



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Productividad de grano y forraje en dos
densidades de población de híbridos de
maíz androestériles y fértiles.**

TESIS

Que para obtener el título de:

Ingeniera Agrícola

Presenta

CONSUELO LÓPEZ LÓPEZ

ASESORA: M.C. MARGARITA TADEO ROBLEDO

COASESORES: DR. JOB ZARAGOZA ESPARZA

DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO 2014



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

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

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

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

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

Productividad de grano y forraje en dos densidades de población de híbridos de maíz androestériles y fértiles.

Que presenta el pasante: **CONSUELO LÓPEZ LÓPEZ**
Con número de cuenta: **40908854-2** para obtener el Título de: Ingeniera Agrícola

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de abril de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Edgar Ornelas Díaz	
VOCAL	M.C. Margarita Tadeo Robledo	
SECRETARIO	Dr. Alejandro Espinosa Calderón	
1er SUPLENTE	Ing. Arturo Leodegario Ortiz Cornejo	
2do SUPLENTE	Dr. Job Zaragoza Esparza	

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

Dedicatoria

Dedico el esfuerzo de este trabajo a mis padres, con ellos esta investigación toma un valor más profundo, toma un sentido distinto; trazando así la culminación del gran trabajo que ellos han realizado para mí persona, por hacer de mí una persona de bien, para poder mostrarme que en la vida uno debe siempre dar lo mejor de uno mismo, dar el máximo y no rendirse ante las adversidades.

A mis hermanos, por enseñarle a su hermana pequeña de todo un poco, a mostrarle que la vida tiene muchos ángulos y qué todos la vemos de forma diferente; a aprender que si tengo dudas no me canse en preguntar; porque ahora su “niñita” dará respuesta y soluciones a los posibles problemas en los que ellos se encuentren, gracias por las presencias y ausencias de cada uno; probablemente no lo sepan pero por ellas, soy una persona libre, independiente, capaz de superar los obstáculos que se presentan en mi vida.

A mis pequeños sobrinos los cuales han sido parte de mi inspiración, por regalarme una sonrisa en momentos estresantes, y que sin duda me han hecho olvidar malos ratos, y que por ellos mi vida ha sido más feliz al tenerlos en mis brazos, asimismo a sus padres por permitirme convivir con sus hijos y hacerme ver que la familia es una prioridad.

A mi amiga de todos los años Elizabeth Aparicio Elizalde, que sin dudar ningún instante me ha tenido presente en cada una de sus oraciones, por alentarme en los años de preparatoria a seguir adelante.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme ser parte de la mejor universidad y máxima casa de estudios de nuestro país

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por abrirme sus puertas, por brindarme la oportunidad de pertenecer a la mejor carrera, que me ha permitido conocer a excelentes personas, a profesores que con sus enseñanzas y oportunos consejos han formado parte de mi enseñanza. Gracias FES-Cuautitlán por formar parte de mi vida.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) IT201312-3, por otorgar los recursos económicos para la realización de este trabajo de investigación.

A la M.C. Margarita Tadeo Robledo por permitirme formar parte de su inigualable equipo de trabajo, por ayudarme a poner en claro mis objetivos que sin duda me ha servido en mi preparación no solo de estudiante sino a nivel persona, por brindarme hasta la fecha su gran apoyo y por ser un gran timón, espero seguir algún día sus pasos y convertirme en una persona con conocimientos suficientes y así poder ayudar a nuestro país. Creo que no tengo las palabras suficientes para poder escribir la gran admiración y la felicidad que siento por conocerla.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón, por invitarnos a este mundo de maíz, por mostrarnos el fervor y el profundo amor que siente por las cosas a las que usted se dedica sin duda un gran ejemplo a seguir, asimismo por otorgarme el honor de ser ayudante de investigador nivel III, y otorgarme una beca del Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que ayudo durante y la culminación de este trabajo.

Al Dr. Job Zaragoza Esparza por aceptar ser parte de este trabajo, por apoyarme en todo lo posible en la realización del mismo. Por brindarme consejos para seguir adelante.

A nuestro maravilloso equipo de trabajo que día a día se ha formado consolidándose como el único que existe dentro de nuestra carrera; formándonos bajo la dirección y el inconmensurable apoyo de la M.C. Margarita Tadeo Robledo, sin duda he aprendido lo bueno que es pertenecer a un equipo; en él cual fui aprendiendo la importancia que tiene el maíz en la vida de cada uno de nosotros y, ahora comprendo que esas cuatro letras cambian el destino de nuestro país; de la misma forma entiendo el valor que tiene en especial esta semilla.

A mis compañeros del equipo de granos sin menguar valor al apoyo que cada uno me brindo en esta etapa de mi vida, que sin pensarlo dos veces es la etapa de mi

vida que más he disfrutado, y que sigo disfrutando, gracias a ellos he pasado momentos únicos, irrepetibles; hemos trabajado codo a codo, se nos fueron formando juntos surcos en nuestras frentes que probablemente algunos lo vean como un trabajo pesado, pero nosotros lo hacíamos, lo hacemos y seguiremos haciendo por el gusto y con la convicción de que día a día nos servirá para nuestra futura vida profesional.

A mis compañeros y amigos de generación, con los cuales viví momentos sorprendentes, a los cuales tengo que agradecer permitirme formar parte de su vida, por acompañarme en momentos difíciles, por brindarme la oportunidad de conocer el significado que tiene un amigo, gracias a todos.

A los miembros del jurado Ingeniero Edgar Ornelas Díaz, a la M.C. Margarita Tadeo Robledo, al Dr. Alejandro Espinosa Calderón, al Ingeniero Arturo Leodegario Ortiz Cornejo, y al Dr. Job Zaragoza Esparza.

Por último agradecer a las vaquitas que voluntariamente a fuerza cooperaron con la causa y donaron líquido ruminal para poder realizar mis análisis de laboratorio.

Contenido general

	Página
Índice de cuadros	ii
Resumen	v
I. Introducción	1
1.1. Objetivo	2
1.2. Hipótesis	2
II. Revisión de literatura	3
2.1. Condiciones para el cultivo de maíz	4
2.2. Densidad de población de plantas	5
2.3. Importancia del maíz forrajero	6
2.4. Características del maíz para la producción de forraje	8
2.4.1. Fisiología de la formación del grano	10
2.5. Época de cosecha	11
2.6. Conservación de forrajes	13
2.7. Ensilaje	14
2.7.1. Características de ensilaje	15
2.7.2. Factores involucrados al proceso de ensilaje	17
2.7.2.1. Ligados a la planta	17
2.7.2.2. Contenido de agua	17
2.7.2.3. Estado de desarrollo de la planta	17
2.7.2.4. Condiciones climáticas	17
2.8. Producción de materia seca	18
2.9. Digestibilidad del maíz forrajero	20
III. Materiales y métodos	23
3.1. Ubicación del experimento	23
3.2. Material genético	23
3.3. Diseño experimental	24
3.4. Análisis estadístico	24
3.5. Establecimiento del experimento	24
3.6. Manejo agronómico	24
3.7. Variables evaluadas	25
3.7.1. Plantas establecidas	25
3.7.2. Floración masculina	25
3.7.3. Floración femenina	25
3.7.4. Altura de planta	25
3.7.5. Altura de mazorca	25
3.7.6. Rendimiento de materia verde	26
3.7.7. Rendimiento de materia seca	26
3.7.8. Porcentaje de materia seca	27
3.7.9. Porcentaje de mazorca	27
3.7.10. Porcentaje de proteína	28
3.7.11. Digestibilidad	30
3.7.12. Peso de campo	30
3.7.13. Número total de mazorcas	30
3.7.14. Porcentaje de humedad	31

3.7.15.	Peso volumétrico	31
3.7.16.	Peso de 200 granos	31
3.7.17.	Longitud de mazorca	31
3.7.18.	Hileras por mazorca	31
3.7.19.	Granos por hilera	31
3.7.20.	Diámetro de mazorca	31
3.7.21.	Diámetro de olote	31
3.7.22.	Granos por mazorca	31
3.7.23.	Porcentaje de materia seca	31
3.7.24.	Porcentaje de grano	32
3.7.25.	Rendimiento de grano	32
IV.	Resultados y discusión	33
V.	Conclusiones	45
VI.	Literatura consultada	46

Índice de cuadros

		Página
Cuadro 1	Requerimientos agroecológicos de maíz	4
Cuadro 2	Parámetros de laboratorio para un buen ensilado de maíz	15
Cuadro 3	Híbridos de maíz de grano blanco de ciclo intermedio en versiones androestériles y fértiles, bajo dos densidades de población para determinar la productividad de grano y forraje en dos localidades de Valles Altos	23
Cuadro 4	Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos de variables evaluadas para producción de forraje en híbridos de maíz en sus versiones androestériles y fértiles, en dos localidades de Valles Altos bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012	33
Cuadro 5	Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos de variables evaluadas para producción de grano en híbridos de maíz en sus versiones androestériles y fértiles, en dos localidades de Valles Altos bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012	35
Cuadro 6	Comparación de medias para producción de forraje en ambientes de evaluación considerando la media de	36

cinco híbridos de maíz en versión Androestéril y Fértil, bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012

Cuadro 7	Comparación de medias para producción de grano en ambientes de evaluación considerando la media de cinco híbridos de maíz en versión Androestéril y Fértil, bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012	37
Cuadro 8	Comparación de medias para producción de forraje de cinco híbridos de maíz en versiones androestériles y fértil evaluados, considerando la media de dos ambientes bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012	38
Cuadro 9	Comparación de medias para producción de grano de cinco híbridos de maíz en versiones androestériles y fértil evaluados, considerando la media de dos ambientes bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012	39
Cuadro 10	Comparación de medias para producción de forraje de versiones Androestériles y Fértil de cinco híbridos de maíz bajo dos densidades de población y dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012	40
Cuadro 11	Comparación de medias para producción de grano de versiones Androestériles y Fértil de cinco híbridos de maíz bajo dos densidades de población y dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012	40
Cuadro 12	Comparación de medias para producción de forraje de dos densidades de población de cinco híbridos de maíz en versiones Androestéril y Fértil, bajo dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012	41
Cuadro 13	Comparación de medias para producción de grano de dos densidades de población de cinco híbridos de maíz en versiones Androestéril y Fértil, bajo dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012	42

Índice de figuras

Figura 1	Sección transversal de una mazorca en la que se aprecia la localización de la línea de la leche	12
Figura 2	Interacción de versiones androestéril y fértil de cinco híbridos de maíz en dos ambientes de evaluación para rendimiento de grano y forraje. Ciclo primavera-verano 2012	43
Figura 3	Interacción de cinco híbridos de maíz evaluadas bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012	44

RESUMEN

Una de las problemáticas con las que se encuentran los productores de nuestro país, es la falta de existencia de semillas de maíz con el propósito de producción única de forraje; ellos al verse en la necesidad de alimentar al ganado, adquieren semilla que se ha mejorado sólo con la finalidad de producción de grano, aunque estas semillas presentan buenas características como lo son un porte alto, gran capacidad para producir follaje, además de permitir un manejo para la obtención de grandes volúmenes de materia verde por hectárea.

Por ello surge la necesidad de generar variedades de maíz de doble propósito; grano y forraje que sean de buena calidad.

En la selección de híbridos para producción de forraje es fundamental considerar su calidad nutritiva que va desde diferencias en contenidos de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca, además de alto rendimiento.

Desde hace varios años en la UNAM Campus Cuautitlán y el Campo Experimental del Valle de México-INIFAP se evalúan diversos híbridos algunos de los cuales han expresado buen rendimiento de forraje. A partir de un grupo sobresaliente de híbridos trilineales se ha decidido evaluar un grupo de cinco híbridos en su versión androestéril y fértil, en dos densidades de población, algunos de los cuales destacaron en evaluaciones anteriores, de manera consistente.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la productividad de grano y forraje así como la calidad bromatológica de éste.

