

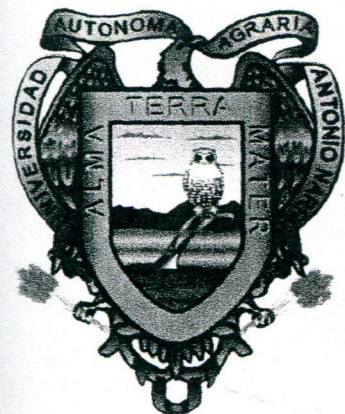
HIBRIDOS DE MAÍZ QPM PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA COMARCA LAGUNERA

EDSON FRANCISCO NAVARRO ORONA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

DIRECTOR DE TESIS: DR. SERGIO A. RODRÍGUEZ HERRERA

Torreón, Coahuila, México. Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIRECCIÓN DE POSGRADO.

HÍBRIDOS DE MAÍZ QPM PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA
COMARCA LAGUNERA,

TESIS

POR

EDSON FRANCISCO NAVARRO ORONA.

Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobado
como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

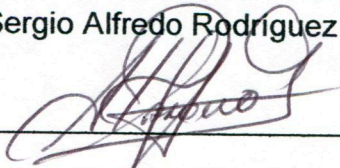
Comité Particular

Asesor principal:



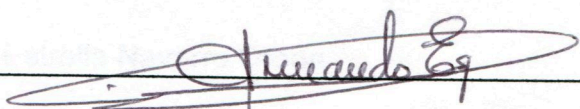
Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera.

Asesor:



Dr. Arturo Palomo Gil.

Asesor:



Dr. Armando Espinoza Banda

Director de Postgrado



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Jefe del Departamento de Postgrado



M.C. Gerardo Arellano Rodríguez

DEDICATORIA

A DIOS PADRE: Por la oportunidad que me dio de vivir y de lograr las metas que me he propuesto en la vida.

A MIS PADRES:

Edna Carolina Orona Domínguez.

Francisco Navarro Curiel.

Por regalarme lo maspreciado de este mundo que es la vida, por su apoyo y esfuerzo que han realizado para sacarme adelante y para formarme como un profesional, que con su amor y confianza que han depositado en mi, he logrado alcanzar un objetivo más en mi vida y por muchas cosas más, mil gracias.

A MIS HERMANOS.

Edna Estrella Navarro Orona

Everaldo Roman Navarro Orona

Con cariño y respeto por los apoyos que me han brindado para seguir adelante en la vida y en el ámbito profesional

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me otorgaron y con ello logre un paso de superación más en la vida.

A mi comité de asesores: Dr. Sergio Alfredo Rodríguez Herrera, Dr. Arturo Palomo Gil, al Dr. Emiliano Gutiérrez del Río y al Dr. Armando Espinoza Banda. Así como a todos mis profesores que me prepararon para seguir adelante en mi maestría, a mis amigos y a todas aquellas personas de alguna forma permitieron que esta investigación se realizara.

A mis compañeros de maestría que durante dos años compartimos momentos de alegría, de tristezas, pero que de alguna manera seguimos adelante y logramos el objetivo que teníamos propuesto.

Un especial agradecimiento al M.C. Gerardo Arellano Rodríguez y a Esther Peña, por las facilidades prestadas para que este proyecto llegara a un feliz termino.

Y en especial a mis amigos y compañeros Enrique Andrio Enríquez, que siempre estuvieron en los momentos más difíciles, y sin su colaboración no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

COMPENDIO

**HIBRIDOS DE MAÍZ QPM PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA
COMARCA LAGUNERA**

POR

EDSON FRANCISCO NAVARRO ORONA

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Torreón Coahuila de Zaragoza, México. Diciembre de 2007

Asesor Principal. DR. SERGIO A. RODRÍGUEZ HERRERA

Palabras claves: Zea mays L., Maíces de alta calidad Proteínica (QPM), Maíz Forrajero, Calidad forrajera.

En el presente trabajo de investigación se analizaron 70 híbridos de maíz QPM destinados para la producción de forraje, de los cuales 40 de ellos son de color blanco y 30 amarillos.

Este experimento se llevo acabo en dos ciclos primavera y verano de 2006, en el rancho Las Vegas localizado en Francisco I. Madero Municipio un municipio de la Comarca Lagunera México.

El objetivo fue seleccionar los mejores híbridos de maíz forrajero para esta región se midieron variables agronómicas altura de planta (AP), Altura de Mazorca (AM), Rendimiento de Mazorca (RMAZ), Días de siembra a Floración Masculinas (DFM), Días de siembra a Floración Femenina (DFF), Rendimiento de Forraje Verde (RFV), rendimiento de forraje verde y rendimiento de materia Seca (MS), las características de calidad forrajera fueron Fibra Acida Detergente (FAD), Fibra Neutro Detergente (FND). Energía Neta de Lactancia (ENL).

Los resultados mostraron diferencia estadística entre los ciclos para todas las variables agronómicas y de calidad de forrajes. Los genotipos mostraron diferencia para días de siembra a floración masculina y a días a floración femenina el ciclo primavera mostro los mayores valores para las características agronómicas y de calidad de forraje, los mayores de fibra neutra detergente y de fibra detergente acida se obtuvieron en el ciclo primavera por lo contrario, el mejor valor de ENL se obtuvo en el coeficiente de variación.

ABSTRACT

**QPM CORN HIBRIDS FOR MILK PRODUCTION IN THE COMARCA
LAGUNERA**

BY

EDSON FRANCISCO NAVARRO ORONA

MASTER OF AGRICULTURAL SCIENCES

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

Torreón Coahuila de Zaragoza, México. December 2007

Ph.D. SERGIO A. RODRÍGUEZ HERRERA-advisor-

Key words: *Zea mays* L., Maize protein quality, (QPM), Forage maize, forage quality.

The present work was done to evaluate 70 QPM forage corn hybrids, 40 of them were white and 30 yellow color endosperm.

The experiment was carried out in two cycles, spring and summer of 2006, in the las Vegas ranch located in Francisco I. Madero, Coahuila, country of the Comarca Lagunera, Mèxico.

The Objective of the study was to select the best forage maize hybrids for this region. Agronomic variables measured were plant height (PH), ear height(EH), ear fresh yield(EFY), days from planting to male flowering (DMF), days from planting to female flowering (DFF), fresh forage yield (FFY), and dry matter yield (DMY), forage quality characteristics measured were , neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lactancy net energy (LNE).

Results showed statistical difference among cycles for all the agronomic and forage characteristics evaluated. Genotypes showed statistical differences for DFF and DFF. The spring cycle showed the highest values for the agronomic variables, and in forage characteristics the highest NDF and ADF values were obtained in the spring cycle, an the contrary, the best LNE was obtained in the summer cycle.

INDICE

| | Pág |
|---|-----------|
| COMPENDIO..... | V |
| Índice de cuadros | xi |
| I.- INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 4 |
| 1.2 Hipótesis..... | 4 |
| II.- REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. Generalidades del cultivo..... | 5 |
| 2.1.1. Maíz Forrajero..... | 5 |
| 2.1.2. Criterios para evaluar el maíz para forraje..... | 8 |
| 2.1.3. Ideotipo del maíz para forraje..... | 10 |
| 2.1.4. Cosecha óptima de maíz para ensilado..... | 12 |
| 2.1.5. Cosecha óptima del maíz con rastrojo y grano | 14 |
| 2.1.6. Productividad del maíz para forraje..... | 15 |
| 2.2. Maíces QPM..... | 16 |
| 2.2.1. Antecedentes del QPM..... | 16 |
| 2.2.2. Maíz con proteínas de calidad..... | 20 |
| 2.2.3. Importancia actual de los materiales QPM..... | 27 |
| 2.3. Rendimiento..... | 30 |
| 2.4. Tipo de Grano..... | 31 |
| 2.5. Resistencia a enfermedades..... | 32 |
| 2.6. Comportamiento de los materiales QPM..... | 32 |
| 2.7. Valor nutricional..... | 34 |
| 2.8. Contenido de fibras..... | 35 |
| 2.9. Fibra Neutra Detergente..... | 35 |
| 2.10. Fibra Detergente Ácida..... | 37 |
| 2.11. Energía Neta de Lactancia..... | 40 |
| 2.12. Materia Seca..... | 41 |
| 2.12.1. Contenido de Materia Seca..... | 41 |
| 2.13. Calidad de Alimento..... | 42 |
| 2.14. Contenido de Energía..... | 43 |
| 2.15. Contenido de Proteína..... | 43 |
| 2.16. Utilización del Ensilado de Maíz en la Producción de Leche..... | 44 |
| 2.17. Factores que Afectan la Producción de Leche Usando el Ensilado de Maíz..... | 45 |
| 2.18. Dietas Diarias de Vacas Basadas en Ensilado de Maíz..... | 46 |
| 2.19. Efectos del Ensilado de maíz en la Composición de la leche..... | 46 |
| III.- MATERIALES Y METODOS..... | 49 |
| 3.1. Ubicación Geográfica..... | 49 |
| 3.2. Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera..... | 49 |
| 3.2.1. Clima..... | 49 |
| 3.2.2. Suelo..... | 50 |
| 3.3. Material Genético..... | 50 |
| 3.4. Diseño experimental..... | 55 |
| 3.7. Manejo Agronómico del Lote Experimental..... | 55 |
| 3.8. Variables Agronómicas..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 3.8.1. Altura de Planta (AP)..... | 56 |
| 3.8.2. Altura de Mazorca (AM)..... | 56 |
| 3.8.3. Peso Verde de la Planta (PVP)..... | 56 |
| 3.8.4. Peso Verde de Mazorca (PVM)..... | 56 |
| 3.8.5. Días a Floración Masculina (DFM)..... | 56 |
| 3.8.6. Días a Floración Femenina (DFF)..... | 57 |
| 3.8.7. Rendimiento de Forraje Verde (RFV)..... | 57 |
| 3.8.8. Materia Seca Total (MST)..... | 57 |
| 3.9. Variables de calidad forrajera | 58 |
| 3.9.1. Análisis de Laboratorio de calidad de forrajera..... | 58 |
| 3.9.1.1. Determinación de fibra ácido detergente (FAD) y neutro detergente (FND)..... | 58 |
| 3.10. Modelo Estadístico..... | 60 |
| 3.11 Análisis estadísticos..... | 60 |
| IV.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 61 |
| 4.1. Ciclos..... | 64 |
| 4.2. Características agronómicas..... | 64 |
| 4.3. Calidad forrajera..... | 66 |
| 4.4.Promedio de características agronómicas..... | 67 |
| 4.5. Calidad forrajera..... | 72 |
| V.- CONCLUSIONES..... | 77 |
| VI.- LITERATURA CITADA..... | 79 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. | | Página |
|-------------------|--|---------------|
| 3.1 | Descripción de Híbridos de maíz QPM shtwq 0523 | 51 |
| 3.2 | Descripción de Híbridos de maíz QPM shtyq 0525 | 53 |
| 3.3 | Manejo del cultivo | 55 |
| 3.4 | Solución para determinación de fibra Acido Detergente | 59 |
| 3.5 | Solución para análisis de fibra Neutro Detergente | 59 |
| 4.1 | Cuadros Medios del análisis de varianza para características agronómicas y de calidad forrajeras evaluadas en Francisco I. Madero, Coah. 2006. | 63 |
| 4.2 | Promedio de Características Agronómicas Evaluadas de Maíz SHTWQ 0523 Y SHTYQ 0525 en dos ciclos, 2006. | 65 |
| 4.3 | Promedio de Calidad Forrajera evaluados de maíz SHTWQ 0523 y SHTYQ 0525 en dos ciclos | 67 |
| 4.4 | Promedio de Características Agronómicas y Calidad Forrajera de Maíz SHTYQ 0523 evaluados en Francisco I. Madero Coah. 2006. | 75 |
| 4.5 | Promedio de Características Agronómicas y calidad Forrajera de Maíz SHTWQ 0252 evaluados en Francisco I. Madero Coah. 2006 | 76 |

I.- INTRODUCCIÓN.

