ha<sup>-1</sup>), superior estadísticamente a H 51 AE, H 47 AE, siendo el híbrido H-47AE quién presentó el menor rendimiento a comparación de los demás materiales, siendo inferior en 46.4 % al Tlaoli Puma, lo anterior es importante ya que Tlaoli Puma fue registrado ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) y cuenta con Título de Obtentor a favor de la UNAM, (Tadeo R., M., 2018: Comunicación personal). En segundo lugar se ubicó el híbrido Tsíri Puma con 68,750 kg ha<sup>-1</sup>. El híbrido Tlaoli Puma obtuvo un rendimiento medio de materia seca de 19. 6 ton ha<sup>-1</sup>, siendo superior (P<0.05) a los híbridos H-61, H-51AE y H-47AE en 34.1%, 37% y 59% respectivamente. En peso de mazorca el híbrido H-53AE fue superior (P<0.05) a los híbridos H-61 y H-47AE.

Cuadro 12.- Comparación de medias entre híbridos para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.

Genotipo	Rendimiento materia verde (Kg/ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento materia seca (Kg/ha <sup>-1</sup> )	%Materia seca	% Mazorca	Peso de mazorca (kg)
<b>TLAOLI PUMA1</b>	70202 a	19615 a	27 a	27 a	0.5 ab
<b>TSIRI PUMA</b>	68750 ab	17567 abc	26 a	31 a	0.5 ab
<b>H-49AE</b>	68472 ab	17474 abc	25 a	28 a	0.5 ab
<b>H-53AE</b>	66694 ab	15876 abc	24 a	27 a	0.6 a
<b>ATZIRI PUMA</b>	66333 ab	18543 ab	28 a	29 a	0.4 ab
<b>(ENS4@QRL#)XMIA47</b>	63417 ab	16055 abc	25 a	26 a	0.5 ab
<b>H-50</b>	58944 abc	15278 abc	26 a	27 a	0.4 ab
<b>H-61</b>	51167 bc	12922 bcd	26 a	30 a	0.4 b
<b>H-51AE</b>	45194 cd	12419 cd	26 a	32 a	0.4 ab
<b>H-47AE</b>	32556 d	8072 d	27 a	33 a	0.3 b
<b>D.S.H. 0.05</b>	18179	5984.4	7.66	7.47	0.15

D.M.S.= Diferencia mínima significativa (P<0.05)

En el cuadro 13 se presenta la comparación de medias de los 10 genotipos, para las variables de porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad que representan la calidad de forraje. No se presentan diferencias entre los 10 híbridos, siendo esto un buen indicador de la calidad forrajera que tiene cada uno de ellos, ya que todos se encuentran dentro de los valores aceptables para las variables antes mencionadas.

La media obtenida para porcentaje de proteína fue de 9.12 % cifra superior a la reportada por López (2014) quién obtuvo una media de porcentaje de digestibilidad de 8.6 %. En la comparación de medias entre genotipos no se encuentran diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) pero el genotipo H-51AE presenta una tendencia a obtener valores más elevados para porcentaje de proteína. Se obtuvo una media de 68.2 % de digestibilidad in vitro para los híbridos evaluados. Para la comparación de medias entre los híbridos no se presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) observando una tendencia a presentar valores más elevados por parte del híbrido (ENS4@QRL-#) XMIA47. Dichos resultados son similares a los obtenidos por Núñez et al., (1999) quienes reportan que los valores de digestibilidad in vitro varían de 62.6 a 67.8% en los híbridos intermedios y de 67.2 a 73.2% en los híbridos precoces.

Cuadro 13.- Comparación de medias entre híbridos para diversas variables para determinar la productividad y calidad de forraje considerando la media de tres ambientes de evaluación de Valles Altos. P-V 2016.