Destacando para producción de grano los híbridos H-47 en su versión AE y TSIRI PUMA 2 y 3; resaltando que el híbrido H-47 AE mostró un valor de rendimiento de $10,138 \text{ kg ha}^{-1}$.

Para las variables rendimiento de forraje y rendimiento de materia seca, nuevamente el híbrido H-47 AE presentó los rendimientos más altos; $83,369 \text{ kg ha}^{-1}$

¹ y 24,623 kg ha⁻¹ respectivamente, así como también fue superior para porcentaje de digestibilidad mostrando un valor de 72.47 %.

Con base en los objetivos se definió que la mejor densidad de población fue la de 95,000 plantas por hectárea, mostrando así los mejores rendimientos para grano con 10,143 kg ha⁻¹, forraje verde con 87,997 kg ha⁻¹ y finalmente materia seca con 25,561 kg ha⁻¹.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo del cual se obtiene cada año la mayor producción mundial de grano (760 millones de toneladas), 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 ó más millones de toneladas de maíz amarillo para satisfacer la demanda de grano y forraje para la producción de carne, leche y huevo, 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)

Esta situación plantea la necesidad de generar variedades de maíz de doble propósito; grano y forraje, para garantizar el suministro de alimento, los productores utilizan nuevas técnicas tendientes a incrementar el rendimiento de los cultivos, basadas en el empleo de híbridos comerciales y fertilizantes; sin embargo, el uso de esta tecnología es limitado, correspondiendo al 7% de la superficie sembrada de maíz en Valles Altos. Un problema que se presenta en México es que se eligen híbridos para producción de forraje los cuales son destinados para producción de grano que presentan porte alto y gran capacidad para producir follaje, además de permitir un manejo para la obtención de grandes volúmenes de materia verde por hectárea, (González *et al.*, 2008).

En los Valles Altos se utilizan diversas variedades e híbridos de maíz para ensilar, sin embargo, éstas variedades mejoradas fueron generadas para producir grano, posteriormente son evaluadas para verificar con base en su potencial si es factible utilizarse con fines de ensilado, se reconoce que la elección de variedades para producción de forraje y ensilado se basa en el porte alto de planta y gran capacidad para producir follaje, así como el manejo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea (Núñez *et al.*, 2005; Peña *et al.*, 2006 a; Peña *et al.*, 2006 b; Tadeo *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008).

Ante la innovación continua de nuevos híbridos en el mercado, es necesario evaluarlos para determinar cuáles producen mayores rendimientos y presentan mayor valor nutritivo en las condiciones ambientales que se presentan en los Valles Altos.

Se considera necesario definir las variedades más adecuadas, que presenten un alto rendimiento de grano y además expresen buena productividad y una alta calidad de forraje (Arreola *et al.*, 1996; Núñez *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2011).

En la selección de híbridos para producción de forraje es fundamental considerar su calidad nutritiva que va desde diferencias en contenidos de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca, además de alto rendimiento. Diversos estudios indican diferencias entre genotipos en su porcentaje de digestibilidad de tallos, digestibilidad en hojas principalmente. Otros autores mencionan que existen diferencias en ensilados de híbridos de maíz relacionados con el porcentaje de mazorca, que es una manera de expresar el contenido de grano.

Desde hace varios años en la UNAM Campus Cuautitlán y el Campo Experimental del Valle de México-INIFAP se 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 se ha decidido evaluar un grupo de cinco híbridos en su versión androestéril y fértil, en dos densidades de población, algunos de los cuales destacaron en evaluaciones anteriores, de manera consistente, planteándose el siguiente objetivo:

1.1. OBJETIVO

Determinar la productividad de grano y calidad de forraje de 5 híbridos trilineales de maíz de ciclo intermedio, en sus versiones androestériles y fértiles, bajo dos densidades de población en evaluaciones en 2 localidades: la UNAM *Campus* Cuautitlán y el Campo Experimental del Valle de México-INIFAP.

1.2 HIPÓTESIS

Existen diferencias en la producción de grano y calidad de forraje entre 5 híbridos trilineales de maíz de ciclo intermedio, así como diferencias con respecto a las versiones androestériles y fértiles, bajo dos densidades de población en evaluaciones en 2 localidades.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz (*Zea mays* L.), es por tradición un cultivo de suma importancia en México, tanto para la alimentación humana como para la alimentación animal, aunque en este caso, se utiliza tanto como forraje verde ensilado o como rastrojo (el cual tiene un bajo valor nutritivo). La producción de forraje es una actividad agropecuaria esencial para el desarrollo de la ganadería, y en particular el que se obtiene del cultivo del maíz, ya que este cultivo por su diversidad genética se adapta a diferentes regiones del país (Tucuch-Rodríguez, 2011).

Por lo general, los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca, y ha habido poco interés en mejorar su calidad nutritiva.

La respuesta a la selección podría ser más eficiente si se consideran simultáneamente otros caracteres con alta heredabilidad y positivamente correlacionados con el rendimiento de forraje verde (Bujak *et al.*, 2007). Al respecto se ha realizado con éxito investigación para la selección simultánea de caracteres en especies animales y vegetales. Actualmente se requiere estudiar en el maíz forrajero una metodología para determinar que caracteres deben incluirse en la selección simultánea, a fin de mejorar la producción y calidad del forraje al mismo tiempo (Milligan *et al.* 2003).

A la fecha, ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México ha sido desarrollado en programas de mejoramiento genético para lograr una mayor producción y calidad forrajera, siendo seleccionados para rendimiento de grano (Peña *et al.*, 2004).

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado es una práctica 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 tres causas principales:

- 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.

2.1 Condiciones para el cultivo de maíz

El maíz se siembra en una gran variedad de regiones agroecológicas que van de altitudes de 0 m hasta cerca de los 4,000 metros (Ortega-Paczka, 2003), se cultiva desde el ecuador hasta altas latitudes en los dos hemisferios, se siembra en regiones de precipitación pluvial desde menos de 400 mm hasta los 3,000 mm, en suelos y climas muy variables.

En México, la alta diversidad ambiental exhibe zonas con condiciones climáticas inestables, tanto en el régimen de lluvia (temporal) como, en el de temperatura (principalmente heladas tempranas) y escasa capa de suelo, (Kato *et al.*, 2009). Su fácil adaptación a variadas condiciones ambientales abre la pauta para el despliegue de una amplia gama de tecnologías tradicionales que han sido experimentadas y enriquecidas por milenios (Olivo *et al.* 2001).

La gran diversidad de tipos, razas y nuevas variedades de maíz que actualmente existen en México, permiten que haya maíces adaptados a prácticamente todas las condiciones que se puedan presentar en el país, como se muestra en el cuadro 1; donde se encuentran especificados los requerimientos agroecológicos de maíz.

Cuadro 1. Requerimientos agroecológicos de maíz

Variable	Potencial		
	ALTO	MEDIO	BAJO
Altitud	0-3000m	0-3000m	>3000m
Temperatura	18°-26°C	12°-18°/26°-30° C	<12°C
Pendiente del suelo	0-2%	2-4%	>4%

INIFAP, 2008

2.2 Densidad de población de plantas

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno (Reta *et al.*, 2002; Subedi *et al.*, 2006), que en conjunto con un área foliar grande (Valentinuz y Tollenaar, 2006) permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, ubicada en longitudes de onda de 400 a 700 nm (Tinoco *et al.*, 2008), al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Strieder *et al.*, 2008).

Así, las densidades de siembra recomendadas para maíz varían según el objetivo, que puede ser grano, forraje o ambos (Widdicombe y Thelen 2002).

En México ninguna variedad de maíz ha sido genéticamente desarrollada para producción y calidad de forraje, solo han sido seleccionadas para rendimiento de grano (Peña *et al.*, 2004), enfocando el mejoramiento hacia la formación de híbridos que teóricamente superaran a los criollos en componentes vegetativos y reproductivos asociados con rendimiento y calidad de grano (González *et al.*, 2008). Se carece de información precisa sobre la densidad de siembra óptima y de índices de área foliar que permitan obtener altos rendimientos en maíces forrajeros.

Las altas densidades de población en maíz pueden reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano, sin embargo existe una respuesta diferente de acuerdo a las características de los genotipos (Olague, 2006).

La variación de la densidad de plantas es una práctica agronómica que influye sobre la cantidad y calidad del forraje a ensilar por lo que ha sido investigada con profundidad. La relación entre rendimiento y cantidad de plantas es una función compleja, se considera que las inadecuadas densidades de siembra son las responsables de los bajos rendimientos obtenidos por los productores de maíz. (González *et al.*, 2005)

2.3 Importancia del maíz forrajero

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. El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón.

El grano, es la parte de la planta más digestible en el maíz; por consiguiente, se esperaría que la proporción de materia seca del elote, por ser un indicador de la producción de grano tuviera una alta asociación con la digestibilidad (Núñez *et al.*, 2005).

Los híbridos regularmente son más productivos que las poblaciones criollas y con mayor relación grano-follaje; por otra parte, genotipos tardíos, por lo general tienen mayor rendimiento de materia seca y en algunos casos baja relación grano-follaje.

Como consecuencia, hasta no hace mucho tiempo, los híbridos de maíz seleccionados por alto rendimiento de grano se utilizaron para producción de ensilaje, asumiendo que el rendimiento de forraje y su calidad estaban determinados por la relación grano/(caña+hojas), (Hereford, 2010).

Uno de los factores que afectan la aptitud de un forraje, es el valor de ingesta o capacidad de consumo a la que es inducido el animal. Esta respuesta es muy difícil de comprender y complicado de evaluar. Depende de diferentes propiedades relacionadas con la calidad de la parte no grano de la planta, tales como digestibilidad “in vitro”, contenido de celulosa, de lignina, de glúcidos.

El estudio de los componentes del rendimiento en materia seca total muestra que el mismo rendimiento puede realizarse a través de morfologías muy diferentes. En el caso de maíces para ensilaje la proporción de granos no juega un rol tan importante como en el caso de los híbridos para producción de grano. Además, no existe necesariamente una contradicción entre los componentes del rendimiento y el valor nutritivo.

En el plano fisiológico el antagonismo calidad de la caña+hojas versus proporción de grano se explica muy bien: si existe fecundación, los productos de la fotosíntesis se acumulan en el grano, en caso contrario quedan en el tallo. El aumento de la densidad en el cultivo se traduce en una caída de la proporción de grano, pero no en una caída de la digestibilidad de la planta entera.

La variación de la proporción de grano por el efecto ambiental (clima, sequía.) no produce una variación importante de la digestibilidad de la planta completa o de la cantidad consumida.

Los aspectos de calidad son considerados más importantes que el rendimiento de materia seca. La idea de los productores sobre el tipo de maíz más adecuado para ensilaje ha tenido un cambio considerable en la última década.

El énfasis puesto durante muchos años de mejora científica sobre el aumento de rendimiento, contenido de espiga y contenido de materia seca puede haber causado, sin embargo, una caída gradual en otras características condicionantes de la calidad, tales como la digestibilidad del componente vegetativo.

Los aspectos más destacados de la calidad son:

- ✓ % de materia seca de la planta completa,
- ✓ % de elote
- ✓ % de digestibilidad y tasa de ingesta.

El contenido de energía y la digestibilidad están afectados por el contenido de espiga y la digestibilidad de la caña+hojas. La digestibilidad de la espiga es bastante constante a través del tiempo y poco influenciada por la constitución genética del híbrido. El rendimiento de espiga y la digestibilidad de la caña+hojas no son independientes.

El desarrollo de la espiga es frecuentemente más rápido que el de la planta completa y parte de la acumulación de materia seca en los granos se realiza mediante la translocación de solutos celulares completamente digestibles desde el tallo hacia la espiga, cuando un elevado contenido de espiga se logra a través de una intensa

translocación, la digestibilidad de la caña+hojas es baja.