El maíz es el principal cultivo del pueblo mexicano, no solo por lo que representa como alimento, sino porque es uno de los principales cultivos forrajeros más importantes para la ganadería de México.

En México, cerca del 60 % de la demanda de leche del país y 80 por ciento de la leche pasteurizada, lo aportan cuencas lecheras que se encuentran altamente tecnificadas. Las principales cuencas lecheras en el país son: Cd. Juárez y Delicias, Chih.; La Región Lagunera, Durango, Aguascalientes, Querétaro, y Valle de México.

En las cuencas lecheras antes mencionadas el principal forraje utilizado provienen principalmente del cultivo de la alfalfa y en proporciones diferentes maíz, sorgo, avena. Debido a la falta de atención en lo que se refiere a la calidad de los forrajes, se ha creado una cierta dependencia de la alfalfa pero también el uso intensivo de granos, subproductos industriales y productos especializados que tiene un mayor costo, lo cual aumenta de una manera considerable los costos de la alimentación del ganado.

El creciente aumento en la producción de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias que identifiquen

fuentes de germoplasma y aprovechamiento del potencial genético a través del desarrollo de programas de mejoramiento genético.

En lo que respecta al cultivo de maíz, el cual se adapta a todas las regiones de nuestro país. Debido a sus características fisiológicas tiene una alta productividad de materia seca por hectárea y alta eficiencia en el uso del agua. El ensilado de maíz es uno de los alimentos energéticos más utilizados en los sistemas de producción de leche y en menor escala en lo que se refiere a la producción de carne. Sin embargo en los programas de mejoramiento no ha recibido la suficiente atención ya que las necesidades del país lo han enfocado más hacia el grano; debido a esto, la mayoría de los materiales utilizados para forraje originalmente fueron creados para producción de grano.

Los ensilados de maíz en México, por lo general tiene un valor energético alrededor de 1.3 Mcal de energía neta de lactancia por kilogramo de materia seca, el cual es bajo si se comparan con los que son utilizados en Estados Unidos de Norte América y Europa (Chalupa, 1995). Lo anterior es debido a que anteriormente el principal objetivo era el rendimiento por unidad de superficie. Debido a esto es fundamental la selección de híbridos ricos en su contenido nutricional pero sin dejar de lado el rendimiento.

Se ha reportado que existen diferencias entre híbridos en contenido de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca y de la fibra (Allen *et al.*, 1995); Además estudios realizados demuestran que la digestibilidad de los ensilados

de maíz puede y depende tanto de su contenido de grano como de la digestibilidad de hojas y tallos.

En cuanto a los maíces llamados de Alta Calidad Proteínica (QPM) dichos materiales contienen un mayor contenido de lisina en el grano, aminoácido limitante en el maíz. Esta característica llega a ser una ventaja bajo condiciones de alimentación humana y de animales no rumiantes (aves, cerdos,). Sin embargo, en lo que se refiere a rumiantes la proteína del maíz ensilado se degrada alrededor de un 70% en el rumen.

Sin embargo, los materiales QPM que han sido seleccionados para la alimentación humana o de animales monogástricos pueden ser relacionados con otras características asociadas al valor energético del ensilado de maíz. Beek y Dado (1998) reportaron que la digestibilidad de la materia seca y almidón en los ensilados de híbridos de maíz altos en el contenido de lisina (QPM) fueron mayores que para ensilados de híbridos normales de maíz.

En México, se ha generado muy poca investigación sobre la utilización de híbridos de maíz de alta calidad proteínica en la alimentación del ganado lechero, por lo que se plantea este trabajo.

1.1 Objetivos

- Encontrar materiales de maíz QPM para ensilaje con alta producción de materia seca y alto valor energético.
- Evaluar la productividad y el valor nutritivo de los materiales de maíz QPM para forraje en La Comarca Lagunera
- Seleccionar los materiales de maíz QPM para forraje con mayor potencial de producción y mayor valor nutritivo.

1.2 Hipótesis

- De los materiales evaluados al menos uno posee mayor capacidad rendidora en forraje verde que los testigos.

De los materiales evaluados al menos uno posee mayor cantidad de energía lactante que los testigos.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Maíz forrajero

La planta de maíz es un excelente forraje para el ganado. Produce, en promedio, mas materia seca y nutrimentos digestibles por unidad de superficie que otros forrajes (Perry, 1988); en ambientes templados es comúnmente usada para hacer ensilaje. Por otro lado, en los trópicos la planta de maíz es usada como forraje en varios estadios de su desarrollo. Una práctica común es quitar las hojas inferiores a medida que la planta crece y alimentar con ellas el ganado. Muy a menudo, el maíz es considerado un cultivo de doble propósito, para forraje y para grano, y varias partes de la planta son usadas como forraje. Las hojas verdes se van quitando una a una a medida que la planta crece y se le dan al ganado. En otros casos, la parte superior de la planta se corta para alimentar el ganado después que el grano llega a su madurez fisiológica. Después de la cosecha de las mazorcas, los restos también se usan como forraje. El maíz también se cultiva como forraje verde en muchos países tropicales; se cosecha después de la floración pero mucho antes de la madurez, y se usa la planta entera.

Sin embargo, el mejoramiento del maíz como especie forrajera ha recibido escasa atención; se dispone de algunos resultados de las investigaciones que podrían mejorar su uso forrajero. Allam et al. (1993) informaron sobre la utilización de los restos del cultivo del maíz para alimentar corderos en Egipto.

Galina et al. (1995) informaron sobre el uso de una mezcla de subproductos de la agricultura tropical como el rastrojo de maíz y los brotes de la caña de azúcar para alimentar el ganado. Abate y Abate (1994) y Semenye, Shisya y Getz (1994) estudiaron el uso de las hojas de maíz como forraje para corderos y ovejas en Kenia. Díaz (1993) informó sobre el uso de las espigas de las mazorcas para alimentar vacas lecheras.

Marvin et al., (1995) examinaron la composición de las paredes celulares y el contenido de fibra del tallo del maíz en relación a la digestibilidad del forraje. Los parámetros útiles para un buen forraje de maíz son: las proteínas crudas, el contenido de fibra, la materia seca digestible total, los nutrimentos digestibles totales y un bajo contenido de lignina.

El germoplasma del maíz forrajero debe presentar un crecimiento rápido, resistencia a enfermedades foliares, tolerancia a las siembras a altas densidades y alta capacidad de producción de biomasa. El gen "brown mid-rib-3" (bm3) es conocido por reducir el contenido de lignina de la planta (Kuc y Nelson, 1964), lo cual es una característica deseable pero que está asociada con un bajo contenido de materia seca.

Casanas et al. (1994) compararon cruzas de germoplasma tropical x templado para el desarrollo de híbridos forrajeros tardíos. El germoplasma tropical Tuxpeño, Cateto y Compuesto Centro-americano en combinación con la línea B 73 produjo un alto rendimiento de forraje. La Posta y Brasil 1771 en combinación con B 73 también produjeron materia seca altamente digestible.

Geiger et al. (1992) señalaron que los principales objetivos en el mejoramiento del maíz para forraje son incrementar el rendimiento de energía metabolizable por unidad de superficie cultivada y mejorar el contenido de energía del forraje. Sugirieron que la selección para un alto rendimiento de materia seca es la forma más eficiente de mejorar indirectamente el rendimiento de energía metabolizable. Dentro un mismo grupo de madurez, la proporción de mazorca en el total de materia seca (PMTMS) y el contenido de energía metabolizable de los restos de la planta (CEMR) son las principales características de calidad que deben ser consideradas conjuntamente en el proceso de selección. La respuesta de los genotipos de maíz forrajero a la densidad de plantas y consecuentemente al rendimiento no es tan clara como en los híbridos para la grano.

Pinter et al. (1994) informaron acerca de diferencias en rendimiento entre genotipos tolerantes y genotipos sensibles a la densidad de plantas, si bien no hubo diferencias significativas en el total de nutrimentos digestibles totales. Para aquellas densidades de plantas menores que las requeridas para el máximo de producción de materia seca, se notaron diferencias significativas en el total de nutrimentos digestibles, tanto en híbridos sensibles como

tolerantes. Bosch et al. (1994) compararon varios híbridos tardíos de germoplasma tropical y templado; concluyeron que la materia seca digestible total depende principalmente del rendimiento de mazorcas verdes y en menor medida del total de producción del resto de la planta y aún menos de la digestibilidad de los restos. En las poblaciones estudiadas se encontró baja variabilidad genética para la digestibilidad de los restos de la planta. Esta baja digestibilidad probablemente es causa de su escasa influencia sobre la materia seca digestible total. Un incremento en la digestibilidad de los restos de la planta se podría obtener sin reducir la producción de biomasa ya que las características de producción y de digestibilidad de los restos no están correlacionadas. Con el desarrollo de nuevas técnicas como el desarrollo de la espectroscopía de reflexión casi infrarroja para predecir la calidad de los restos de la planta (Albanell et al., 1995), la selección de germoplasma superior de maíces forrajeros podría hacer rápidos progresos a breve plazo.

2.1.2. Criterios para evaluar el maíz para forraje.

Los criterios para evaluar el maíz para forraje, es un aspecto que ha sido ampliamente discutido y el encontrar la respuesta correcta para cada región o sistema de cultivo es difícil de obtener (Pinter, 1985). En la elección de la variedad deberá indagarse en primer lugar la información existente (derivada de la zona) acerca de las características de la adaptabilidad ecológica. Dentro de las características importantes se buscará que puedan desarrollarse con

grandes densidades de población, que tenga resistencia a plagas y enfermedades, alta productividad de granos (mazorcas) y forraje, precocidad, buena aceptación por el ganado y un elevado valor nutritivo (principalmente en carbohidratos solubles en agua (FIRA, 1986).