<b>Genotipo</b>	<b>% Proteína</b>	<b>% Digestibilidad</b>
<b>H-51AE</b>	9.7 a	67.0 a
<b>H-49AE</b>	9.6 a	67.0 a
<b>H-61</b>	9.3 a	68.5 a
<b>H-50</b>	9.3 a	70.3 a
<b>H-47AE</b>	9.2 a	68.3 a
<b>TSIRI PUMA</b>	9.0 a	70.0 a
<b>TLAOLI PUMA</b>	9.0 a	69.0 a
<b>H-53AE</b>	8.7 a	68.1 a
<b>(ENS4@QRL-#) X MIA47</b>	8.7 a	71.0 a
<b>ATZIRI PUMA</b>	8.7 a	67.0 a
<b>D.M.S. 0.05</b>	1.23	9.13

D.M.S.= Diferencia mínima significativa ( $P < 0.05$ )

## V. Conclusiones.

1. El híbrido Atziri Puma, presentó el mayor rendimiento de grano ( $8044 \text{ kg ha}^{-1}$ ), superior estadísticamente al híbrido, H 51AE, también a H 47 AE, en segundo lugar en rendimiento de grano se ubicó Tsíri Puma con  $7783 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que es importante ya que este híbrido fue recientemente liberado comercialmente por la FESC UNAM.
2. El híbrido Tlaoli Puma exhibió el mayor rendimiento de forraje verde ( $70,202 \text{ kg ha}^{-1}$ ), superior estadísticamente a H 51 AE, H 47 AE, lo anterior es importante ya que Tlaoli Puma fue registrado ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) y cuenta con Título de Obtentor a favor de la UNAM, En segundo lugar se ubicó el híbrido Tsíri Puma con  $68,750 \text{ kg ha}^{-1}$ .
3. Con base en los rendimientos de grano, forraje y su calidad los híbridos Atziri Puma y Tlaoli Puma, mostraron características favorables para considerarse materiales de doble propósito.
4. El híbrido Atziri puma presentó mayor rendimiento de grano y forraje ( $8044 \text{ kg/Ha}$  y  $66.3 \text{ ton/Ha}$ ) respectivamente a comparación de los híbridos H-51AE y H-47AE, no presentó diferencia con los demás genotipos evaluados.
5. En los análisis de calidad de forraje, porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad no se observaron diferencias significativas entre híbridos. Es importante mencionar que dichos resultados son similares a los obtenidos por diversos híbridos en los valles altos de México.
6. La cosecha realizada en Santa lucía primera fecha obtuvo el mayor rendimiento de grano con respecto a los ambientes establecidos en FES Cuautitlán, UNAM. Y al establecido en Santa Lucía como segunda fecha de siembra.
7. Para el rendimiento de materia verde, Santa Lucía presenta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto al ambiente de FES Cuautitlán, UNAM.

8. Santa Lucía segunda fecha fue superior ( $P < 0.05$ ) en porcentaje de proteína obteniendo una media de 9.8% a comparación de los dos ambientes restantes. Los ambientes de FES Cuautitlán, UNAM y Santa Lucía segunda fecha presentaron diferencias significativas a comparación del ambiente establecido en Santa Lucía primera fecha, siendo este último el de menor porcentaje de digestibilidad in vitro.

## VI. Literatura consultada.

- Améndola, M. (2016). Conservacion de alimentos para pequeños rumiantes. Universidad Autonoma de Chapingo. Texcoco, México.
- AOAC. (2012). Official methods of analysis of AOAC International (19 ed., Vol. 1). Washington, D.C. USA. 672p.
- Bartolini, R. (1990). El Maíz. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Bertoia, L. M. (2006). Algunos conceptos sobre el cultivo de maiz para ensilaje. Lomas de Zamora: Cátedras de cerealicultura y manejo de pasturas.
- Collins, M., J. F. Owens. (2003). Forage quality. pp. 363-390. En: Barnes, F. R., J. Nelson C., M. Collins and K. Moore J. (Eds.). Forage: An Introduction to Grassland Agriculture.
- Crookston, R. K. (1988). Using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage. American Society of Agronomy 293-295.
- E. de la cruz Lázaro, H. Córdova Orellano, M.A. Estadra Botella, JD. Mendoza Palacios, A. Gómez Vázquez y NP. Brito Manzano, (2009). “*Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población*” en Universidad y ciencia [en línea ] N° 1, vol. 25. Abril 2009, Scielo, disponible en : [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792009000100007&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792009000100007&script=sci_arttext&tlng=en) [ acceso el 20 de octubre de 2018]
- Elizondo Jorge y Boschino Carlos, (2001). “*Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz*” en Agronomía mesoamericana [en línea] N° 12. 2001, Dialnet, disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5039752> [Accesado el 20 de octubre de 2018]
- Espinosa Calderón, A, M. Tadeo-Robledo, A. Turrent Fernández, N. Gómez Montiel, M. Sierra Macías, A. Palafox-Caballero, F. Caballero Hernández, R. Valdivia Bernal y