La digestibilidad de la espiga generalmente es elevada (83-85%); lo que compensa la disminución de la digestibilidad del resto de la planta que pasa de 70 a 60% entre los estados lechoso y vítreo del grano.

Ciertas características tales como la digestibilidad en el caso de maíz para ensilaje son bastante constantes sobre un amplio rango de ambientes, donde otras propiedades (Aptitud para rendimiento, por ejemplo) están fuertemente influidas por el clima, el suelo y las prácticas culturales. (Hereford, 2010).

2.4 Características del maíz para la producción de forraje

El cultivo de maíz para ensilaje es el conjunto de mazorcas, hojas, tallos y totomoxtle. La mazorca contiene el grano, el cual es de alto valor nutritivo para los animales, mientras que el resto de la planta puede asimilarse al de un forraje de mediana a baja calidad. La mazorca es el componente de la planta de mayor valor nutritivo debido a que el grano, constituido fundamentalmente por almidón, es altamente utilizado por los rumiantes. Se estima que los animales digieren más del 90% de los granos, aunque hay variaciones debidas al procesamiento de ellos, madurez del cultivo y a la variedad. (Di Marco y Aello, 2003).

La mayoría de las plantas forrajeras se cultivan para aprovechar sus hojas y tallos, por tal motivo, el momento en el que se cosechan viene a coincidir con la etapa de 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 la producción de grano, por lo tanto, un buen híbrido de grano se comporta bien como una variedad para producir forraje.

Considerando la importancia del maíz para forraje se hace indispensable definir híbridos mejorados que presenten condiciones favorables para ser empleados como material forrajero. Los fitomejoradores de maíz necesitan desarrollar híbridos con mayor rendimiento en follaje y mejor calidad para ensilaje y pastura verde. (Olague *et al.*, 2006).

Un híbrido forrajero debe poseer un período de crecimiento prolongado para la zona geográfica considerada, alta inserción de la espiga, tallos y raíces fuertes, hojas todavía verdes al momento de madurez fisiológica del grano, alto rendimiento de grano y elevado valor nutritivo por unidad de peso del forraje.

Para obtener un ensilaje de maíz adecuado para la alimentación del ganado lechero es necesario que este tenga ciertas características agronómicas tales como capacidad de producir altos rendimientos de un forraje de calidad, capacidad de lograr un porcentaje de grano por encima del 40%, no caída de espiga por la cosecha (al momento del corte), que la planta haya permanecido verde el mayor tiempo posible, no acame, y buena digestibilidad.

Otro aspecto importante a considerar dentro del valor nutritivo de un buen maíz para ensilar, es la proteína, aunque cabe señalar que este carácter ha sido poco mejorado y aún es bajo en este tipo de alimentos.

Aún cuando en ciertos casos se han obtenido variedades de maíz específicos para la producción de forraje, en la mayoría de los casos las variedades se han obtenido considerando la producción de grano como objetivo principal y en algunos casos se han adaptado después al cultivo para forraje aquellas que reúnen características favorables.

Si se piensa producir maíz con fines forrajeros, en primer lugar deberán seleccionarse variedades que sean de alta producción y de calidad aceptable por su contenido en proteínas en el follaje; también debemos pensar que la densidad de siembra debe ser bien calculada a fin de tener plantas uniformes en desarrollo y que preferiblemente crezcan en igualdad de competencia para que los tallos tengan sensiblemente el mismo grosor y puedan ser aprovechados al máximo por los animales. (Cerón *et al.*, 2005).

2.4.1 Fisiología de la formación del grano

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.

La influencia de la sequía sobre la producción de materia seca varía en función del estado vegetativo en que tenga lugar.

De 20 a 30 días antes de la floración, hasta 10 a 15 días después; se reduce el crecimiento del aparato vegetativo, la importancia de glúcidos almacenados en él y el número de granos. Si la sequía es posterior a este período, la falta de agua limita la actividad fotosintética, acelerando la movilización de reservas del aparato vegetativo y el proceso de secado de las hojas (Cañeque, 1998).

2.5 Época de Cosecha

Al avanzar la madurez del maíz forrajero, aumenta la producción de materia seca por hectárea y el porcentaje de grano. El avance de la madurez también incrementa las fracciones fibrosas en hojas y tallo, pero las concentraciones de las fracciones fibrosas en la materia seca disminuyen debido al efecto de dilución al aumentar el contenido de grano. Por otra parte, el maíz para forraje se conserva a través del ensilaje. La cosecha en etapas tempranas tiene un alto contenido de humedad; lo cual lleva a pérdidas de líquidos con nitrógeno y carbohidratos. El forraje con un porcentaje bajo de humedad es más difícil de apisonar, se tienen daños por calor y se pueden desarrollar mohos. (Núñez, 2005).

La cosecha se puede efectuar cuando el avance de la línea de leche en el grano de maíz sea de 1/4 a 1/3 y el contenido de materia seca de 28 a 38 %. El estado de madurez se puede determinar a partir de la acumulación de unidades calor, monitoreo del avance de la línea de leche en el grano y determinación del porcentaje de materia seca. En cuanto a la calidad, es indudable que con la madurez disminuye la digestibilidad de la materia seca de la fracción vegetativa y de la propia pared celular, pero esta disminución se ve compensada por el incremento en almidón de la fracción de la espiga y, por lo tanto, merece la pena esperar hasta ese momento para cosechar. (Núñez, 2005)

Un indicador práctico para determinar cuándo la planta de maíz presenta este contenido de materia seca es la línea de leche que se presenta en el grano. La línea lechosa o bien línea de leche es una línea de demarcación entre la fase sólida y líquida del grano.

Para saber cuándo se debe realizar la cosecha o bien el corte de maíz para ser ensilado el grano, es necesario considerar que va pasando por diferentes estados antes de llegar a su maduración:

La utilización de la línea de la leche en el grano para determinar cuándo cosechar el maíz para ensilaje, fue propuesto debido a la buena relación entre el avance de la línea de la leche durante la maduración del grano y el contenido de humedad de la materia seca (Crookston y Kurle, 1988).

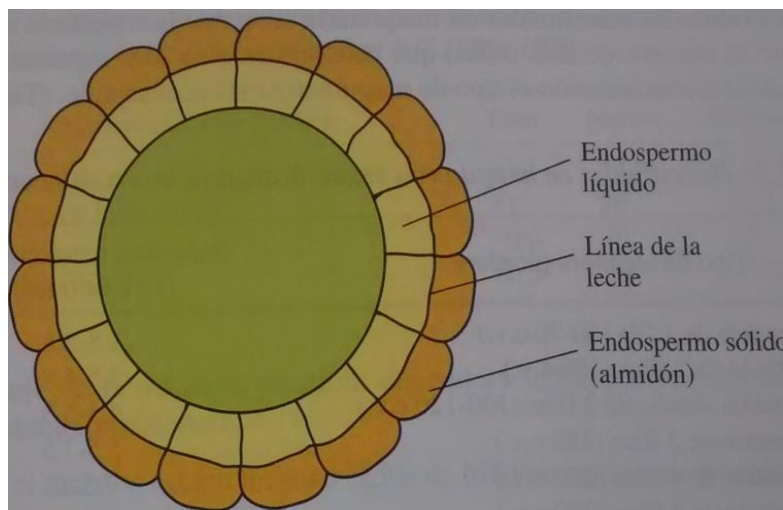


Figura 1. Sección transversal de una mazorca en la que se aprecia la localización de la línea de la leche. Cañeque, 1998.

La línea de leche marca el avance del endurecimiento por la maduración del grano, dividiendo la zona de almidón líquido del sólido. El maíz para ensilado puede cosecharse cuando el grano presenta un estado de 1/4 de avance de la línea de leche lo que permite la producción de forraje con mayor digestibilidad *in vitro* y un porcentaje de materia seca adecuado para una buena fermentación durante el proceso de ensilaje (Núñez *et al.*, 2005).

Ma (2006) detectó que híbridos para producción de forraje presentaron una disminución más lenta de la humedad, lo que condujo a una ventaja para su cosecha. Menciona que el comportamiento de la línea de leche es variable cuando las

condiciones ambientales son desfavorables, y varía de acuerdo al comportamiento de los híbridos.

Concluye que las relaciones entre la línea de leche y el contenido de humedad son afectadas por las condiciones de crecimiento y los tipos de híbridos. Bajo condiciones de sequía severa la línea de leche no corresponde al contenido de humedad del silo que bajo condiciones normales de lluvia (humedad). Además señala que los híbridos especializados para producción de silo poseen un número extra de hojas, menor relación mazorca/rastrojo y declinan más lentamente lo que permite mayor tiempo para cosecha.

En un estudio realizado por Núñez *et al.*, (2005) se observó que el avance del estado de madurez no incrementó el rendimiento en materia seca pero se presentó un aumento en la digestibilidad in vitro.

2.6 Conservación de forrajes

Los métodos de conservación de forraje pueden clasificarse en dos clases dependiendo del porcentaje de materia seca:

a. En seco:

1. Reserva en pie
2. Henificación
3. Ventilación forzada
4. Deshidratación

b. En fresco:

1. Ensilaje

Las razones que hacen necesario el empleo de métodos de conservación para el forraje son las siguientes:

- Producción estacional de las praderas.
- Mejor combinación de los alimentos propios de distintas épocas.
- Imposibilidad de sacar a pastar a el ganado en determinadas épocas.

El aprovechamiento de maíz para ser consumido como forraje se debe a diferentes factores entre los que destacan:

- ✓ Alta producción de materia seca por hectárea
- ✓ Valor energético.
- ✓ Facilidad de recolección.
- ✓ Conservación y utilización por rumiantes (bovinos, ovinos y caprinos).

2.7 Ensilaje

El ensilaje consiste en la conservación de forrajes, frescos y otros alimentos con elevado contenido en humedad, el fin esencial del ensilaje, es conservar los forrajes con un mínimo de pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena apetecibilidad para el ganado y sin que se produzcan durante el proceso sustancias que puedan ser tóxicas para la salud del animal (Calsamiglia *et al.*, 2004).

El proceso de ensilaje es una técnica que ha permitido almacenar por tiempos prolongados una gran variedad de forrajes, manteniendo la calidad nutritiva por arriba de un 90%. Consiste en la conservación de forrajes frescos u otros alimentos con un elevado contenido de humedad en silos al abrigo del aire, la luz y la humedad exterior. El principal objetivo de ensilar un forraje es su conservación inmediata a través de un proceso rentable, con lo que se evita pérdidas de materia seca y de nutrientes, manteniendo una buena apetecibilidad para el ganado y sin que se produzcan durante el proceso, sustancias que puedan ser tóxicas para la salud del animal.

El proceso del ensilaje es de tipo anaeróbico (ausencia total de oxígeno), donde los microorganismos que intervienen, presentes en la masa ensilada, crean un nivel de acidez que impide que el forraje se descomponga o pudra, conservando sus propiedades alimenticias.

2.7.1 Características del ensilado

El ensilado es el forraje conservado en verde, con un contenido de humedad de 65-70%, por almacenamiento anaeróbico, usualmente bajo condiciones que fomentan la fermentación de azúcares a ácidos orgánicos tales como los ácidos láctico, acético y propiónico, con pérdidas mínimas en su valor nutritivo.(ICAMEX, 2008).

El uso de forrajes conservados como silo, especialmente los de buena calidad, son importantes para la productividad ya que una vez preservado de esta forma, la calidad que se ofrece es uniforme, teniendo en cuenta parámetros de laboratorio; como los manejados por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX)

Cuadro 2. Parámetros de laboratorio para un buen ensilado de maíz

Concepto	Valores promedio
Agua	65 %
Materia seca	35 %
Proteína cruda	8.0-8.5 % (materia seca)
Fibra detergente ácido	20-30 %
Fibra detergente neutro	40-60 %
Digestibilidad de la materia seca	70-80 %
Lignina	4.2 %

Fuente: ICAMEX, 2008.