Hunt et. al. (1992), mencionan que la producción total de materia seca y contenido de grano son comúnmente los factores más importantes para la evaluación de maíces híbridos para la producción de ensilado, pero no se considera el valor nutritivo de la planta (tallos, hoja y espiga). La parte vegetativa de la planta puede representar alrededor del 50% del total de materia seca del ensilado de maíz y representar una alternativa para incrementar la calidad del ensilado.

Generalmente la evaluación de variedades de maíz ha tendido a incrementar la producción de materia seca y a considerar rasgos importantes como la resistencia al acame, estabilidad en la producción a través de diferentes ambientes, contenido de materia seca hasta niveles que minimicen las pérdidas durante el ensilaje, vigor inicial, comportamiento a la densidad de siembra y facilidad de recolección (Jugenheimer, 1981; Frasnay, 1985; Velda, 1985).

Kezar (1998) menciona que el contenido de grano del ensilado de maíz resultante, deberá ser el principal criterio considerado cuando se seleccionen híbridos para ensilado.

(Reyes 1990.) define que el maíz ideal para ensilar requiere una proporción de grano de por lo menos el 30% puesto que las variaciones en el contenido de grano pueden tener una dramática influencia en el comportamiento animal y en la productividad animal por hectárea.

Un punto de controversia sobre la producción de materia seca, es el relacionado con la afirmación que para una región dada la mejor variedad de maíz para grano es también la mejor para producir forraje. Sin embargo, el mejor genotipo para grano no es necesariamente el mejor para producir forraje, ya que la correlación que existe entre el rendimiento de la planta entera y el rendimiento de tallo – hojas, son casi idénticas y significativas entre 0.6 y 0.9 mientras que la correlación que existe entre el rendimiento de la planta entera y la concentración de grano es nula, con valor inferior a 0.3 lo anterior se debe a que la parte vegetativa de la planta tiene un rol prácticamente igual a la parte de grano en los rendimientos de ensilado de maíz, siendo la parte vegetativa la que cambia mas de una variedad a otra (Frasnay, 1985).

2.1.3. Ideotipo del maíz para forraje.

Una planta forrajera ideal según Ulyatt (1981) deberá tener una fácil ruptura de la epidermis y de los tejidos vasculares frágiles, concentraciones elevadas de carbohidratos no estructurales, un contenido mineral óptimo y una concentración elevada de proteína total con suficientes cantidades de metionina y nitrógeno no degradable en el rumen.

Pinter (1985) define las características generales sobre el tipo ideal del maíz para producción de forraje, las cuales están relacionada con las altas producciones por unidad de superficie y elevado contenido de energía que puede ser consumida en grandes cantidad por el animal.

Struik y Deinum (1990) mencionan que el ideotipo de maíz para forraje deberá producir una cantidad máxima y estable de materia seca digestible, ser fácil de cosechar y conservar, apetecible, con un consumo elevado y una utilización eficiente por el animal. También estos autores mencionan que el ideotipo de maíz para forraje deberá ser específico de un ambiente dado.

Pinter (1985) menciona que el maíz es un alimento principalmente usado como fuente de energía, se considera que su contenido de proteína, minerales y vitaminas es insuficiente para cubrir los requerimientos de ganado altamente productivo.

Deinum y Struick (1985) indican que el bajo contenido de estos nutrimentos es debido a razones fisiológicas que hacen difícil alterar genéticamente las cantidades de ciertos compuestos celulares solubles como nitrógeno y minerales.

Los híbridos de maíz, que actualmente se utilizan para la producción de forraje en México, son seleccionados por su rendimiento en materia seca por

unidad de superficie, ya que no se dispone de información de su calidad nutricional (Núñez, 1993).

2.1.4. Cosecha óptima de maíz para ensilado.

Cosechar el cultivo de maíz demasiado temprano puede resultar en un ensilado con reducido contenido de grano. Además de que habrá un incremento de fluidos (escurrimientos) en el ensilado por contenido de humedad más alto de la planta ocasionando una pérdida considerable de nutrimentos.

Kezar (1998) menciona que los escurrimientos del ensilado típicamente contienen 20% de componentes de nitrógeno, 25% de minerales y 55% de material orgánico, primeramente en la forma de ácidos orgánicos, o la mayor parte, es un material altamente digestible que no se debe perder. Este mismo autor indica que, si el ensilado de maíz es cosechado demasiado tarde, puede resultar en menos nutrimentos digestibles totales por la mayor concentración de componentes de la pared celular.

La capa negra y la línea de leche, son los dos indicadores visuales, mas confiables, que en forma practica estiman en el campo la madurez fisiológica del maíz (Reyes, 1990). La línea de leche es la línea que se observa en los granos y marca el avance del endurecimiento por la maduración del grano dividiendo las zonas de almidón liquido a sólido (Nuñez et al., 1998c).

Cuando se cosecha a $1/3$ de la línea de leche, se obtiene ventajas como un mayor rendimiento de materia seca total y mayor porcentaje de mazorca, y a su vez el contenido de Fibra Detergente Neutra disminuye considerablemente; además, hay una menor pérdida de nutrimentos al momento del ensilado (Nuñez et al., 1998b).

El momento óptimo de cosecha y picado de la planta para ensilar puede variar en función tanto del híbrido como de las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo, ya que esto no define el rendimiento de materia seca total por unidad de superficie si no que puede afectar a su vez el rendimiento en grano y valor nutritivo de la planta en general (Carrete et al., 1997). Existe la limitante de que si se llega a retrasar la fecha de corte del cultivo se disminuye el valor alimenticio del forraje resultante, debido a que el forraje resultante va haciéndose menos digestible conforme aumenta la maduración.

Hunt et al. (1989), utilizaron 6 híbridos cosechados en tres diferentes estados de madurez en tres localidades (Idaho y California). y encontraron que la mejor etapa de madurez de la planta es entre $1/3$ y $2/3$ de la línea de leche del grano. En otro estudio realizado por Bal et al. (1997). Indicaron que se obtiene más producción de leche con vacas alimentadas con raciones de ensilado de maíz cosechado a $2/3$ de la línea de leche del grano (33.4 kg d) en comparación a vacas alimentadas con raciones de ensilados que fueron cosechados al final del estado masoso (32.4 kg d).

En la Comarca Lagunera, en maíces híbridos de ciclo intermedio la cosecha ó estado mañoso usualmente se efectúa a los 80 a 95 días después de la fecha de siembra para el corte en estado de 1/3 de línea de leche requieren de 90 a 110 días. Esto depende del híbrido y de las temperaturas que se presentan durante el ciclo (Nuñez, 1998b).

2.1.5. Cosecha óptima del maíz con rastrojo y grano.

En cualquier cultivo de maíz hay que distinguir la madurez fisiológica y la etapa de cosecha; le primera señal o indicio es cuando el grano termina su desarrollo completo, únicamente esta en la planta perdiendo humedad, ya no crece, e incluso se puede caer de la planta o desgranar al cosechar, cuando alcanza su madurez fisiológica, el grano germina, ya que tiene completamente formadas las estructuras de la semilla. La madurez de la cosecha es aquella en la cual la humedad en el grano es tal que llega a facilitar su cosecha sin dañar el grano, al quebrarse evitando que haya problemas en su transporte y almacenamiento, ya que un grano húmedo favorece la aparición de hongos y bacterias, o demasiado seco es muy favorable para el desarrollo de insectos o se desgrana ocasionando perdidas en el campo (Reyes, 1990).

Por otra parte Llanos (1984) menciona que el mejor momento para cosechar el grano es poco después de alcanzar el punto de madurez fisiológica, es decir cuando este alcanza un contenido de humedad del 30%. Así mismo Carrete et al. (1997), indica que la madurez y el momento óptimo de cosecha

varían en función tanto del híbrido utilizado como de las condiciones ambientales durante la evolución del cultivo. Cuando se lleva a cabo la cosecha para grano automáticamente se obtienen el residuo de dicha cosecha conocido como rastrojo o esquilmo de maíz.

2.1.6. Productividad del maíz para forraje.

La producción de un cultivo es la resultante de un sistema que permite cosechar la energía del sol en forma de alimentos como; grasas, azúcares, fibras. Evans, (1975).

Según Watson (1952) el rendimiento es el peso por unidad de superficie del producto cosechado o de una de sus partes. Cuando las plantas producen más sustancias de las que necesitan para su mantenimiento, el exceso es almacenado en sus diferentes órganos de esta manera, la acumulación de sustancias elaboradas por la planta (fotosintetizadas) en los órganos vegetales se conoce como producción o rendimiento económico del cultivo (Donald y Hamblin, 1976). La productividad de una planta como el aumento en la producción de la materia seca dependerá de la diferencia entre la acumulación de la fotosíntesis y por la respiración (Mithphorpe y Moorby, 1974).

Reyes (1990) menciona que son varios los factores que limitan la producción y productividad del maíz, puesto que dificulta la aplicación de una tecnología integral (siembra o cosecha), entre las que se citan: Arquetipo de la

planta, plantas muy altas y variables con una relación rastrojo – grano igual o mayor a dos, plantas susceptibles al acame y deficientes en la posición de sus hojas e inserción de la mazorca, floración masculina muy variable y relativamente muy tardía, plantas fisiológicamente deficientes en el aprovechamiento del suelo, agua, atmósfera y luz.

Núñez (1993), menciona que parte del potencial de producción de materia seca de híbridos, se encuentran relacionada con características de la planta como altura, área foliar, diámetro del tallo, número de entrenudos y reducción de grano, de las cuales esta última se considera la más importante.

2.2. Maíces QPM.

2.2.1. Antecedentes del QPM.

Durante los últimos años, el cultivo del maíz ha venido a ser un alimento usado en la dieta animal, ya que el maíz provee más alimento en comparación a otros granos. Para este propósito es sobresaliente mencionar que cuenta con una alta energía, baja fibra y alta digestibilidad, para muchas especies de animales. En países industriales como Estados Unidos, usan este cultivo para la producción de carne, leche y huevos.

El grano es un alimento necesario para cerdos, ganado y gran cantidad para la industria de alimentos. Las hojas y tallos son importantes ya que son

utilizados como forraje ya sea para alimento como forraje verde, seco o ensilado.

En el año 1963 los científicos de la Universidad de Purdue, Edwin T. Mertz, Oliver E. Nelson, Jr., y Lynn S Bates se encontraban buscando granos de maíz (actualmente endospermos) con altos contenidos de lisina. Usando un analizador automático de aminoácidos que había sido desarrollado recientemente, encontrando en el maíz un mutante que tenía el doble de los niveles de lisina y triptofano que los maíces normales.

Este nuevo maíz suave que había sido generado, contaba con granos opacos en cambio del maíz duro. Los cuales cuentan con una transparencia común de los maíces que se cultivan en el mundo, pero su contenido nutricional de los materiales opacos se extraordinario en comparación de los maíces normales.