- F. Rodríguez Montalvo. (2008) a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93: 118-125.
- Espinosa Calderón, A., Tadeo Robledo, M. y Zamudio González, B. (2008) b. H-47 AE, HÍBRIDO DE MAÍZ PARA VALLES ALTOS DE MÉXICO. *Revista Fitotécnica Mexicana*, 41(1): 87-88.
- Espinosa Trujillo, E. y Mendoza Castillo, M. y Ortiz Cereceres, J. (2004). “*Rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones prolíficas de maíz, bajo dos densidades de siembra*” . *Revista Fitotécnica Mexicana*, [en línea] 27(Es1), pp.39-41. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61009908>
- Hernández Sánchez Miguel Angel, Aguilar M. Cecilio, Valenzuela J. Nicolás, Hernández S. César, J. Rojas M. Concepción y V. Verduzco Clemente (2011). “*Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros*” en *Agronomía mesoamericana* [en línea] N°2. Diciembre, 2011, Scielo, disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212011000200005](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000200005) [accesado el 20 de octubre de 2018]
- Hodges T. y Evans, D.W. 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. *J. Produc. Agric.* 3:190-195.
- Jiménez, M. A. (1993). *Conservación de forrajes en México*. 3° Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 87 p.
- Jiménez, M. A. (2008). *Conservación de forrajes para mejorar la productividad del ganado*. Puebla: SAGARPA.
- Laurer, J. 1996. *Planting corn in rows narrower than 30 inches*. University of Wisconsin. Agronomy Advice. Publication. Field Crop. 28.423-8.
- Llanos, M. 1984. *El Maíz, su Cultivo y Aprovechamiento*. Mundi-Prensa. España. 290 p.
- López López, C. (2014). *Productividad de grano y forraje en dos densidades de población de híbridos de maíz androestériles y fértiles*. Tesis de Licenciatura. UNIVERSIDAD

NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN.

Luque, S. E. J. 2009. Métodos de siembra una alternativa viable para incrementar la producción de maíz en Sinaloa. Folleto fundación Produce Sinaloa. Sinaloa, México. <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/838/Metodos%20de%20siembra,%20una%20alternativa%20viable.pdf>

Nielsen, R. L. 1997. Perspectives on narrow row spacings for corn (less than 30 inches. Purdue University. Publication No.2: 96-17.

Núñez Hernández, G., Anaya Salgado, A., Faz Contreras, R. and Serrato Medina, H. (2015). HIBRIDOS DE MAIZ FORRAJERO CON ALTO POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE LECHE DE BOVINO. AGROFAZ, 15(1), p.49.

Núñez Hernández, G., Faz Contreras, R. y Tovar Gómez M. (2001). Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. 1st ed. Torreón, Coahuila: INIFAP, pp. 77,78.

Ortiz Cereceres, J., R. Ortega Paczka, J. Molina Galán, M. Mendoza Rodríguez, M. C. Mendoza Castillo, F. Castillo González, A. Muñoz Orozco, A. Turrent Fernández y T. A. Kato Yamakake. 2007. Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, México

Peña Ramos, A., Núñez Hernández, G. Y González Castañeda, F. (2002). Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad.3rd ed. Ciudad de México: INIFAP, p.216.

Romero, E. M. (2009). Manual de practicas de producción y aprovechamiento de forrajes. FMVZ UNAM. México, D. F.

SAS, Institute. 2002. Statistical Analysis System User's Guide. SAS Institute. Cary. USA.

956 p.

- Sangoi L (2000) Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural*, Santa María. 31(1): 159–158.
- Steel, R.G. and Torrie, J.H. (1988) *Biostatistics: Principles and Procedures*. McGraw Hill, México.
- Subedi, K.D., Ma B.L., Smith D.L. (2006). Response of a Leafy and nonleafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science* 46:1860-1869.
- Tadeo Robledo, M., Espinosa Calderón, A. Y García Zavala, J. (2016). Tsíri puma, híbrido de maíz para valles altos con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Rev. fitotec. mex*, 39(3), pp.1-3.
- Turrent, F. A. 2009. Potencial productivo de maíz. *Rev. Cienc.* 92(93):126-129.
- Tilley, J. M. A., Terry R. A. (1963). A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18:104-111 Van Soest P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analices and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26:119-128
- Zamudio González, B., Espinosa Calderón, A. Y Tadeo Robledo, M. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Rev. Mex. Cienc.*, 6(7), pp.1, 2.