Los sistemas de ensilaje son ampliamente utilizados para conservar forrajes en regiones donde las condiciones climáticas no son adecuadas para producir heno ya que el proceso de ensilaje depende menos de las condiciones meteorológicas que otros métodos de conservación, además se pueden preservar cultivos tales como maíz, que se utilizan pobremente para producir heno.

Las características de un ensilado las dan los parámetros organolépticos, que son una prueba subjetiva basada en la apreciación del olor, color, textura, estructura y presencia o ausencia de mohos, hongos u otros que son fácilmente detectables, obteniéndose una información preliminar de su calidad.

Los ensilados se clasifican de acuerdo a su nivel de humedad en:

- a. Ensilados con altos niveles de humedad, tienen más de 70% de humedad.
- b. Ensilados marchitos (cortados), con humedad que varía de 60 a 70% de humedad.
- c. Ensilados con bajo contenido de humedad, con humedad entre 40 y 60%.

De igual forma las ventajas de realizar el ensilaje de forraje son las siguientes:

- ✓ Conservación de gran cantidad de principios nutritivos de los forrajes.
- ✓ El forraje se cosecha cuando tiene mayor valor nutritivo.
- ✓ Es de mayor calidad que el heno.
- ✓ Almacenamiento con pocas pérdidas de nutrimentos.
- ✓ El forraje verde se puede ensilar bajo condiciones de lluvia y nublados.
- ✓ La leche de vacas alimentadas con ensilados es más rica en vitamina A y caroteno.
- ✓ El proceso de ensilaje elimina el riesgo de incendio por ignición espontánea.

- ✓ El ensilado se digiere mejor, debido a su alto contenido de humedad (70 a 75%), lo que favorece la masticación y la rumia.

Los forrajes ensilados han permitido mantener casi los mismos parámetros nutricionales que los forrajes henificados; sin embargo, los factores climáticos son determinantes para preparar un forraje para ensilar, ya que requiere menos tiempo en el campo, comparado con aquel forraje que se va a henificar, como es el caso de la alfalfa.

2.7.2 Factores involucrados al proceso de ensilaje

2.7.2.1 Ligados a la planta

La aptitud al ensilado de los alimentos y en especial de las plantas forrajeras se deriva fundamentalmente de sus características químicas. El contenido de agua es un factor muy importante.

2.7.2.2 Contenido en agua

El agua representa la parte más importante de la planta y es el componente esencial de los jugos celulares.

2.7.2.3 Estado de desarrollo de la planta

Cuando más precoz es la recolección del forraje mayor es el contenido en azúcares, alcanzándose el máximo al final del encañado. Dado que los azúcares están almacenados en la base de los tallos, su contenido es más elevado en las plantas ricas en ellos, siendo menores en los brotes.

2.7.2.4 Condiciones climáticas

El contenido de azúcares es el resultado de dos actividades antagonistas de la planta, por un lado la fotosíntesis que da lugar a un aumento en su nivel, y por otro el crecimiento y la respiración que se hacen en detrimento de los azúcares presentes. La insolación aumenta el contenido en azúcares, siendo mayor en las primaveras frías y soleadas en las que tiene lugar una

fotosíntesis intensa que en las de temperaturas suaves pero lluviosas, en las que la respiración se acelera y la fotosíntesis disminuye. Además cuando la intensidad luminosa aumenta, en nitratos y cenizas, así como una menor proporción de celulosa.

Una relativa sequía puede disminuir el rendimiento pero no tiene efecto negativo sobre la conservación, pues aumenta el contenido de azúcares solubles al mismo tiempo que el de materia seca.

Respecto al momento del día, el contenido en azúcares es más elevado después del mediodía, ya que es cuando la fotosíntesis es más intensa, por lo que es recomendable realizar el corte de la planta al final de la tarde en un día soleado.

2.8 Producción de materia seca

El rendimiento de materia seca del cultivo está en función de numerosos factores genéticos y ambientales que interactúan entre ellos. Las prácticas de manejo tienen influencia sobre los efectos de la temperatura y/o el agua disponible en el suelo, sobre el ciclo del híbrido, fecha y densidad de siembra, por lo tanto tendrán una acción directa sobre el índice de área foliar y sobre el rendimiento de materia seca.

Esta última variable está influida por innumerables parámetros genético-ambientales. Uno de los más importantes es la densidad poblacional, la competencia entre plantas de maíz comienza en los primeros estados de crecimiento, especialmente cuando existe una densidad alta en la población de plantas. Las principales limitaciones inducidas por la competencia entre plantas son el sombreado mutuo, la disponibilidad de humedad y de dióxido de carbono.

La tolerancia excepcional de algunos materiales a altas densidades puede deberse a la rapidez con que alcanzan los entrenudos su elongación máxima, cesando el crecimiento vegetativo y alcanzando rápida madurez. Con respecto a la interacción genotipo x densidad, para producción de materia seca del tallo, algunos híbridos se

aproximan al máximo rendimiento con 5 plantas/m², mientras que otros para llegar a ese punto pueden necesitar de 10 a 15 plantas/m².

El mayor problema práctico consiste en conciliar estos dos factores opuestos: alta producción individual con alta producción por unidad de superficie.

El incremento del número de plantas por unidad de superficie trae aparejado una disminución en el peso de la planta completa, diámetro del tallo, prolificidad, tamaño de la espiga, % de plantas erectas a la cosecha y peso de la espiga.

Los aumentos de densidad afectan básicamente al porcentaje de granos y a partir de ésta modificación morfológica se producirán las variantes en la composición química. Esto explica por qué las variedades con índice de cosecha normalmente bajo siempre resultarán menos afectadas por su limitado contenido en grano. No se generan diferencias significativas entre las densidades evaluadas al considerar el porcentaje de materia seca digestible, proteína cruda, fibra detergente ácida y cenizas. La digestibilidad de la caña+hojas se correlaciona con la digestibilidad de la planta completa, pero no tiene una relación estrecha con el % de espiga o el rendimiento de grano.

La digestibilidad de la planta completa está influenciada por dos factores no relacionados: contenido de grano de la planta completa y digestibilidad de la caña+hojas.

La capacidad de resistir en pie hasta el momento de cosecha depende de la dureza del tallo (resistencia al quebrado), de la tolerancia al acame (podredumbre de la base del tallo y raíces) y del área foliar expuesta al viento. La dureza de la corteza muestra una correlación positiva con el contenido de lignina. Una elevada resistencia de la caña no sería deseable para híbridos forrajeros.

Se considera que el aumento de rendimiento de grano en híbridos de maíz durante las últimas décadas se ve influenciado principalmente al mejorarse genéticamente la resistencia de la caña al quebrado, al acame y a la capacidad de mantener la prolificidad aún en densidades elevadas.

2.9 Digestibilidad del maíz forrajero

La composición química de un alimento es solamente indicativa de su contenido de nutrimentos, mas no de su disponibilidad para el animal, por lo que es necesario contar además con datos de digestibilidad. Ésta se define como el porcentaje de un nutrimento dado que se digiere (desaparece) en su paso por el tubo gastrointestinal (Shimada, 2003).

La digestibilidad es un componente del valor nutritivo de los alimentos que expresa la proporción retenida con respecto al total del alimento ingerido por el animal. Este término se define como la diferencia entre el alimento consumido, que es absorbido en el tubo digestivo y el material excretado en las heces por los animales y se expresa como porcentaje del alimento consumido.

La digestibilidad del forraje varía dependiendo de los factores siguientes:

- ✓ Especie. Las especies forrajeras que mantienen alta digestibilidad por períodos prolongados en la estación de crecimiento, son de alto valor para la producción animal, con relación a aquellas que tienen alta digestibilidad en su estado juvenil o en etapas tempranas de rebrote, pero su digestibilidad decrece rápidamente.
- ✓ La digestibilidad de las leguminosas es mayor que la de las gramíneas debido a que las leguminosas tienen sus hojas libres de lignina, la cual con la edad se deposita en los tallos, mientras que las gramíneas contienen lignina en sus hojas, y con el tiempo incrementa este contenido en la pared celular de las hojas haciéndola más indigestible. La calidad de las hojas de los pastos disminuye principalmente como resultado de la lignificación de la nervadura central la cual es la parte de la hoja que contiene la mayor proporción de lignina.
- ✓ Estado de madurez. El valor nutritivo de los pastos tropicales disminuye significativamente conforme aumenta la edad de rebrote o estado de madurez al momento del corte o pastoreo. Conforme la planta madura, su proporción de hoja disminuye de 61%, en estado vegetativo temprano a 23% en la etapa de anthesis tardía (Collins y Fritz, 2003).

En el caso del maíz forrajero su digestibilidad varía comúnmente de 63 a 79%, la mayoría por debajo de 70% (Peña *et al.*, 2006). La digestibilidad de la materia orgánica de la planta de maíz disminuye hasta la floración y después no evoluciona; su valor promedio de 71.5%.

En estudios realizados por Núñez *et al.*, (2005) encontraron porcentajes de digestibilidad de 68.4 y 68.9 para estados de madurez de 1/4 a 1/3 de avance de la línea de leche en el grano, y de 60.2 y 65.1 en estado masoso del grano.

Se ha encontrado en diversos estudios que genotipos más tardíos tienden a producir mayor contenido de fibras y menor digestibilidad que híbridos precoces, algunos autores han detectado una correlación alta entre el índice de cosecha y la digestibilidad de la planta total, con coeficientes que fluctuaron entre 0.63 y 0.79 (Peña *et al.*, 2002).

Una de las estructuras con mayor digestibilidad en la planta de maíz son las espigas encontrándose en ellas valores prácticamente constantes que van de 83-85%, lo que compensa la disminución de la digestibilidad del resto de la planta que pasa de un 70% a 60% entre los estados lechoso y vítreo del grano.

Las diferencias de digestibilidad entre variedades dependen tanto de:

1. Calidad de tallos
2. Contenido de grano

En el maíz para producción de forraje el porcentaje de mazorca es importante debido a que el grano es la parte más energética del maíz, ya que tiene un efecto de dilución de la fibra detergente neutro, la cual contiene las sustancias menos digestibles del forraje.

El aumento en el contenido de materia seca de las plantas de maíz se debe tanto a la pérdida de humedad de las plantas conforme avanza el estado de madurez, así como al mayor contenido de grano, ya que este contiene mayor humedad con respecto a hojas y tallos.

En los estados de madurez de 1/4 y 1/3 de avance de la línea de leche en el grano, el porcentaje de mazorca fue mayor con 42.3 y 44.7% que en estado de grano masoso cuando presentó 35.2% (Núñez *et al.*, 2005).

El grano es la parte de la planta más digestible en maíz, por consiguiente, se esperaría que el porcentaje de mazorca tuviera una alta asociación con la digestibilidad in vitro.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del experimento

Una de las localidades de evaluación fue la parcela 7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM (UNAM *campus* Cuautitlán), en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, ubicado a 19° 41' de latitud norte y 99°11' de longitud oeste, a una altitud de 2274 msnm. Otra localidad de evaluación fue el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX), dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Santa Lucia de Prías, Coatlinchán, Municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 27' de latitud norte y los 98° 51' de longitud oeste a una altura de 2240 msnm. Los trabajos experimentales se establecieron en el ciclo primavera – verano 2012.

3.2 Material genético

Se evaluaron cinco híbridos, dos de INIFAP y tres de la UNAM, todos de grano blanco, en las versiones androestériles y fértiles (Cuadro 3).

Cuadro 3. Híbridos de maíz de grano blanco de ciclo intermedio en versiones androestériles y fértiles, bajo dos densidades de población para determinar la productividad de grano y forraje en dos localidades de Valles Altos.