El nuevo maíz llamado opaco-2 tiene la misma cantidad de proteína que los maíces convencionales. Pero esta proteína no solo contenía el doble de los niveles normales de lisina si no que también cuenta con unos niveles elevados de triptofano.

El nombrado opaco fue porque cuando se colocado en una caja de iluminación estos granos aparecieron oscuros. Los granos normales de maíz son vítreos y lo suficientemente transparentes para permitir el paso de la luz a

través de los granos. Es designado "2" porque este fue el segundo mutante que los investigadores descubrieron en el grupo de los opacos, en algunas ocasiones es conocido como "alta lisina" de maíz, es otra forma de llamarlo porque se debe a sus altos niveles de triptofano y sus beneficios nutricionales que los aventaja sobre los materiales de maíz normales.

El gen opaco-2 solamente tiene influencia en la proteína del endospermo, la mayor fuente de proteína en el grano. En formas precoces de opaco-2 el maíz tenía inusualmente proporciones altas de germen porque su endospermo era arrugado. El endodermo tiene corpulencia y una proporción de germen igual que los maíces normales.

Debido al impacto de estos nuevos materiales de maíz alrededor de todo el mundo, mejoradores de maíz empezaron a transferir genes de opaco-2 en las variedades locales, ellos entusiasmados e impetuosos trabajaron en la producción de este nuevo cultivo. Pronto las variedades de opaco-2 empezaron a comercializarse en Brasil y Colombia; programas de investigación vigorosos fueron desarrollados en el este de Europa y La Unión Soviética; la producción del opaco-2 en Estados Unidos alcanzo de 0 en el año 1970 a un estimado de 240,00 en 1975.

Sin embargo es común que en el mejoramiento de plantas, los caracteres desagradables de un nuevo cultivo son retirados, pero estos caracteres desagradables empezaron a afectar a los caracteres deseados. El

grano del opaco-2 era gradoso, no brillante que es preferido en muchas regiones. Mas sin embargo estas mazorcas eran pequeñas, los rendimientos eran bajos en comparación de las variedades tradicionales de maíz, estas eran más susceptibles a hongos e insectos, y contaba con un secado lento en campo y almacén. En suma el grano opaco-2 pesaba menos que el normal porque los espacios aéreos alrededor permitían que los gránulos de almidón fueran compactados.

Pronto vino la desilusión, el opaco-2 empezó a perder su encanto. Para el final de la década de los 70's, el maíz opaco-2 había sido desprestigiado. Ante el abandono de estos materiales a nivel mundial, el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) por mas de una década los mejoradores y químicos del centro continuaron trabajando con los materiales opaco-2. Eventualmente el CIMMYT realizo estudios en el proceso de combinación del gene opaco-2 con modificadores genéticos. El principal avance fue usar modificadores genéticos para granos duros, para hacer el endospermo transparente, levantar los rendimientos y hacer al grano más rápido en su secado.

Sobre la década de los 80's, este aprovechamiento brindo un lento pero continuo mejoramiento en las cualidades que deben incrementar la aceptación de los consumidores. La clave para este desarrollo fue llevado a cabo por la Dra. Villegas, Bioquímica del CMMYT y sus colaboradores que utilizando métodos analíticos demasiado sensibles. La investigación ha generado una

nueva clase de maíz, estos nuevos maíces fueron llamados de alta calidad proteína de maíz (QPM) (National Academy Press, 1998).

2.2.2. Maíz con proteínas de calidad.

Desde hace tiempo, concretamente desde 1914, se conoce la pobre calidad de las proteínas del maíz, cuando se descubrió que la zeína está casi desprovista de lisina y triptófano. Ya a partir de entonces se hicieron algunos esfuerzos exitosos para aumentar el contenido de proteínas del maíz y el ejemplo clásico de este trabajo es la experimentación a largo plazo para alto contenido de proteínas llevada a cabo en una población de maíz en la Estación Agrícola Experimental de Illinois. Después de 70 ciclos de selección, el contenido de proteína del grano se incrementó de 10,9% a 26,6% (Dudley, Lambert y Alexander, 1974).

No se ha alcanzado un límite para seleccionar niveles mas altos de proteínas, pero existe una correlación negativa entre el rendimiento de grano y el porcentaje de proteína en el mismo (Dudley, 1977). Sin embargo, y tal como se esperaba, el incremento en el porcentaje de proteína no mostró un aumento proporcional en el valor nutricional del maíz (Poehlman, 1987).

El descubrimiento del efecto químico del mutante opaco-2 (o2) en la composición de la proteína del maíz por un aumento en el contenido de lisina y triptófano del endosperma hecho por Mertz, Bates y Nelson (1964) llevó a un renovado interés y a esfuerzos para mejorar la calidad nutricional de la proteína del maíz. La transferencia del gen o2 al maíz normal fue relativamente simple; esta transferencia se llevó a cabo cruzando un maíz normal con un mutante opaco-2 (o2) y seleccionando fenotípicamente los granos opacos. El maíz opaco-2 (o2) mostró un incremento significativo en el contenido de lisina y triptófano del endospermo y, por lo tanto, mejoró la calidad nutricional. Sin embargo, el gen o2 trajo consigo varias deficiencias fenotípicas inherentes: una textura blanda del endospermo y una pobre apariencia opaca del grano; una mayor susceptibilidad a los hongos de la pudrición de la mazorca y al daño de los insectos en el campo y en el almacenamiento; un mayor contenido de humedad del grano en el momento de la cosecha; un pericarpio más grueso y una baja germinación de la semilla, y por sobre todo, rendimientos más pobres (Vasal et al., 1980; Villegas, Vasal y Bjarnason, 1992; Bjarnason y Vasal, 1992; Magnavaca et al., 1993; Vasal, 1994). En vista de esos problemas se intentaron varias alternativas de mejoramiento para aumentar la calidad de las proteínas (Vasal, 1994). Estas fueron: a) búsqueda de nuevos y mejores mutantes; b) alteración de la proporción germen-endospermo; c) aumento del contenido de lisina en las poblaciones normales de maíz por medio de la selección recurrente; d) combinaciones dobles de mutantes tales como opaco-2 (o2) y harinoso-2, u opaco-2 y azucarado-2; y, e) selección recurrente del maíz con múltiples capas de aleurona. Estos métodos de mejoramiento fueron efectivos

para eliminar los problemas relacionados con el gen *o2*, pero no fueron suficientes para solucionar el problema de los bajos rendimientos. El incremento en calidad de las proteínas no fue tan espectacular cuando se utilizaron dos combinaciones de mutantes como cuando se utilizaba solamente el gen *o2*.

Los investigadores de maíz del CIMMYT, en México, desarrollaron procedimientos para combinar la interacción del gen *o2* y de modificadores genéticos para obtener germoplasma de maíz con endospermo con proteínas de calidad (Vasal et al., 1980; Bjarnason y Vasal, 1992; Villegas, Vasal y Bjarnason, 1992; Vasal, 1994). Algunas investigaciones iniciales hechas con *opaco-2* y con *harinoso-2* revelaron que en algunas composiciones genéticas el fenotipo harinoso del mutante fue modificado y en algunas zonas del endospermo había más endospermo vítreo que en otras (Asnani, 1970).

Los genes que condicionaban ese cambio en la apariencia del endospermo fueron llamados modificadores de *opaco-2* (*o2*). La acumulación de estos genes modificadores en la composición del *opaco-o2* (*o2*) proporcionó las bases para el desarrollo de endospermo duro con apariencia normal de germoplasma de proteínas de calidad, reteniendo así los efectos benéficos del gen *o2* de proteínas de calidad y eliminando muchas de las respuestas indeseables correlacionadas.

Los procedimientos detallados del mejoramiento y del análisis químico han sido descritos en las publicaciones citadas anteriormente; en principio, los procedimientos consisten en combinar el gen *o2* mutante con modificadores apropiados por medio de métodos de retrocruza y selección recurrente durante varios ciclos, junto con análisis químicos para un seguimiento constante del alto contenido de lisina en la proteína del endospermo, hasta que la frecuencia necesaria de los apropiados genes modificadores haya sido acumulada. Muchos de los defectos asociados con el gen *o2* fueron reducidos o eliminados de tal manera que no fueron en detrimento de un buen resultado en el cultivo de maíz de proteínas de calidad. El nivel de rendimiento también mejoró y estuvo al mismo nivel de los cultivares normales, pero reteniendo una mayor calidad de las proteínas (Bjarnason y Vasal, 1992; Villegas, Vasal y Bjarnason, 1992; Vasal, 1994).

Un progreso similar en el desarrollo de germoplasma de maíz de alta calidad de proteínas con altos rendimientos comparable al del maíz normal fue también informado por Magnavaca *et al.*, (1989, 1993), Gevers y Lake (1992) y Buckholt y Rooney (1992). Han sido obtenidos grupos de genes de maíz de proteínas de calidad, poblaciones y variedades de polinización abierta para adaptación a distintas condiciones, y líneas endocriadas con buena habilidad combinatoria para la producción de híbridos de maíz de proteínas de calidad que pueden fortalecer el cultivo y la producción de este tipo de maíces (Bjarnason y Vasal, 1992; Magnavaca *et al.*, 1989; Vasal, 1994).

Pixley y Bjarnason (1993) informaron sobre los resultados de ensayos de cuatro dialelos con 28 líneas de maíz de proteínas de calidad derivadas de cinco poblaciones. En estos ensayos los mejores híbridos de proteínas de calidad dieron un rendimiento promedio de grano 14 por ciento superior a los mejores testigos. La concentración de triptófano en el grano aumentó en 48 por ciento y su concentración en las proteínas se incrementó en 60 por ciento y los autores sugirieron que híbridos mejores podían ser obtenidos por cruzas entre las líneas con alta habilidad combinatoria general. Hohis et al., (1996) describieron los mecanismos de control genético de la modificación del endospermo en 12 líneas endocriadas de opaco-2 (o2). Una habilidad combinatoria general favorable para la dureza y la vitrosidad del grano estuvieron positivamente correlacionadas con la acumulación de genes modificadores dominantes del grano. Estas líneas endocriadas mostraron suficiente potencial genético para ser usado en un programa de mejoramiento de proteínas de calidad del grano. Vietmeyer (1988) editó un folleto titulado "Quality protein maize" basado en un informe "ad hoc" del Comité Asesor de Innovación Tecnológica del Consejo de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Internacional, Consejo Nacional de Investigación, Estados Unidos de América. Esta publicación es una buena fuente de información sobre varios aspectos del desarrollo del maíz de proteínas de calidad, de la calidad de la nutrición y de los usos en distintas regiones del mundo.

La investigación sobre el desarrollo de endospermo duro en maíz de proteínas de calidad fue llevada a cabo sin una cabal comprensión de los mecanismos de modificación del endospermo. Actualmente existe considerable interés en establecer la forma en que se efectúa la modificación del endospermo; un posterior desarrollo y modificación de los maíces con proteínas de calidad podría muy bien depender de los avances que se hagan para descifrar los mecanismos genéticos, bioquímicos y moleculares de la modificación del opaco-2 (López y Larkins, 1991; Magnavaca *et al.*, 1993). Ahora se sabe que el maíz con proteínas de calidad no contiene una proteína modificada almacenada que codifica la lisina. El mayor contenido de gamazeína en estos genotipos lleva a un significativo incremento en amino-ácidos tales como la prolina, la cisteína y la histidina y también puede afectar la estructura del endospermo y su dureza (López y Larkins, 1991). Los productos de los genes modificadores de opaco-o2 (o2) y la ubicación de esos genes han sido identificados (López *et al.*, 1995). El cambio fundamental responsable por el cambio en el contenido de lisina en los mutantes o2 ha sido estudiado y debería acelerar el proceso de mejoramiento para obtener maíces de mejor calidad nutritiva (López y Larkins, 1995; Moro *et al.*, 1996). Un nuevo mutante opaco, o15, ha sido identificado y corresponde a uno de los genes modificadores del opaco (o2). El trabajo básico actualmente en desarrollo sobre análisis RFLP de las poblaciones segregantes para dureza del endospermo, aislamiento y caracterización de los genes modificadores, mapeo RFLP de los genes modificadores y su rotulado por elementos transponibles facilitará la modificación de germoplasmas superiores y de las líneas endocriadas al

supervisar la transferencia de los genes modificados por medio RFLP asociados (Magnavaca *et al.*, 1993; Kata *et al.*, 1994). Esto podrá fortalecer el proceso de mejoramiento de los maíces con proteínas de calidad, reducir el tiempo necesario para el desarrollo del germoplasma y hacer que estos maíces sean más competitivos con los maíces de germoplasma normal. Habben *et al.*, (1995) y Clore, *et al.*, (1996) informaron que el factor de elongación 1x'(EF-1x) está sobre-manifestado en el endospermo de opaco-2 (o2), comparado con su contraparte normal y que hay una alta correlación significativa entre la concentración EF-1x y el contenido total de lisina del endospermo; una relación similar se ha encontrado en sorgo y cebada. Aparentemente, la selección genética para genotipos con una alta concentración de EF-1x podría mejorar significativamente la calidad nutricional del maíz y de otros cereales (Habben *et al.*, 1995). Hay evidencia adicional de que la proteína de calidad del maíz puede ser mejorada con el uso de genes no-opaco-2 o maíz transgénico con algunos genes de bacterias. Si este procedimiento fuera exitoso, podría acelerar y facilitar el proceso de obtención de maíz con proteínas de calidad. Caimi *et al.*, (1996) notificaron acerca de la transformación de un gen SacB de *Bacillus amyloliquefaciens* en el maíz. Adhiriendo la proteína SacB a las vacuolas del endospermo dio lugar a una acumulación estable de fructano, -un polímero de la fructosa- de alto peso molecular, en semillas maduras y sin efectos detectables en el desarrollo del grano y su germinación. En el desarrollo de la biosíntesis de la lisina las enzimas aspartato kinasa (AK) y la dihidropicolinasa (DHPS) tienen papeles primarios en la regulación del nivel de acumulación de lisina en las células de la planta.

Bittel et al., (1996) aislaron un clon cDNA para maíz DHPS modificado para codificar un DHPS mucho menos sensible a la inhibición de la lisina. El cDNA del DHPS alterado fue transformado en un cultivo de suspensión celular de maíz para determinar los efectos de la actividad del DHPS y de la acumulación de lisina. Los cultivos transformados tenían un contenido de lisina libre cuatro veces más alto que los cultivos no transformados (Bittel et al., 1996). Tales mecanismos para la superproducción de lisina y la producción de proteínas por medio de la ingeniería genética que fortalecen los niveles de lisina y metionina, han abierto nuevos caminos para incrementar los niveles de esos aminoácidos en el maíz y mejorar la calidad nutricional de sus proteínas.

2.2.3. Importancia actual de los materiales QPM.

El premio otorgado a la Doctora Villegas reconoce la importancia de los trabajos realizados en combinación con el doctor Vasal para contar ahora en todo el mundo con un tipo especial de maíces, denominados de calidad proteínica (QPM: Quality Protein Maize), que poseen similar cantidad total de proteínas (7.5 a 9.5 por ciento), pero mayor cantidad de los aminoácidos lisina y triptofano, esenciales para la alimentación, cuya deficiencia en humanos y animales causa desnutrición severa.

El maíz tiene dos aminoácidos esenciales, la lisina y el triptofano, que son los bloques que forman las proteínas y por tanto definen el valor nutricional.

(<http://www.tierramerica.net/2000/0917/preguntas.html>).

Varios países están cultivando el QPM, sobre todo en América Latina y África. México tiene el mayor número de hectáreas cultivadas con 300,000 mientras Brasil tiene 50,000 Guatemala 3,000

En Mesoamérica se depende demasiado del maíz, al igual que en los países andinos. En México, Guatemala, El Salvador es parte de la dieta básica sobre todo entre la gente de bajos recursos y en zonas rurales. En otros países el consumo es menor, pero se irá incrementando. Se cultiva en Brasil, Colombia, Venezuela y Perú. Las expectativas de crecimiento para México son de 2 millones 500 mil hectáreas para el año 2003. En África, el consumo del maíz es también muy importante. En Ghana, Burkina faso, Malí, Sudáfrica, Etiopía ya se está cultivando QPM.

El CIMMyT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), continua los trabajos de mejoramiento genético para que ahora se cuente con infinidad de nuevas variedades e híbridos en el mundo, todas ellas con calidad proteínica, señaló en el reciente congreso mundial de agronomía, que ubicó un maíz en 15 por ciento de proteína total, es decir, una cantidad ciento por ciento mayor que la proporción normal que se encuentra en los maíces.

(<http://www.tierramerica.net/2000/0917/preguntas.html>).

Lo anterior abre grandes posibilidades de multiplicar la cantidad, ya que si se incorpora a estos maíces de elevado porcentaje de proteína total, la calidad QPM, entonces en forma automática se contará con maíces con cuatro veces la presencia de lisina y triptofano, pero con muchas otras ventajas.

El maíz común contiene un total de 10 por ciento de proteínas, compuesto a su vez por una quinta parte de aminoácidos (Lisina y Triptófano) que son útiles al organismo; el restante son cuatro tipos de proteína zeina, sin utilidad para el cuerpo. El logro de los investigadores del CIMMyT consiste en bloquear uno de los cuatro tipos de zeina para ser ocupado por proteínas útiles.

El resultado del bloqueo, es que los maíces QPM duplican la cantidad de aminoácidos del tipo lisina y triptofano, además son 73.5 por ciento más digeribles que los del grano común. Estos porcentajes hacen que su proteína tenga una calidad 90 por ciento similar a la que aporta la leche.

En el organismo los aminoácidos contribuyen a crear proteínas, que el cuerpo usa para regenerar sus células y son indispensables para el crecimiento infantil. Aparte de evaluar las distintas variedades, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y CIMMyT empezaron un programa intensivo para obtener nuevas cruzas y así cubrir las regiones maiceras de México con el QPM.

Los beneficios que traerá este maíz es fundamental para los niños menores de 5 años. En muchos países de América Latina y África, los niños de los estratos más pobres que dejan de ser alimentados por la madre, empiezan a tener exclusivamente una dieta con base en maíz. Pero la mayor parte de este maíz es bajo en aminoácidos y por lo tanto, si sólo se alimenta de él, puede provocar desnutrición. Por eso el QPM es fundamental. (Según la ONU, mil millones de personas en países en desarrollo están desnutridas o no consumen suficientes proteínas, y más de la mitad de los niños desnutridos viven en países donde el maíz es parte de la dieta básica).

Actualmente hay sembradas 70 mil hectáreas con estos maíces, en comunidades con altos niveles de desnutrición de Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Guerrero, Michoacán, y otros estados, se tiene semilla disponible para cultivar 80 mil hectáreas del próximo ciclo, al igual que un programa cuyo fin es obtener en el 2003 variedades que cubran a todo el país (<http://www.indes.com.mx/suplemento/anteriores/septiembre2000/htm/maiz.html>).

2.3. Rendimiento.

De todas las características que sostuvieron el regreso de los maíces opaco - 2 (o2) es el rendimiento de grano el que fue más importante. En los trabajos realizados en CIMMYT el avance más importante en estos 30 años de trabajo de los materiales QPM ha sido en el rendimiento. Hoy en día

ciertamente los genotipos QPM, tienen rendimientos similares a las variedades convencionales de maíz bajo los sistemas de producción en los países en vías de desarrollo (National Academy Press, 1988).

2.4. Tipo de grano

La conversión de los maíces opaco – 2 (o2) consistió en cambiar drásticamente la estructura del grano. Sobre esto puede ser que el tratamiento para suave, opaco, tenía un endospermo harinoso, para todos los propósitos prácticos, desapareció. En contraste para los materiales opaco – 2 (o2) de apariencia serosa y débil, los granos QPM son brillosos y transparentes como las variedades tradicionales, en donde podemos encontrar materiales de grano suave y duro.

La consistencia del grano ha mejorado y es buena. Los granos QPM son duros como los maíces tradicionales que crecen alrededor del mundo, las células del endospermo están compactadas estrechamente. Estos cuentan con pocos espacios aéreos alrededor de los gránulos de almidón, dando así una apariencia de que estos granos no son suaves.

La textura del grano y densidad parecían ser factores muy importantes ya que los agricultores tenían una aceptación restringida. Mas sin embargo con el mejoramiento de la dureza del grano, los materiales QPM pueden ser cosechados y manejado con el uso de maquinaria convencional sin correr el

riesgo de que los granos fuesen a estrellarse o romperse (National Academy Press, 1988).

2.5. Resistencia a enfermedades.

Es de considerar que la suavidad, el valor nutritivo, los altos contenidos de humedad de los granos opaco - 2 (o2) propiciaban el crecimiento de hongos. En particular el cultivo era muy susceptible a la pudrición de la raíz en comparación de los materiales normales.

Se procedió a realizar trabajos para incorporar resistencia a hongos y esta resistencia se ha incrementado debido al trabajo realizado para incorporarle el grano QPM la dureza y un secado más rápido a comparación de los materiales opaco - 2 (o2). Esto tenía que ver con la influencia del endospermo ya que al arrugarse y que los sacos embrionarios se rasgaran en los materiales opaco - 2 (o2), ya que cuando los granos se rompían se infectaban más rápido, pero con el trabajo realizado esto puede ser reducido (National Academy Press, 1988).