No	Híbrido	AE/F	Densidad población	No	Híbrido	AE/F	Densidad población
1	PUMA 1183 (1)	AE	70,000	11	PUMA 1183 (1)	AE	95,000
2	PUMA 1183 (1)	F	70,000	12	PUMA 1183 (1)	F	95,000
3	PUMA 1183 (2)	AE	70,000	13	PUMA 1183 (2)	AE	95,000
4	PUMA 1183 (2)	F	70,000	14	PUMA 1183 (2)	F	95,000
5	TSIRI PUMA (2)	AE	70,000	15	TSIRI PUMA (2)	AE	95,000
6	TSIRI PUMA (2)	F	70,000	16	TSIRI PUMA (2)	F	95,000
7	TSIRI PUMA (3)	AE	70,000	17	TSIRI PUMA (3)	AE	95,000
8	TSIRI PUMA (3)	F	70,000	18	TSIRI PUMA (3)	F	95,000
9	H-47AE	AE	70,000	19	H-47 AE	AE	95,000
10	H-47 AEF	F	70,000	20	H-47 AEF	F	95,000

3.3 Diseño experimental

Se utilizaron 40 tratamientos resultado de la combinación de 5 híbridos en sus versiones androestériles y fértiles, dos densidades de población y dos localidades, con un arreglo de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

La parcela experimental constó de un surco de 5 m de largo por 80 cm de ancho, dando un total de 4.0 m² como parcela útil. La parcela experimental se dividió en 2 partes para poder evaluar los materiales en forraje y en grano. Para la evaluación de forraje se utilizó la mitad de la parcela dando un total de 2.0 m². Para la evaluación de rendimiento de grano a madurez fisiológica se utilizaron los otros 2 m².

3.4 Análisis estadístico

Los datos se analizaron en el programa SAS, 1999. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por medio de la prueba de Tukey, al 0.05 de significancia para cada una de las variables evaluadas.

3.5 Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en el ciclo primavera verano del año 2012 y la fecha de siembra se realizó el 17 de mayo de 2012 en la UNAM *Campus* Cuautitlán, mientras que en el CEVAMEX, se sembró el 14 de junio de 2012.

3.6 Manejo agronómico

La preparación del terreno consistió en: un paso de arado, dos de rastra, nivelación y surcado.

Para el experimento establecido en el CEVAMEX se aplicó riego en la siembra y posteriormente se aplicaron dos riegos de auxilio,

En UNAM *Campus* Cuautitlán, únicamente se aplicó un riego al momento de la siembra, el resto del ciclo se cubrió con la humedad de la precipitación pluvial.

Para el control de malezas se aplicaron Gesaprim (Atrazina) 2kg/ha, Hierbamina (2-4D amina) 2L/ha.

La cosecha de forraje; se llevó a cabo cuando la mayoría de los materiales presentaron un avance en la línea de leche de un tercio a un medio. Se realizó el día 6 de Septiembre de 2012 en UNAM *campus* Cuautitlán, mientras que en CEVAMEX se realizó el 8 de Octubre de 2012.

La cosecha para determinación de grano se realizó una vez que ocurrió la madurez fisiológica del grano; llevada a cabo el día 10 de diciembre de 2012.

3.7 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en ésta investigación fueron las siguientes:

3.7.1. Plantas establecidas: se refiere al número de plantas por parcela de un surco. Se determinaron las plantas establecidas después del aclareo. En los dos experimentos se manejaron densidades de población de 70,000 plantas ha⁻¹, y 95,000 plantas ha⁻¹.

3.7.2 Floración masculina: se tomó en cuenta desde el momento en que se realiza la siembra hasta el momento que han aparecido el 50% de las espigas por surco.

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

3.7.4. Altura de la planta: en 5 a 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.

3.7.5 Altura de la mazorca: en las mismas 5 a 10 plantas cuya altura se midió, se determinó la distancia en cm desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

En el caso del análisis para producción de forraje en ambas localidades se realizaron muestreos para la determinación de la calidad de forraje en una etapa en que los materiales alcanzaron un tercio de la línea de leche en el grano.

Tanto en la UNAM *Campus* Cuautitlán como en CEVAMEX se cosecharon 10 plantas con competencia completa para determinar el peso fresco total de elotes y de las

plantas sin elote.

Las variables que se evaluaron para determinar la calidad del forraje fueron las siguientes:

3.7.6. Rendimiento de materia verde:

Para determinar el rendimiento de materia verde por ha, se cortaron diez plantas, a una altura de 7 a 10 cm con respecto al suelo, de los dos metros centrales de cada unidad experimental, se pesaron y se calculó el peso promedio por planta y se multiplicó por la densidad de plantas por hectárea.

Se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{RMV} = \text{PFM} \times \text{DP}$$

Dónde:

RMV= Rendimiento en materia verde en kg ha^{-1}

PFM: Peso fresco promedio por planta.

DP: Densidad de población para cada tratamiento

3.7.7. Rendimiento de materia seca:

Para obtener el rendimiento en materia seca se utilizaron las diez plantas cosechadas para la determinación de materia verde, se cortaron en trozos a una longitud de 3 a 5 cm, se mezclaron hasta que se constituyó una muestra homogénea, se tomó una submuestra de un kg, se colocó en una estufa con aire forzado, a una temperatura de 55 °C, hasta que alcanzó peso constante. Se pesó, de la diferencia entre el peso inicial y el peso final se obtuvo el contenido en materia seca, con este dato se calculó el peso promedio en materia seca por planta y se multiplicó por la población de plantas por ha.

Se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{RMS} = \text{PSP} \times \text{DP}$$

Dónde:

RMS = Rendimiento en materia seca en kg/ha.

PSP: Peso seco por planta Kg.

DP: Densidad de población de cada tratamiento.

3.7.8. Porcentaje de materia seca

El porcentaje de materia seca se determinó por medio de la ecuación o fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de MS} = (\text{RMV} - \text{RMS} / \text{RMV}) \times 100$$

Dónde:

Porcentajes de MS = Porcentaje de materia seca.

RMV = Rendimiento en materia verde en kg/ha

RMS = Rendimiento en materia seca en kg/ha

3.7.9. 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:

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

3.7.10. 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 Microkjeldhal (AOAC, 1990), cuyo principio básico consiste en la conversión de proteína-nitrógeno a sulfato ácido de amonio durante la digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico y calor, en la presencia de un catalizador. Una vez que la materia orgánica se ha desintegrado completamente, la solución se neutraliza con hidróxido de sodio, liberándose amoniaco el cuales destilado por arrastre con vapor dentro de una solución de ácido bórico, para formar un complejo boro-amoniaco (tetraborato de amonio).

La cuantificación del nitrógeno se logra cuando una solución de ácido previamente valorado (ácido clorhídrico al 0.1 N) se añade a la solución formando por cada equivalente de boro-amoniaco, un equivalente del sulfato amoniaco (sulfato de amonio). Aquí 1 ml del ácido estandarizado neutraliza 0.014 g de nitrógeno en forma de ión amonio.

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

El porcentaje de Nitrógeno se determina por medio de la formula siguiente:

$$\% N = \frac{(\text{ml de HCL utilizados}) (\text{normalidad del ácido}) (1.4)}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N \times 6.25$$

Los reactivos que se utilizaron fueron los siguientes:

• H ₂ SO ₄ al 99% (Ácido sulfúrico)	
• Catalizador	96 g de Na ₂ SO ₄
	3.5 g de CuSO ₄
	0.5 g de Selenio
• NaOH al 33% (Hidróxido de sodio)	330 g/l
• H ₃ BO ₃ 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%

✓ **Procedimiento de Digestión:**

1. Pesar 0.3 g de la muestra
2. Agregar 3 mL de H₂SO₄ al 99%
3. Agregar 0.5 g de catalizador
4. Calentar hasta que vire a color verde pálido.

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

1. Purgar el microdestilador
2. Agregar agua a la bombilla del microdestilador
3. Poner en un matraz 10 ml de H₃BO₃ al 4% y adicionar 2 gotas de la solución indicadora
4. Agregar al microdestilador la solución que se puso a digestión.
5. Por cada 3 ml de H₂SO₄ agregar 3 ml de NaOH o más hasta que la solución digerida vire a color azul o ferroso
6. Calentar 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. Retirar la muestra y purgar
9. Titular con HCl 0.1 N hasta que vire a color rosa
10. Se mide la cantidad de ml de HCl utilizados

3.7.11. Digestibilidad: Para determinar el porcentaje de digestibilidad se tomó una submuestra de la muestra utilizada, 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 McDougall y se incubaron a 39 °C durante 15 minutos y se adicionaron 10 ml de líquido ruminal, se pasó una corriente de CO₂ 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:

$$\% \text{ MSD} = \frac{(\text{Materia seca inicial}) - (\text{MSR} - \text{MSR blanco})}{\text{Materia seca inicial}} \times 100$$

Dónde:

% MSD = Porcentaje de materia seca digerida.

MSR = Materia seca residual

3.7.12. Peso de campo: después de cosechar todas las plantas, se registró el peso de las mazorcas con olote en Kg. La cosecha de maíz se realizó hasta que el contenido de humedad fue del 15 al 12%.

3.7.13 Número total de mazorcas: se registró la cantidad total de mazorcas cosechadas.

3.7.14. Porcentaje de humedad: se tomaron cinco mazorcas de cada parcela, se desgranaron y se hizo una mezcla del grano obtenido y con esta muestra se determinó el porcentaje de humedad con un determinador de humedad (marca Burrows, modelo 700).

3.7.15 Peso volumétrico: se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranaron y se pesó el grano en una balanza de peso hectolitrico para obtener la relación de la muestra a un litro; Kg/Hl

3.7.16. Peso de 200 granos: se tomó una muestra de cinco mazorcas las cuales se desgranaron y se contaron 200 granos; éstos se pesaron y se registró su peso en gramos.

3.7.17. Longitud de mazorca: se tomó una muestra de cinco mazorcas cada una fue medida desde la base hasta la punta y se registró su medida en centímetros, posteriormente se obtuvo el valor promedio,

3.7.18. Hileras por mazorca: se tomó una muestra de cinco mazorcas, se contó el número de hileras de cada mazorca, y se obtuvo el valor promedio

3.7.19. Granos por hilera: Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se contó el número de granos de cada hilera de cada una de las mazorcas, se obtuvo el valor promedio y se registró el número.

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

3.7.21. Diámetro de olote: se tomó una muestra de cinco mazorcas, se midió la parte media de cada olote con un vernier, se obtuvo el promedio y se registró.

3.7.22. Granos por mazorca: se obtuvo multiplicando el promedio de hileras de cada mazorca por el promedio de granos por hilera.

3.7.23. Porcentaje de materia seca: Se tomó una muestra de cinco mazorcas, se desgranó y se tomó una muestra de 250g, se obtuvo el % de humedad por medio de un

determinador de humedad. Posteriormente al 100% se le resto el valor obtenido y, el resultado es el porcentaje de materia seca y se registró.

3.7.24. Porcentaje de grano: se obtuvo de la siguiente manera: peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote entre el peso de la muestra de cinco mazorcas por cien y se registró.

3.7.25 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; Kg.

%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 10000 m^2 entre el tamaño de la parcela útil en m^2 .

8600: Es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%; KgHa^{-1} .

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los análisis de varianza para producción de forraje, en donde se observa que para los factores de variación ambiente, genotipo, densidad de población y bloque, en la variable rendimiento de forraje se detectaron diferencias altamente significativas.

En el factor de variación ambiente se detectó diferencia altamente significativa de igual manera, para la variable porcentaje de mazorca; en cambio para el factor de variación genotipos sólo para la variable porcentaje de proteína se encontró diferencia significativa.

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos de variables evaluadas para producción de forraje en híbridos de maíz en sus versiones androestériles y fértiles, en dos localidades de Valles Altos bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012.

Factor de variación	Rendimiento forraje (k gha ⁻¹)	Mazorca %	Proteína %	Digestibilidad %	Rendimiento materia seca (kg ha ⁻¹)	Rendimiento materia seca x % Proteína (kg ha ⁻¹)
Ambiente (A)	2869652940 **	1766.90 **	0.08	57.46	38972061	358051.49
Genotipo (G)	1526516404 **	117.29	1.9618 *	99.94*	113780497*	492037.71
Androestéril (AE)	75182898	131.30	0.01	141.30*	10019107	93010.31
Densidad de Población (DP)	21939809160 **	280.42 *	0.14	119.81	1380531527**	10293166.43**
Bloque (B)	1077899789 **	91.21	0.53	596.87**	49762187	595553.22
A X G	549063311	109.93	0.66	78.00	78094461	613930.20
A X AE	26730615	0.04	0.18	184.64*	6754358	24215.24
A X DP	220613393	9.87	2.23	4.97	2938896	32663.36
G X AE	107881027	28.30	0.15	74.90	43923169	382227.17
G X DP	283755118	30.35	0.30	115.66 *	20110124	184241.79
AE X DP	414098685	0.43	0.35	20.32	50367120	260392.63
A X G X AE	24798798	44.51	0.31	82.28	11817118	109940.76
G X AE X DP	157953574	14.49	0.74	31.02	67065033	534710.53
A X G x DP	137241929	44.17	0.45	14.54	17973654	84387.50
A X AE X DP	392120178	58.06	1.05	263.93 **	25754539	52474.59
A X G X AE X DP	1199984739	16.13	0.34	11.57	25299731	172540.37
Media	76286.7	29.1	8.6	69.9	22623.92	1953.326
C.V	19.8	25.8	9.6	8.5	27.58349	29.94149

*, ** Significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. CV = coeficiente de variación.

Para la variable de calidad de forraje como es porcentaje de digestibilidad en los factores de variación genotipo, androesterilidad y las interacciones ambiente x androesterilidad y genotipo x densidad de población presentaron diferencias significativas, los factores bloque y la interacción ambiente x androestéril x densidad de población mostraron en esa misma variable diferencia altamente significativa.

En otra de las variables de calidad y productividad de forraje como es rendimiento de materia seca en el factor de variación genotipos, se detectó significancia, mientras que la variable densidad de población fue altamente significativo al igual que en la variable rendimiento de materia seca por porcentaje de proteína.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los análisis de varianza para producción de grano donde los factores de variación genotipo, androestéril, densidad de población, bloque así como las interacciones ambiente x genotipo, ambiente x androestéril, genotipo x androestéril y genotipo x densidad de población en la variable de rendimiento se detectaron diferencias altamente significativas.

Para el factor de variación ambiente, genotipo, androestéril, bloque y las interacciones ambiente x densidad de población y genotipo x androestéril se encontraron diferencias altamente significativas, para la variable floración masculina mientras que para la variable altura de planta en el factor ambiente, genotipo y bloque se detectaron diferencias altamente significativa y significativa sólo para el factor androestéril (Cuadro 5).

En el caso del factor de variación ambiente para las variables peso de 200 granos y longitud de mazorca, se detectaron diferencias altamente significativas en los dos casos.

En los factores de variación ambiente, genotipo los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas para la variable porcentaje de grano, mientras que la

androesterilidad y la interacción ambiente x genotipo x androesterilidad solo mostraron diferencia significativa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística obtenidos de variables evaluadas para producción de grano en híbridos de maíz en sus versiones androestériles y fértiles, en dos localidades de Valles Altos bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012.

Factor de variación	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Peso de 200 granos (g)	Longitud de mazorca (cm)	Grano %
Ambiente (A)	3782434.1	333.5 **	17892.9 **	6325.22 **	14.4 **	78.4 **
Genotipo (G)	29905737.1 **	58.9 **	2168.99 **	52.38	0.32	20.92 **
Androestéril (AE)	29196164.5 **	37.0 **	980.1 *	19.60	0.03	24.025 *
Densidad de población (DP)	113430744.7 **	0.00625	52.9	4.23	4.23	3.60
Bloque (B)	25234073.8 **	16.10 **	2540.68 **	132.29**	9.35 **	2.38
A X G	9989008 **	1.48	246.12	100.1 **	3.19 *	2.04
A X AE	22939123.3 **	0.5	96.10	129.6 *	0.00	18.23
A X DP	2587717	6.80 **	705.60	112.225 *	3.60	0.00
G X AE	9731024 **	9.61 **	47.88	58.04	3.54 *	12.35
G X DP	14953072.5 **	2.28	200.71	58.85 *	0.71	1.33
AE X DP	9195681	1.05	115.60	25.60	0.23	5.63
A X G X AE	1776633	2.81	281.19	7.41	1.08	13.99 *
G X AE X DP	1817092	1.61	99.54	34.04	0.24	7.42
A X G x DP	5735470	1.9	168.10	32.35	1.96	1.80
A X AE X DP	2036660	6	2.50	22.50	0.00	0.63
A X G X AE X DP	5314222	1.56	24.69	11.19	0.33	5.98
Media	9300	75.6	246.7	65.1	14.4	82.8
C.V	17	1.7	6.3	7.5	7.5	2.9

*, ** Significancia estadística al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. CV = coeficiente de variación.

En Cuadro 6, se presenta la comparación de medias para producción de forraje entre los dos ambientes evaluados; la producción de forraje y el porcentaje de mazorca fueron superiores en CEVAMEX con respecto a FESC.

Para el resto de las variables para evaluar la calidad de forraje como lo son porcentaje de proteína, porcentaje de digestibilidad, rendimiento de materia seca y rendimiento de materia seca por proteína no se encontraron diferencias estadísticas significativas, por lo que se puede decir que ambos ambientes fueron similares con respecto a la evaluación para esas variables (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias para producción de forraje en ambientes de evaluación considerando la media de cinco híbridos de maíz en versión Androestéril y Fértil, bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012.

Ambiente	Rendimiento forraje (kg ha ⁻¹)	Mazorca %	Proteína %	Digestibilidad %	Rendimiento materia seca (kg ha ⁻¹)	Rendimiento materia seca x % Proteína (kg ha ⁻¹)
CEVAMEX 2012	80522 a	32.4 a	8.66 a	69.34 a	23117.5 a	2000.63 a
FESC 2012	72052 b	25.8 b	8.62 a	70.54 a	22130.4 a	1906.02 a
D.S.H (0.05)	4737	2.3	0.26	1.86	1954.1	183.14

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En Cuadro 7, se presenta la comparación de medias para producción de grano entre los dos ambientes evaluados, para variables relacionadas con la productividad en campo, se encontró que no existió diferencia significativa entre los dos ambientes evaluados para la variable rendimiento de grano, mientras que para la variable floración masculina si hubo diferencia.

Para el caso de las variables altura de planta y granos por hilera el ambiente de CEVAMEX se mostró superior comparado con UNAM *Campus* Cuautitlán.

En lo que concierne a las variables peso de 200 granos, longitud de mazorca y porcentaje de grano; el ambiente de UNAM *Campus* Cuautitlán fue superior en comparación con CEVAMEX (cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de medias para producción de grano en ambientes de evaluación considerando la media de cinco híbridos de maíz en versión Androestéril y Fértil, bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012.

Ambiente	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Peso de 200 granos (g)	Longitud de mazorca (cm)	Grano %
CEVAMEX 2012	9455 a	74.2 b	257 a	58.9 b	14 b	82.07 b
FESC 2012	9147 a	77.a	236 b	71.5 a	15 a	83.48 a
D.S.H (0.05)	494	0.4	4.9	1.54	0.34	0.75

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En el Cuadro 8 se presenta la comparación de medias entre genotipos para producción de forraje, para la variable rendimiento de forraje verde, el híbrido H-47 AE, fue superior con 83,369 kg ha⁻¹ de forraje verde con respecto al PUMA 1183, sin embargo no fue diferente con respecto a los otros híbridos.

En el caso de porcentaje de proteína el mejor genotipo es el del híbrido PUMA 1183 (1) con un valor de 9.04%, y el de menor contenido de proteína fue el híbrido TSIRI PUMA (2).

El genotipo que presentó el mejor porcentaje de digestibilidad fue el híbrido H-47 AE; mostrando así un valor aceptable dentro de los parámetros establecidos por el laboratorio de ICAMEX (ver Cuadro 2), el material que presentó el menor porcentaje de digestibilidad fue el híbrido PUMA 1183 (1).

En la comparación de medias para la variable rendimiento de materia seca, hubo dos grupos de significancia, en el grupo superior en rendimiento se ubicaron los genotipos H-47 AE con 24.6 ton/ha y el híbrido TSIRI PUMA (3) con 22.2 ton/ha, con respecto a TSIRI PUMA 3 (Cuadro 8), inclusive mostrando valores más altos a los reportados por Peña *et al.*, 2006.

En la variable rendimiento de materia seca por proteína no se encontró diferencia entre los genotipos evaluados, sin embargo numéricamente H-47 AE y TSIRI PUMA presentaron los rendimientos más altos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación de medias para producción de forraje de cinco híbridos de maíz en versiones androestériles y fértil evaluados, considerando la media de dos ambientes bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012.

Genotipo	Rendimiento forraje (kg ha ⁻¹)	Mazorca %	Proteína %	Digestibilidad %	Rendimiento materia seca (kg ha ⁻¹)	Rendimiento materia seca x % Proteína (kg ha ⁻¹)
H-47 AE	83369 a	29.36 ab	8.51 ab	72.47 a	24623 a	2094.5 a
TSIRI PUMA (2)	80006 a	26.11 b	8.46 b	70.16 ab	23946 a	2040.0 a
TSIRI PUMA (3)	76857 a	29.57 ab	8.47 ab	69.7 ab	22281 b	1899.1 a
PUMA 1183 (2)	76161 a	31.43 a	8.71 ab	69.87 ab	22535 ab	1956.2 a
PUMA 1183 (1)	65041 b	29.17 ab	9.04 a	67.5 b	19734 b	1776.9 a
D.S.H (0.05)	1.66	5.2	0.57	4.11	4322.7	405.13

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El Cuadro 9 muestra la comparación de medias para producción de grano de cinco genotipos en la cual se definieron dos grupos de significancia, de los cinco híbridos evaluados, cuatro se ubicaron en el primer grupo de rendimiento y sólo el híbrido PUMA 1183 (1) se diferente a los otros cuatro, mostrando el menor rendimiento (7,707 kg ha⁻¹), el cual contrasta con el rendimiento del híbrido H-47 AE y TSIRI PUMA (2), que rindieron 10,138 kg ha⁻¹, y 9,998 kg ha⁻¹, respectivamente, para la variable floración masculina el híbrido PUMA 1183 (1) fue estadísticamente diferente en comparación a los otros cuatro genotipos; éste presenta 78 días a floración; el genotipo con mayor precocidad fue TSIRI PUMA (3).

Mientras que para las variables peso de 200 granos como longitud de mazorca no existe diferencia estadística entre genotipos lo que indica que son similares para estas variables.

Para el porcentaje de grano al igual que la variable anterior el híbrido H-47 AE fue el mejor genotipo en comparación con los otros cuatro, en este caso ubicándose con menor porcentaje los híbridos TSIRI PUMA 2 y 3

Cuadro 9. Comparación de medias para producción de grano de cinco híbridos de maíz en versiones androestériles y fértil evaluados, considerando la media de dos ambientes bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012.