2.6. Comportamiento de los materiales QPM.

Los materiales QPM tienen un aspecto considerable de domesticación es en la industria ganadera. Una compañía de Estados Unidos ofrece a venta híbridos mejorados basados en un endospermo suave es decir maíces con

opaco – 2(o2). Reportando de que estos híbridos pueden producir 97 por ciento de rendimiento similar al de los maíces normales. Estableciendo ensayos de alimentación, estos materiales QPM mostraban buenos resultados, teniendo así un incremento del uso de estos materiales en varias partes del el país, principalmente en la alimentación de cerdos.

Estos híbridos comerciales de endospermo suave de maíz opaco – 2 (o2) han logrado un pequeño pero ávido seguimiento. Números oficiales no están disponibles porque los agricultores quines cosechan estos materiales los usan exclusivamente para la alimentación de su ganado y nunca llevan estos materiales para la venta en los almacenes de grano. Sin embargo fuentes no oficiales estiman la producción en mas de 1,000,000 toneladas por año. Testimonios de los ganaderos quienes alimentan con ensilado de opaco – 2 durante la demanda de un hato, es que estos materiales incrementan la producción de leche. (National Academy Press. 1988).

Muchas expectativas existen en estos materiales, sin embargo estudios realizados cuidadosamente en la estación experimental de la Universidad de Nebraska, ha dado algunos reportes preeliminares, sosteniendo la evidencia del valor nutricional en el maíz mejorado es bueno para la alimentación de ganado. Estos experimentos muestran que cuando el maíz opaco – 2 suave del endospermo es suministrado como alimento en lugar de maíz normal para toda clase de cerdos, desde el destete hasta el final, el agricultor puede reducir los niveles totales de suplemento proteínico (harina de soya) en un 2%. Esto es

significativo porque la harina de soya se vende alrededor de tres veces más cara que el precio del maíz.

En la universidad de Nebraska otro estudio demostró que las nuevas variedades de opaco – 2 producían rendimientos comparables a los híbridos de maíz normales. Cuando las dietas fueron formuladas sobre una base igual de lisina, el comportamiento de los cerdos fue similar usando materiales normales y maíces opaco – 2. Aunque siempre las dietas de maíz normal contenían alrededor de una 3por ciento más harina de soya que en las dietas de maíz opaco – 2 (National Academy Press, 1988):

2.7. Valor nutricional.

Sobre los años de desarrollo, las modificaciones genéticas han sido acompañadas por un monitoreo químico. De este modo, los avances que se han obtenido son sin perder los beneficios nutricionales. Los materiales QPM de hoy conservan en esencia todos los componentes de alta calidad nutricional que se encontraban en los maíces opaco – 2 de los 70 s (National Academy Press, 1988).

2.8. Contenido de fibras

Van Soest (1969) define a la fibra como el material estructural en las plantas resistentes a la acción de las enzimas digestivas de los animales; que son digeridas por los microorganismos del rumen animal.

2.9. Fibra neutra detergente

◁ Es la porción no soluble del forraje que contienen a la celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice y es mencionado comúnmente como la fracción de la pared celular, la fibra neutra detergente (FDN) esta en correlación negativa con el consumo de materia seca, cuando mayor es la FDN, el animal consume menos forraje (Herrera, 1999). ▷

◁ La FDN aumenta con el avance de madurez del forraje. Utilizando la FDN se puede lograr una mejor predicción del consumo del forraje, por lo tanto, raciones mejor formuladas (González, 1995). ▷ El tiempo de consumo se incrementa, la digestibilidad de los nutrientes puede disminuir porque una porción pasa más rápido directo al tracto digestivo (Patton 1996). Esto ocurre porque las partículas de comida son de tamaño pequeño además tienen forma de pelets y son triturados o molidos por el animal, la digestibilidad, especialmente de los componentes de la pared celular disminuye cuando los forrajes son triturados o peletizados, en conjunto con la molienda incrementan

generalmente el consumo de materia seca, pero reduciendo la digestibilidad de los nutrientes individuales.

La parte soluble de FDN esta compuesta por lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, pectinas y otros minerales solubles en agua, que son completamente digeribles; la concentración de fibra en rastrojo de maíz es alta, como en la mayoría de las especies C₄ de climas calurosos (Buxton *et al.* 1996).

Nelson y Moser, (Cantú 2000) , haciendo mención que la temperatura tiene un efecto importante en la calidad del forraje, los materiales depositados en bajas temperaturas, tienen menor contenido de lignina y por consiguiente se eleva la digestibilidad mientras que en altas temperaturas la lignina se incrementa notablemente causando que el forraje producido sea de menor digestibilidad. El contenido de fibras de la planta total y en especial la FDN de la planta sin elote ha sido considerado igual de importante que el contenido de grano en la calidad de forraje (Peña *et al.*, 2003).

Widdicombe *et al.* (2002); Rodríguez *et al.* (1999) señalan que el contenido de grano en el forraje aumenta la palatabilidad, el nivel de energía neta de lactancia y el contenido de FDN en hojas y tallos, con valores de 57.9 a 65 por ciento y de 30 a 60 por ciento del total, algunos autores comentan que las variaciones en la digestibilidad de la fibra fluctúan de 24.8 a 61.5 por ciento en híbridos, (Weiss, 1998); lo que indica que los híbridos con la misma concentración de fibra neutra detergente puede tener valores de energía neta

de la lactancia diferente debido a que la digestibilidad de FDN no es la misma (Núñez, 2003).

2.10. Fibra detergente ácida.

↳ Es el residuo insoluble de un forraje y contienen celulosa, lignina, cutina, nitrógeno, y sílice que están unidos a la fibra; la fibra detergente ácida es la porción que queda después del tratamiento con detergente ácido e incluye la celulosa, lignina y sílice (Hollard y Kezear, 1990).

↳ La fibra detergente ácida y la lignina son frecuentemente empleados con el propósito de valor energético de los forrajes (Van Soest, 1996) debido a que representan a los componentes menos digeribles de las paredes de la célula (Peña *et al.*, 2003).

↳ Cantú (2003) menciona que la fibra detergente ácida es la fracción de la pared celular del forraje más comúnmente aislada y reportada. Esto puede ser la determinación más importante del análisis del forraje. La fibra detergente ácida es la porción que queda después de un tratamiento con un detergente bajo condiciones ácidas, incluye a la lignina, celulosa y sílice. Además es importante por lo que ha mostrado estar en correlación negativa con la digestibilidad del forraje administrado.

Cuando la fibra detergente ácida aumenta, el forraje es menos comestible. La fibra detergente ácida es mal interpretada algunas veces como indicativo del contenido de ácido de forrajes fermentados, el termino fibra detergente ácida no tiene nada que ver con el contenido de ácido de un forraje el nombre deriva del procedimiento utilizado para determinar el contenido de celulosa y lignina. El requerimiento de fibra detergente ácida para los bovinos productores en verano debe ser con un porcentaje de 28 a 32 por ciento y los mismos para las de invierno, para las bajas productoras y vaquillas se manejan valores arriba de 34 por ciento sin llegar a 43 por ciento que es de pésima calidad (González, 1995).

Peña *et al.* (2003) realizó estudios sobre la calidad de fibra detergente ácida en forrajes de maíz teniendo resultado y concluyendo que la variabilidad oscila entre 29.5 y 40.4 por ciento.

Cox *et al.* (1994) y Peña *et al.* (2002) indican que las variaciones pueden utilizarse como indicadores de la calidad del forraje para el maíz.

Buxton *et al.* (1996) mencionan que la disminución de la concentración de fibras del forraje y aumentar la digestibilidad de las fibras puede incrementar la ingestión de materia seca y el desarrollo del animal.

En estudios realizados por De Peter *et al.* (1989) mencionan que la mayoría de los productores cosechan los forrajes en invierno en un estado

lechoso masoso con el propósito de tener mayor producción, pero desafortunadamente es en este estado cuando el contenido de proteína cruda y la digestibilidad de la fibra son más bajos y el pico de producción de materia seca se ha pasado.)

Van Soest y Mertens (1977) realizaron un estudio determinando que la fibra detergente neutra y fibra detergente ácida están íntimamente relacionados con el consumo y digestibilidad del forraje y por consiguiente con la producción en los animales, a mayor contenido de fibra detergente neutra es menor consumo y a mayor contenido de fibra detergente ácida es menor la digestibilidad del forraje.

Clasificación de los forrajes dependiendo de los porcentajes de fibra detergente neutra y fibra detergente ácida (González, 1995).

| Clasificación | Fibra detergente ácida (%) | Fibra detergente neutro (%) |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| Excelente | ≤ 31 | ≤ 40 |
| Bueno | 31 - 35 | 40 - 46 |
| Regular | 36 - 40 | 47 - 53 |
| Malo | 41 - 42 | 54 - 60 |
| Pésimo | 43 - 45 | 61 - 65 |

Calidad de forrajes de acuerdo al contenido de fibras (Herrera, 1999).

| Clasificación | Fibra detergente ácida (%) | Fibra detergente neutro (%) |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|
| Alta calidad | 25 a 32 | 40 a 52 |
| Baja calidad | ≥ de 35 | ≥ de 60 |

La fracción de la pared celular que es aislada y reportada más frecuentemente, es la fibra ácido detergente (FAD) que es la parte del forraje que permanece después del tratamiento con una solución bajo en condiciones ácidas, e incluye celulosa, lignina y sílice. La fibra detergente ácida es muy importante ya que esta negativamente correlacionada con la digestibilidad de los forrajes. Al aumentar este tipo de fibra los forrajes son menos digestivos.

De esta forma, dos parámetros muy importantes en la formulación de raciones, la digestibilidad y el consumo, pueden hacerse estimados tomando en cuenta la FAD y la FND respectivamente

Parámetros de calidad de forrajes (Lozano, 2000).

| Concepto | Baja calidad | Alta calidad |
|----------|----------------|----------------|
| FAD | ≥ 35 % | 25 – 35 % |
| FND | ≥ 60% | 40 – 52% |
| ENL | ≤ 1.40 Mcal/kg | ≥ 1.45 Mcal/kg |
| DMS | ≤ 60% | ≥ 65% |

2.11. Energía neta de lactancia (NE_l).

La energía neta de lactación es el término usado por el NRC (National Research Council) para estimar los requerimientos energéticos y los valores energéticos y los valores energéticos de los alimentos para vacas lecheras. Por lo general se le expresa como mega-calorías por libra (Mcal/lb) o mega-calorías por kilogramo (Mcal/kg). La NEI del ensilaje de maíz es calculada a partir del ADF con la siguiente ecuación.

$$NE_1 = 1.044 - (0.0124 * ADF).$$

2.12. Materia seca.

El peso total de materia seca producido por el maíz depende del tamaño y la eficiencia fotosintética. El tiempo efectivo de actividad fotosintética en la hoja continua y sobre esto la capacidad de almacenamiento de la materia seca (Bunting. E. S. 1973).