Genotipo	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Peso de 200 granos (g)	Longitud de mazorca (cm)	Grano %
H-47 AE	10138 a	75 cd	254 a	67.4 a	14.6 a	84.03 a
TSIRI PUMA (3)	9998 a	74 d	250 a	64.8 a	14.6 a	82 b
PUMA 1183 (2)	9391 a	76 b	244 ab	64.7 a	14.3 a	82. b
TSIRI PUMA (2)	9270 a	76 bc	252 a	64.3 a	14.4 a	83 ab
PUMA 1183 (1)	7707 b	78 a	234 b	64.6 a	14.5 a	83 ab
D.S.H (0.05)	1092	0.9	10.9	3.39	0.76	10478

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El Cuadro 10 muestra la comparación de medias para producción de forraje para las versiones androestéril y fértil, considerando la media de los cinco híbridos en los ambientes de evaluación, en el caso de la variable rendimiento de forraje no se presentó diferencia estadística entre las dos versiones, para el caso del porcentaje de mazorca y porcentaje de proteína; no se presenta diferencia estadística entre ambas versiones, en forma similar a lo que ocurrió con las variables rendimiento de materia seca y rendimiento de materia seca por proteína, donde no se presentó diferencia estadística; lo que muestra que para esta variable las versiones androestéril y fértil son similares.

En la comparación de medias para la variable de porcentaje de digestibilidad la versión fértil de los genotipos fue superior a la versión androestéril.

Cuadro 10. Comparación de medias para producción de forraje de versiones Androestériles y Fértil de cinco híbridos de maíz bajo dos densidades de población y dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012.

Versión Androestéril/ Fértil	Rendimiento forraje (kg ha⁻¹)	Mazorca %	Proteína %	Digestibilidad %	Rendimiento materia seca (kg ha⁻¹)	Rendimiento materia seca x % Proteína (kg ha⁻¹)
Androestéril	76972 a	30.03 a	8.63 a	69 b	22373.7 a	1929.22 a
Fértil	75601 a	28.22 a	8.64 a	70.89 a	22874.2 a	1977.44 a
D.S.H (0.05)	47.36	2.35	0.26	1.86	1954.1	183.14

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El Cuadro 11 muestra la comparación de medias para producción de grano para las versiones androestéril y fértil, considerando la media de los cinco híbridos en los ambientes de evaluación, para la variable rendimiento, mostró que la versión androestéril con un rendimiento superior a las 9 ton/ ha, fue superior significativamente a la versión fértil. Lo que en forma similar ocurrió para la variable floración masculina y porcentaje de grano, donde la versión androestéril fue superior significativamente a la versión fértil.

Sólo en la variable altura de planta, la versión fértil de los híbridos resultó superior a la versión androestéril.

Cuadro 11. Comparación de medias para producción de grano de versiones Androestériles y Fértil de cinco híbridos de maíz bajo dos densidades de población y dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012.

Versión Androestéril/ Fértil	Rendimiento grano (kg ha⁻¹)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Peso de 200 granos (g)	Longitud de mazorca (cm)	Grano %
Androestéril	9728 a	76 a	244 b	64.84 a	14.78 a	83.16 a
Fértil	8874 b	75 b	249 a	65.53 a	14.99 a	82.39 b
D.S.H (0.05)	494	0.4	4.9	1.53	0.29	0.75

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En las variables peso de 200 granos y longitud de mazorca, no se detectaron diferencias estadísticas entre ellas, lo que muestra que en estas variables la versión androestéril y fértil son similares.

El Cuadro 12 muestra la comparación de medias para producción de forraje en dos densidades de población considerando la media de los cinco genotipos evaluados en los dos ambientes, en la variable rendimiento de forraje la mejor densidad de población, fue la de 95 mil plantas por hectárea (87,997 kg ha⁻¹), significativamente diferente a 70,000 plantas por hectárea (64, 577 kg ha⁻¹).

Para las variables porcentaje de proteína y porcentaje de digestibilidad, ambas densidades son similares ya que no se detectó diferencia significativa entre ellas.

Las variables rendimiento de materia seca y rendimiento de materia seca por proteína la mejor densidad de población fue nuevamente la de 95 mil plantas por hectárea superando así a la densidad de 70 mil plantas por hectárea.

En la única variable en donde fue superior la densidad de 70 mil plantas por hectárea fue en porcentaje de mazorca.

Cuadro 12. Comparación de medias para producción de forraje de dos densidades de población de cinco híbridos de maíz en versiones Androestéril y Fértil, bajo dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012.

Densidad de población	Rendimiento forraje (kg ha ⁻¹)	Mazorca %	Proteína %	Digestibilidad %	Rendimiento materia seca (kg ha ⁻¹)	Rendimiento materia seca x % Proteína (kg ha ⁻¹)
95,000 pl/Ha	87997 a	27.8 b	8.61 a	69 a	25561.3 a	2206.96 a
70,000 pl/Ha	64577 b	30.45 a	8.67 a	70.8 a	19686.5 b	1699.69 b
D.S.H (0.05)	4737	2.35	0.26	1.86	1954.1	183.14

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El Cuadro 13 muestra la comparación de medias para producción de grano en dos densidades de población, considerando la media de los cinco genotipos y ambientes de evaluación, la mejor densidad fue, 95 mil plantas por hectárea, con la que se obtuvo el más alto rendimiento (10,143 kg ha⁻¹), diferente significativamente al obtenido en 70,000 plantas por hectárea.

En las otras variables: floración masculina, altura de planta, peso de 200 granos, longitud de mazorca y en el porcentaje de grano no se encontró diferencia estadística entre las dos densidades evaluadas.

Cuadro 13. Comparación de medias para producción de grano de dos densidades de población de cinco híbridos de maíz en versiones Androestéril y Fértil, bajo dos ambientes de evaluación. Ciclo primavera-verano 2012.

Densidad de Población	Rendimiento grano (kg ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Altura de planta (cm)	Peso de 200 granos (g)	Longitud de mazorca (cm)	Grano %
95,000 pl/Ha	10143 a	75.6 a	246.1 a	65.35 a	14.65 a	82.6 a
70,000 pl/Ha	8459 b	75.7 a	247.3 a	65.03 a	14.32 a	82.9 a
D.S.H (0.05)	494	0.4	4.92	1.53	0.34	0.75

Medias con letras iguales en el sentido de las columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

En las otras variables: floración masculina, altura de planta, peso de 200 granos, longitud de mazorca y en el porcentaje de grano no se encontró diferencia estadística entre las dos densidades evaluadas.

En la figura 2 se muestra la interacción que existe entre las versiones androestéril y fértil de cinco híbridos de maíz; PUMA 1183 (1 y 2), TSIRI PUMA (2 y 3) y el híbrido H-47 AE y los dos ambientes de evaluación; UNAM Campus Cuautitlán y CEVAMEX en el ciclo agrícola primavera verano 2012. La versión androestéril de los diferentes materiales evaluados tanto en el ambiente de UNAM Campus Cuautitlán y CEVAMEX muestra rendimientos superiores para grano como para materia seca; lo cual se considera es debido a que los nutrientes que se destinan para la formación de la flor masculina (espiga) son translocados

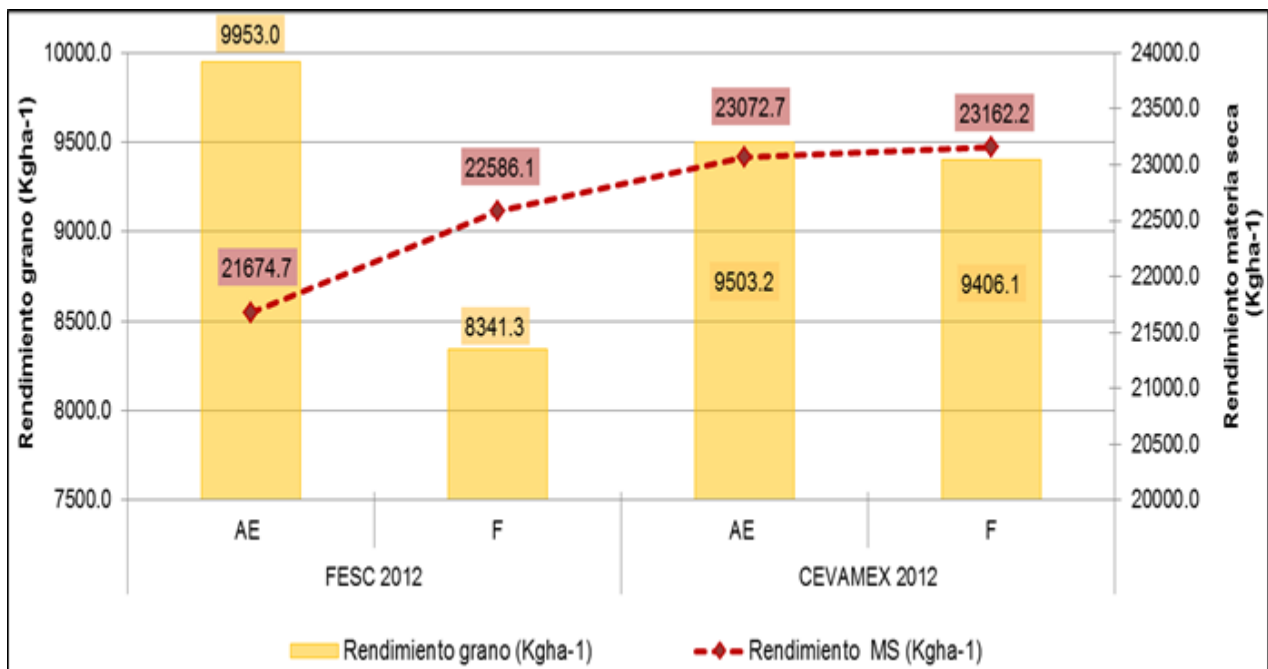


Figura 2. Interacción de versiones androestéril y fértil de cinco híbridos de maíz en dos ambientes de evaluación para rendimiento de grano y forraje. Ciclo primavera-verano 2012. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3 se muestra la interacción que existe entre los cinco híbridos evaluados PUMA 1183 (1 y 2), TSIRI PUMA (2 y 3) y el híbrido H-47 AE bajo dos densidades de población 70 mil y 95 mil plantas por hectárea. La densidad más alta de población (95 mil plantas por hectárea) demostró tener mayor rendimiento tanto para grano como para materia seca; ejemplo claro es el que se muestra en el híbrido PUMA 1183 (2) que presenta valores que van desde 9,037.1 kg ha⁻¹ a 9,745.6 kg ha⁻¹ para el caso de rendimiento de grano y 20,949.9 kg ha⁻¹, 24,120.4 kg ha⁻¹ para rendimiento de materia seca.