(Tollencar. 1973) Realizo estudios fisiológicos indicando que existen diferencias entre los promedios de los genotipos y duración de la acumulación de la materia seca pero solo unos cuantos componentes del rendimiento han sido identificados por los fisiólogos, teniendo que tomar en cuenta los aspectos fisiológicos en un programa de maíz de uso forrajero.

2.12.1. Contenido de materia seca.

Relativamente es muy poco el conocimiento acerca de los cambios en los contenidos de materia seca en forraje durante el ciclo de vida del maíz en el campo. Trabajando en una hipótesis acordando y sugiriendo que el peso promedio de materia seca contenido en un cultivo y el periodo de tiempo puede estar en condición para realizar un ensilado, el cual es determinado por 3 factores: 1).- Almacenamiento de partes verdes y reproductivas. 2).- Promedio y

duración de la eficiencia fotosintética. 3).- Promedio de envejecimiento del grano (Bunting. E.S. 1978).

La selección de una gran cantidad de materiales precoces es usualmente basada en estimaciones directas de los contenidos de materia seca del muestreo de repeticiones de ensayos realizados en campo.

Gunn (1978). Menciona que en Inglaterra se han tenido experiencias que el uso de materiales precoces para los criterios de selección establecidos, cuentan con una serie de problemas ya que algunos se toman susceptibles, y con un envejecimiento prematuro, producido por los bajos rendimientos de materia seca y el lugar donde se van a almacenar estos materiales también influye.

2.13. Calidad de alimento.

El valor nutritivo del forraje para los rumiantes es determinado por la cantidad de materia seca consumida, esta digestibilidad y la eficiencia con cada nutriente digerido será convertido ya sea como carne o leche. Los costos de experimentos con animales para la calidad de los alimentos son altos, se han desarrollado otras técnicas de laboratorio como lo son las pruebas in – vitro las cuales proporcionarían los parámetros de calidad del forraje a precios más económicos, el mejorador debe tener en cuenta que no puede dejar de lado

el valor nutritivo de sus materiales en una programa de mejoramiento para maíz forrajero (Bunting, E. S. 1978).

2.14. Contenido de energía.

Unos de los factores que también debemos tomar en cuenta es el contenido energía de maíces ya que la mazorca es más digestible que otras partes de la planta de maíz conforme se acerca a la mitad del peso final de la planta en maduración. (Morrison, 1956). Muchos trabajos concluyen que el contenido de mazorca es la principal determinante en la calidad de la alimentación del forraje y recomiendan el uso de variedades para grano que estas son utilizadas para producción de forraje (Genter, 1960).

2.15. Contenido de proteína.

En lo que respecta al mejoramiento en el contenido de proteína, en algunos programas es un objetivo de menor importancia. (Muller y Colembrander, 1969). Realizaron un estudio en donde encontraron que el maíz que contenía el gene opaco – 2 tiene valores de un 2 – 3 por ciento más altos en los contenidos de proteína en comparación de los híbridos normales. Estos resultados sugieren que se realicen estudios mas detallados en el valor alimenticio de forraje en los materiales opaco – 2 para rumiantes, ya que estos podrían ser valiosos en la alimentación para ganado. Es decir transferir al gene

opaco – 2 a variedades las cuales son manejadas en los programas nacionales de mejoramiento, lo cual sería exitoso.

2.16. Utilización del ensilado de maíz en la producción de leche.

En los sistemas intensivos de producción de leche, los forrajes participan, en la alimentación del ganado de ordeña con una 40 a 60 por ciento del alimento total, aportando nutrientes comunes como carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales, además de la fibra, esencial para los rumiantes, y otros compuestos menos comunes pero son igualmente importantes, como son los ácidos orgánicos fumárico y málico que aunque presentes en pequeñas concentraciones, estimula positivamente la población bacteriana del rumen. Por otra parte, los forrajes también, son generalmente, los ingredientes de menor costo en la alimentación.

Por lo anterior, la mayoría de los productores lecheros ponen un gran énfasis en la utilización de forrajes, sin embargo encontramos una gran cantidad de factores que afectan y disminuye la calidad de los forrajes y las producciones de leche que se obtienen en las vacas son menores a las esperadas.

En el caso particular de La Laguna, los maíces y los sorgos producidos para forraje, juegan un papel de gran importancia ya que ambos se siembran entre 22,000 y 26,000 ha por año en los ciclos de primavera verano: la

producción estimada de forraje varía entre 448,000 564,00 toneladas de forraje seco. Esta cantidad representa aproximadamente del 35 al 45 por ciento del forraje que consume el ganado bovino en la Comarca Lagunera (Herrera, 1999.)

2.17. Factores que afectan la producción de leche usando el ensilado de maíz.

El bajo contenido de proteína cruda es altamente reconocido, varias aproximaciones han sido realizadas para cubrir este inconveniente nutricional, se han realizado pruebas en el mejoramiento para mejorar el contenido de proteína pero con resultado no muy significativos ya que el rendimiento en el contenido de materia seca parece ser inversamente relacionado con el de proteína cruda (Bunting, 1978).

Trabajos realizados de Michigan usando el ensilado de maíz donde solo se investigaron los niveles de proteína cruda requerida en el suplemento concentrado, proporcionaron resultados que cuando el contenido de proteína cruda del concentrado fue incrementando de 8.5 a 19 por ciento de alimento, se obtuvieron rendimientos de leche incrementándose en 4 kg/d (Humber. J. 1971b).

Huber (1972) Señala que el porcentaje de proteína cruda en el total de ración debe ser del 12 al 14 por ciento ya que este se encuentra aceptable en los picos de rendimientos entre 25 a 30kg de leche por día.

2.18. Dietas diarias de vacas basadas en ensilado de maíz.

El principal problema cuando formula raciones diarias para vacas utilizando el ensilado de maíz es el bajo contenido de proteína. Sin embargo, podemos encontrar muchas posibilidades para la corrección de esta deficiencia. El nivel de proteína del concentrado puede ser incrementado usando proteína vegetal. Los altos contenidos de proteína en los forrajes como son los ensilados de pastos pueden ser una buena fuente de alimento cuando son mezclados con el ensilado de maíz (Bunting, 1978).

2.19. Efectos del ensilado de maíz en la Composición de la leche.

En los Estados Unidos, donde el ensilado de maíz es usando de una manera extensiva, están presentes muchos problemas relacionados con la composición de la leche, en la mayoría de los casos durante mucho tiempo la fibra es parte de la dieta.

Los problemas de que tengamos una leche con un bajo contenido de grasa esta presente, y este problema se han presentados en el Reino Unido cuando la alimentación es basada únicamente usando el ensilado de maíz.

Esto sucede frecuentemente cuando ningún heno o paja ha sido incorporado en la ración. Cuando es secado artificialmente y peletizado el contenido de grasas en la leche disminuye de un 3.8 por ciento a 3.0 por ciento. Cuando el alimento es basado en un ensilado de maíz. (Bunting, 1978).

Las vacas alimentadas con paja y con ensilado de maíz, mostró ser el único forraje que o necesitaba adicionarse fibra para mantener los niveles de grasa en la leche. (Phipps. R, 1977) sin embargo es recomendado muy frecuentemente en el Reino Unido que las vacas sean alimentadas con 1 ó 2 kg. De heno diariamente, si el forraje conservado en silo de maíz forma una gran parte de la ración basal. Esta recomendación no parece haber sido aceptada en la practica pero recientemente en un estudio mostró que una alta proporción de las dietas no contenían una suficiente cantidad de fibra para estimular la producción de grasa para la leche. (Bunting 1978).

En estudios realizados en el Reino Unido han mostrado que el contenido de la mazorca en el ensilado de maíz puede afectar los niveles de grasa en la leche. (Phipps. 1977). Dos silos que tenían un contenido de 68 y 46 por ciento de mazorca fueron alimentados con solo el forraje para vacas lecheras durante 17 semanas. El promedio de los niveles de grasa reportados para las vacas alimentadas con ensilado con un contenido de 68 por ciento de mazorca fue de 3.2 por ciento que fue significativamente menor que el reportado de 3.7 por ciento de el otro grupo. El decremento era ciertamente debido al alto contenido de mazorca y un bajo contenido en los niveles de fibra

que favorecieron una fermentación en el rumen que afectaron el costo de producción de acetato. La necesidad para suplementar con heno o paja para mantener niveles de grasa en la leche pueden incrementar, por consiguiente con el estado de madurez del cultivo de maíz.

El cultivo de maíz en Colombia se realiza en las zonas de clima templado y cálido, principalmente en las zonas de clima templado y cálido. El cultivo de maíz en Colombia se realiza en las zonas de clima templado y cálido, principalmente en las zonas de clima templado y cálido. El cultivo de maíz en Colombia se realiza en las zonas de clima templado y cálido, principalmente en las zonas de clima templado y cálido.

3.1 Ubicación geográfica

La Comarca Lagunera se encuentra en el estado de Coahuila de Zaragoza, México, entre las coordenadas 26° 20' N y 26° 40' N de latitud Norte y las coordenadas 101° 30' W y 101° 45' W de longitud Oeste (ver mapa adjunto).

3.2 Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera

3.2.1 Clima

El clima de la Comarca Lagunera es templado húmedo, con temperaturas promedio anuales que oscilan entre 18°C y 22°C. Las precipitaciones anuales son de aproximadamente 1000 mm, distribuidas de manera irregular a lo largo del año.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en dos etapas la primera etapa, consideró la evaluación agronómica de los materiales, la cual se realizó en la región agrícola de la Comarca Lagunera durante el ciclo agrícola Primavera y Verano de 2006 en el Rancho las Vegas en Francisco I. Madero Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético de maíz del Instituto mexicano de maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La segunda etapa consistió en el análisis de la calidad forrajera de los materiales en estudio, el cual se llevó a cabo en el laboratorio de Fitomejoramiento en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón Coahuila.

3.1. Ubicación geográfica.

La Comarca Lagunera se ubica entre los paralelos 24°22'12" y 26° 47' 24" de latitud Norte y, los meridianos 102° 15'36" y 104°45'36" de longitud Oeste (PROGRESA 1995)

3.2. Aspectos climatológicos de la Comarca Lagunera.

3.2.1. Clima.

Los climas principales de acuerdo a Koppen, modificado por García son de desértico (BW), los cuales van desde muy secos a secos, y de muy cálidos a

templados (BS). La variación especial de la temperatura y la precipitación determinan tres ambientes subtropicales, árido cálido, árido semicálido y árido templado (Medina *et al.* 1998), donde el área de riego del distrito 017 se ubica en el ambiente árido semicálido con temperatura media anual de 20.6°C. Aquí la precipitación anual varía de 150 a 250 mm y la evaporación potencial es de 2473 mm.

3.2.2. Suelo.

Están comprendidos dentro del grupo Xerozem, de color café grisáceo con bajo contenido de materia orgánica. Predominan los suelos de textura migajón arcillo-arenosa y arcillosa con buena capacidad de retención de humedad e infiltración de agua; el pH fluctúa a 7.2 a 8.8 sin problemas de sodicidad (Romero 1996).