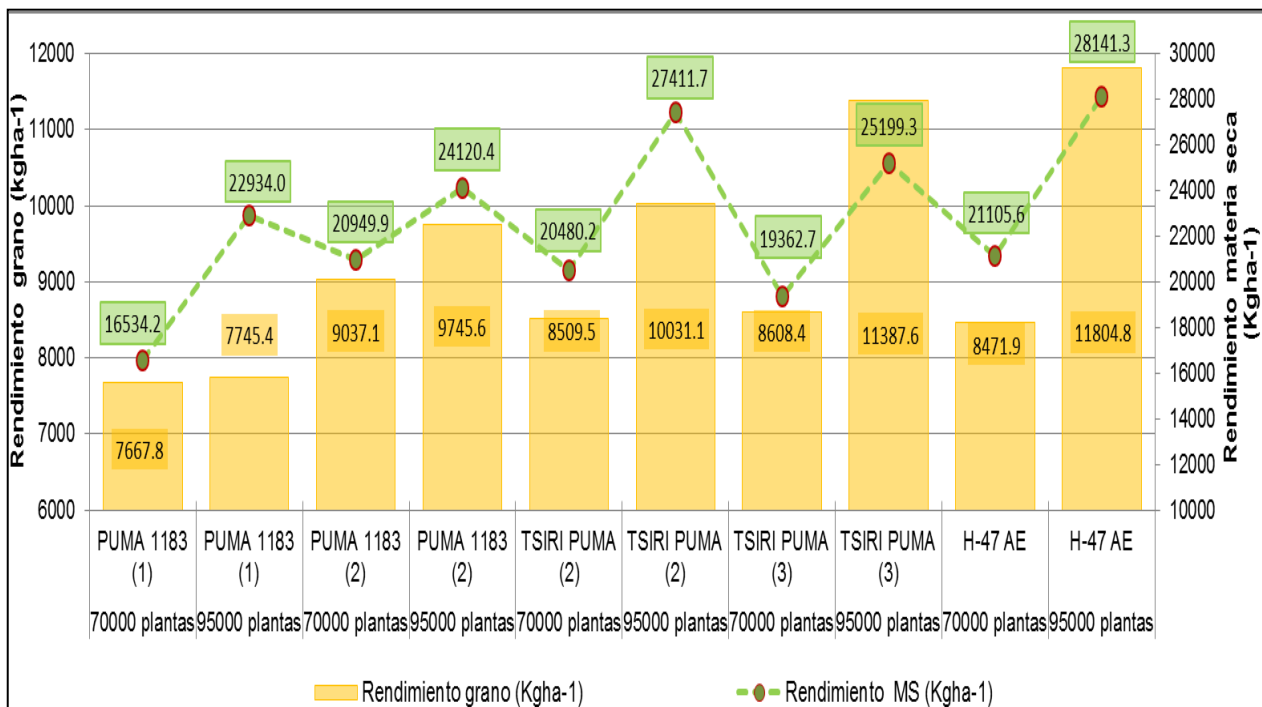


Figura 3. Interacción de cinco híbridos de maíz evaluados bajo dos densidades de población. Ciclo primavera-verano 2012. Fuente: Elaboración propia

V CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El mejor ambiente para las variables de rendimiento tanto de grano, forraje en verde y materia seca fue CEVAMEX, para el ciclo primavera-verano 2012; obteniéndose rendimientos superiores a 9 ton/ ha, 80 ton/ha y 23 ton/ha respectivamente.
2. En la comparación de genotipos se concluye que el mejor híbrido fue H-47 AE, aun cuando estadísticamente no existe diferencia con respecto a los híbridos TSIRI PUMA 2 y 3 y el híbrido PUMA 1183 (2). Resaltando que el híbrido H-47 AE mostró un valor de rendimiento de 10,138 kg ha⁻¹.
3. Para las variables rendimiento de forraje y rendimiento de materia seca, nuevamente el híbrido H-47 AE presentó los rendimientos más altos; 83,369 kg ha⁻¹ y 24,623 kg ha⁻¹ respectivamente, así como también fue superior para porcentaje de digestibilidad mostrando un valor de 72.47 %.
4. En el caso del porcentaje de proteína el mejor híbrido fue el PUMA 1183 (1) con un valor de 9.04 % seguido del PUMA 1183 (2) y posteriormente el híbrido H-47 AE; con valores de 8.71 y 8.51 % respectivamente; mostrando así que el híbrido H-47 AE se encuentra dentro de un valor aceptable para proteína, aunque el PUMA 1183 fue superior que el H 47 AE; la diferencia es mínima en valor.
5. Con respecto a las versiones androestéril y fértil de los genotipos evaluados; la versión que mostró los mejores rendimientos tanto de grano, forraje verde y materia seca fue la versión androestéril, con respecto a la versión fértil.
6. Con base en los objetivos se definió que la mejor densidad de población fue la de 95,000 plantas por hectárea, mostrando así los mejores rendimientos para grano con 10,143 kg ha⁻¹, forraje verde con 87,997 kg ha⁻¹ y finalmente materia seca con 25,561 kg ha⁻¹.

VII. LITERATURA CONSULTADA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Vol. I. 15th Edn. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Arreola, V; Navarro, C; Burciaga G. 1996. Potencial forrajero de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en la Comarca Lagunera. *Agronomía Mesoamericana*. 7(2): 88-92.
- B. L. Ma, K. D. Subedi, D. W. Stewart, and L. M. Dwyer. 2006. Dry Matter Accumulation and Silage Moisture Changes after Silking in Leafy and Dual-Purpose Corn Hybrids. *American Society of Agronomy*. 98:922–929.
- Bernal Roberto., 1983. Efecto de la época de corte sobre el rendimiento en grano y la calidad del forraje de maíz (*Zea mays*). Tesis de Maestría en Ciencias.
- Bujak, H; Kaczmarek, J; Jedynski, Dmochowska-Huba K; Adamczyk J; Kurczyk, Z. 2007. Index selection in maize Breeding. *Plant genetic and Breeding* 24 (94):58-65.
- Cañeque, M; Saldaña, José Luis. 1998. Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 151-171 p.
- Calsamiglia, A. Ferret, A. Bach. 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 70 p.
- Cerón, J.J; Crossa J; Sahagún-Castellanos. 2005. Un índice de selección basado en componentes principales. *Agrociencia* 39(6):667-677.
- Collins, M., and J. O. Fritz. 2003. Forage quality. In: *Forages*. Barnes R. F., C. J. Nelson, M. Collins and K. J. Moore (eds.). 6th ed. Iowa State Press. Ames, Iowa. USA. 363-390 p.
- Crookston, R.K. Kurle. 1988. Using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage. *J Prod Agric*. 1:293-295.
- Di Marco, N.O; Aello, S.M. 2003. Calidad nutritiva de la planta de maíz para silaje. Unidad Integrada Balcarce. Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA EEA Balcarce). En línea <http://www.elsitioagricola.com/articulos/dimarco/Calidad%20Nutritiva%20de%20la%20Planta%20de%20Maiz%20para%20Silaje%20-%202003.asr>. Fecha de consulta 22 de enero 2013.
- Elizondo, J; Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):181-187.

- Espinosa, A; Tadeo, M; Turrent, A; Gómez, N; Sierra M; Palafox A; Caballero F; Valdivia R; Rodríguez F. 2008 a. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. Ciencias. Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM. 92-93: 118-125.
- Espinosa A; Turrent A; Tadeo M; Gómez N; Sierra M; Caballero F. 2008 b. Importancia del uso de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. En: desde los colores del maíz, una agenda para el campo mexicano. Editor J. Luis Seefoó. El Colegio de Michoacán, CONACYT. Zamora, Michoacán. Vol I: 233-255.
- Hereford, Bs. As. 2010, Maíz para ensilaje. 75(650):80-83. En línea: (www.produccion-animal.com.ar). Fecha de consulta: 12 de Julio 2012.
- Hernández- Nuñez, G.,Faz, R; Tovar G, M; Zavala A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. Téc. Pecu. Méx. 39:77–88. Núñez, G; Faz, R; González, F y Peña, A. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. Revista Técnica Pecuaria. Méx. 43:69–78.
- González F; Peña A; Núñez G. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana. 28 (4): 393-397. 393-397 p.
- González, HA; Vázquez G, LM; Sahagún, CJ; Rodríguez P, JE. 2008. Diversidad fenotípica en variedades e híbridos de maíz en el Valle de Toluca-Atzacomulco, México.
- Kato Y., T.A. Mapes S., C. Mera O., L.M. Serratos H., J.A. Bye B., A. R. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el conocimiento y el uso de la biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Ma, B.L; Subedi. K.D; Stewart, D.W; Dwyer, L.M. Dry matter accumulation and silage moisture changes after silking in leafy and dual-purpose corn hybrids. Published in Agron. J. 98:922–929 (2006). American Society of Agronomy
- Milligan, SB; Balzarini, M; White, WH. 2003. Broad- sense heritabilities, genetic correlations, and selections, and selection indices for sugarcane borer resistance and their relation to yield loss. Crop sci 43:1729-1735.
- Morfin-L, L., 2011. Bromatología; Manual de laboratorio. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.72-74, 89-92 p.
- Núñez G; Contreras R; Castañeda F; Peña A. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. Téc Pecu Méx 2005; 43 (1): 69-78.

- Olague-J, Montemayor-J A, Bravo-S, Fortis-M, Aldaco-R, Ruiz-E.2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *TécPecu Méx.*44 (3):351-357
- Olivo,M., P. Alarcón-Cháires y L. Solis. 2001. Los pueblos del maíz, nomenclatura indígena de una planta sagrada. *Etnoecológica* 6(8):103-106.
- Ortiz-Cereceres, J., R. Ortega-Paczka, J. Molina-Galan, M. Mendoza-Rodríguez, M. C. Mendoza-Castillo, F. Castillo-González, A. Muñoz-Orozco, A. Turrent-Fernández y T. A.2003. La diversidad del maíz en México. In Esteva, G., y C. Marielle (Coordinadores).*SinMaíz no hay País*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, D. F.. 123-154 p.
- Peña A; Núñez G; González F. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Revista Técnica Pecuaria*. México. 40 (3): 215-228.
- Peña A; Núñez G; González F. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Revista Técnica Pecuaria*. México. 41 (1); 63-74.
- Peña, RA; González, CF; Núñez, HG; Jiménez, GC. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:1-6.
- Peña A; González F; Núñez G; Tovar, R; Preciado, E; Terrón A; Gómez, O; Ortega, A. 2006 a. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29: 109-114.
- Reta, G; Gaytán, A; Carrillo, J. 2002. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23: 37-48.
- Robles Raúl., 1983. Producción de granos y Forrajes. Ed. Limusa. México D.F. 26-28, 51-53 p.
- Strieder, LM; Ferreira S, PR; Rambo, L; Sangoi, L; Alves, SA; Endrigo, PC; Batista, JD. 2008. Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)* 65(4):346-353.
- S.K, Iván; R.J, Grant; D. Weakley. 2005. Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of holstein cows. *American Dairy Science Association*. 88:244-254.
- Sánchez H, A; Aguilar M, U; Valenzuela, N; Sánchez C; Jiménez, C; Villanueva, C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2):281-295.
- Shimada,M. A., 2003.*Nutrición Animal*, México, D.F., Trillas. 388 p.

- Subedi, K. D.; Ma, B. L. and Smith, D. L. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Sci.* 46:1860-1869.
- Tadeo, M; Espinosa, C., A; Martínez R; Arias R. 2005. Producción y tecnología de semillas, desarrollo y difusión de híbridos y variedades de maíz de la UNAM para su adopción extensiva en México. XX Reunión Latinoamericana de Maíz. Editores Miguel Barandiaran Gamarra, Alexander Chávez Cabrera, Ricardo Sevilla Panizo, Teodoro Narro León. Lima, Perú. 435-441 p.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Zaragoza, J. Turrent, A; Sierra, M; Gómez, N. 2012a. Forraje y grano de híbridos de maíz amarillo para valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana.* 23 (2):281-288.
- Tadeo, M; Espinosa, A; Chimal, N; Arteaga, I; Trejo, V; Canales, E; Sierra, M; Valdivia, R; Gómez, N; Palafox, Artemio; Zamudio, Benjamín. 2012b. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles *Terra Latinoamericana*, vol. 30, núm. 2, abril-junio, 2012. 157-164 p.
- Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. *Journal of the British Grassland Society* 18:104-111 p.
- Tinoco A, CA; Ramírez, FA; Villareal, FE; Ruiz, CA. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México.* 34(3):271-278 p.
- Tucuch-Cauich C,A; Rodríguez-Herrera, S,A; Reyes-Valdés M,H; Pat-Fernández J,M; Tucuch-Cauich F, M; Córdova-Orellana H,S. 2011. Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 22, núm. 1. 123-132 p.
- Turrent-Fernández A. 2009. Potencial productivo de maíz. *Revista Ciencias*, 92-93: 126-129 p.
- Valentinuz, RO; Tollenaar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-perleaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98:94-99.
- Watson Stephen., 1965. *El ensilaje*. Ed. Compañía Editorial Continental. México D.F. 46-48, 129-143 p.
- Watson Peter., 1983. *Production and management of cultivated forages*. Ed. Prentice-Hall Company. U.S.A. 172-184 p.
- Widdicombe, D; Thelen, DK. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal* 94:326-330 p.