3.3. Material genético.

El material genético lo constituyeron 70 híbridos de los cuales 40 híbridos son blancos y 30 amarillos de los cuales se presenta su genealogía en el cuadro siguiente.

Cuadro 3.1 Descripción de híbridos de maíz QPM SHTWQ 0523 Utilizados

| Entrada | Genotipo | Origen |
|---------|--|---------|
| 1 | [(A8363QMH44S6/(6303Q/A8363QM44S6)]B-1-5-8-B*5 | CML491 |
| 2 | [CML 176 x CML 264]-7-6-2-1-B-B | CML264Q |
| 3 | [CML 176 x CML 264]-7-6-2-1-B-B | CML491 |
| 4 | [CML 384 x CML 176](F3)12-1-4-2-B-B | CML264Q |
| 5 | [CML 384 x CML 176](F3)12-1-4-2-B-B | CML491 |
| 6 | [CML384 x CML176](F3)-42-3-1-2-1-B | CML264Q |
| 7 | [CML 384 x CML 176](F3)49-2-5-1-B-B | CML264Q |
| 8 | [CML 384 x CML 176](F3)49-2-5-1-B-B | CML491 |
| 9 | [CML 384 x CML 176](F3)49-2-5-3-B-B | CML264Q |
| 10 | [CML 384 x CML 176](F3)53-1-3-1-B-B | CML264Q |
| 11 | [CML 384 X CML 176](F3)65-1-1-2-B-B | CML264Q |
| 12 | [CML 384 X CML 176](F3)65-1-1-2-B-B | CML491 |
| 13 | [CML 384 X CML 176](F3)97-4-2-1-B-B | CML264Q |
| 14 | [CML 384 X CML 176](F3)97-4-2-1-B-B | CML491 |
| 15 | [CML 384 x CML 176](F3)98-1-1-1-B-B | CML264Q |
| 16 | [CML 384 x CML 176](F3)98-1-1-1-B-B | CML491 |
| 17 | [CML 384 x CML 176](F3)98-1-3-2-B-B | CML264Q |
| 18 | [CML 384 x CML 176](F3)98-3-5-2-B-B | CML264Q |
| 19 | [CML 384 x CML 176](F3)98-3-5-2-B-B | CML491 |
| 20 | [CML384 x CML176](F3)-100-1-1-2-BB-B | CML264Q |
| 21 | [CML384 x CML176](F3)-100-1-1-2-BB-B | CML491 |
| 22 | [CML 384 x CML 176](F3)100-2-2-1-B-B | CML264Q |
| 23 | [CML 384 x CML 176](F3)100-2-2-1-B-B | CML491 |
| 24 | [CML 384 x CML 176](F3)100-2-7-2-B-B | CML264Q |
| 25 | [CML 384 x CML 176](F3)107-3-2-2-B-B | CML264Q |
| 26 | [CML 384 x CML 176](F3)107-3-2-2-B-B | CML491 |
| 27 | [CML 384 x CML 176](F3)107-3-2-3-B-B | CML264Q |
| 28 | [CML 384 x CML 176](F3)107-3-2-2-B-B | CML491 |
| 29 | [CML 384 x CML 176](F3)107-4-3-3-B-B | CML264Q |
| 30 | [CML 384 x CML 176](F3)107-4-3-3-B-B | CML491 |
| 31 | [CML384 x CML176]F3-117-1-2-3-B-B | CML175 |
| 32 | [CML 384 x CML 176](F3)117-1-2-3-B-B | CML264Q |

| | | | |
|----|---------------------------------------|---------|----------------------|
| 33 | [CML384 x CML176](F3)-131-1-1-2-B-B-B | CML175 | TL05A-1325-55xCML175 |
| 34 | [CML 384 x CML 176](F3)131-1-1-2-B-B | CML264Q | AF05A-269-504 x 529 |
| 35 | [S99SIWQ]-124-2-B-B-B-B | CML264Q | AF05A-269-506 x 529 |
| 36 | [S99SIWQ]-124-2-B-B-B-B | CML491 | AF05A-270-865x878 |
| 37 | [S99SIWQ]-180-1-B-B-B-B | CML264Q | AF05A-269-507 x 529 |
| 38 | [S99SIWQ]-252-2-B-B-B-B | CML264Q | AF05A-269-508 x 529 |
| 39 | CML175 | CML176 | TL05A1329-1X2 |
| 40 | CML491 | CML264Q | AF05A-269-472 x 591 |
| 41 | AN 417 | | |
| 42 | AN 423 | | |

Cuadro 3.2 Descripción de Híbridos de maíz QPM SHTYQ 0525 utilizados.

| Entrada | Genotipo | Origen |
|---------|---|----------------------------|
| 1 | P69Qc3HC7-5-2-1-1-B*10-B | CML161 AF05A-271-498 x 538 |
| 2 | P69Qc3HC107-1-1#-4-2#-3-1-B-1-B*7 | CML161 AF05A-271-499 x 538 |
| 3 | S91SIYQ-76-2-1-3-B-B-B | CML161 AF05A-271-500 x 538 |
| 4 | S91SIYQ-122-2-3-2-B-B | CML161 AF05A-271-501 x 538 |
| 5 | S91SIYQ-169-1-4-1-B-B-B | CML161 AF05A-271-503 x 538 |
| 6 | S91SIYQ-172-1-1-1-BB-B | CML161 AF05A-271-504 x 538 |
| 7 | S91SIYQ-172-1-1-1-BB-B | CML165 AF05A-272-417 x 453 |
| 8 | S91SIYQ-207-1-1-1-B-B-B | CML161 AF05A-271-507 x 538 |
| 9 | S91SIYQ-207-1-1-1-B-B-B | CML165 AF05A-272-420 x 453 |
| 10 | S91SIYQ-207-1-1-3-B-B-B | CML161 AF05A-271-508 x 538 |
| 11 | S91SIYQ-207-1-1-3-B-B-B | CML165 AF05A-272-421 x 453 |
| 12 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-BB]-B-1-4-3-2-3-BBBB-B-B | CML161 AF05A-271-511 x 538 |
| 13 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6o2/o2 2-BB]-B-1-4-3-2-3-BBBB-B-B | CML165 AF05A-272-424 x 453 |
| 14 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-BB]-B-2-2-1-3-4-B*5 | CML161 AF05A-271-512 x 538 |
| 15 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6o2/o2 2-BB]-B-2-2-1-3-4-B*5 | CML165 AF05A-272-425 x 453 |
| 16 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-BB]-B-4-4-2-2-6-BBBB-B-B | CML161 AF05A-271-513 x 538 |
| 17 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-BB]-B-4-4-2-2-6-BBBB-B-B | CML165 AF05A-272-426 x 453 |
| 18 | [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-BB]-B-4-4-1-1-4-BBBB-B-B | CML165 AF05A-272-427 x 453 |
| 19 | S99SIYQ (E.t)-22-2-B-B-B-B | CML161 AF05A-271-517 x 538 |
| 20 | S99SIYQ-(E.t)-22-2-B-B-B-B | CML165 AF05A-272-430 x 453 |
| 21 | S99SIYQ (E.t)-162-4-B-B-B-B | CML161 AF05A-271-521 x 538 |
| 22 | S99SIYQ (E.t)-164-4-B-B-B-B | CML165 AF05A-272-424 x 453 |
| 23 | [[CML 161 x CML 165]x[89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-B-4-4-1-1-2]F2-B-3-1-B | CML161 AF05A-271-523 x 538 |
| 24 | [[CML161x CML165]x[89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-B-4-4-1-1-2]F2-B-3-1-B | CML165 AF05A-272-436 x 453 |
| 25 | [[CML161xCML165]x[89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-B-4-4-1-1-2]F2-B-3-B | CML165 AF05A-272-437 x 153 |
| 26 | [[CML 161 x CML 165]x[89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-B-4-4-1-1-2]F2-B-6-B | CML161 AF05A-271-526 x 538 |
| 27 | [[CML161xCML165]x[89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-B-4-4-1-1-2]F2-B-6-B | CML165 AF05A-272-439 x 453 |
| 28 | [[CML 161 X CML 165] X [89]G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-B-4-4-1-1-2]F2-B-7-1-1-B | CML161 AF05A-271-527 x 538 |

| | | | |
|----|--|--------|---------------------|
| 29 | [[CML161XCML165]X[89[G25Qc1(STE)18S5/Mo17 6 o2/o2 2-B-B]-S6]F2- B-7-1-1-B | CML165 | AF05A-272-440 x 453 |
| 30 | CML161 | CML165 | |
| 31 | AN 417 | | |
| 32 | AN 423 | | AF05A-271-496 x 538 |

3.4. Diseño y parcela experimental.

El material genético se evaluó en un ensayo uniforme utilizando un diseño de bloques completos con un arreglo alfa-latice con 2 repeticiones y 70 tratamientos. Para cada tratamiento la parcela total estuvo conformada por 2 surcos de 2m de largo y 0.80 cm de ancho con una distancia entre plantas 15 cm desechándose la planta orillera de cada parcela. La parcela útil consistió en un surco de 1.05m.

Se realizó la siembra a una densidad de 80,000 plantas/ha y posteriormente se procedió a la identificación de caracteres agronómicos ya establecidos para evaluar.

3.5. Manejo agronómico del lote experimental.

El manejo agronómico del lote se llevo acabo siguiendo el paquete tecnológico recomendado para la región.

Cuadro 3.3 Manejo del cultivo.

| Labores del cultivo. | Rancho Ampuero. |
|--|--------------------|
| Barbecho | 20 de Febrero 2006 |
| Rastreo | 02 de Marzo 2006 |
| Riego de Presiembra | 06 de Marzo 2006 |
| Siembra | 18 de Marzo 2006 |
| 1° Riego de auxilio y fertilización | 05 de Mayo 2006 |
| Aplicación de herbicida para maleza de hoja ancha e insecticida. | 12 de Mayo 2006 |
| Cultivo | 15 de Mayo 2006 |
| Limpia | 22 de Mayo 2006 |
| 2° Riego | 12 de Junio 2006 |
| 3° Riego | 15 de Junio 2006 |

3.8. Variables Agronómicas:

3.8.1. Altura de planta (AP).

Distancia en metros desde la superficie del suelo al punto superior de la espiga. Se consideraron tres plantas con competencia completa por parcela.

3.8.2. Altura de mazorca (AM).

Distancia en metros de la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal, considerando para esta variable tres plantas con competencia completa.

3.8.3. Peso verde de la planta (PVP).

Se determinó mediante el peso de siete plantas con competencia completa y se expresó en $t\ ha^{-1}$.

3.8.4. Peso verde de mazorca (PVM).

Se tomó pesando las mazorcas producidas de las siete plantas cosechadas con competencia completa y se expresó en $t\ ha^{-1}$.

3.8.5. Días a floración masculina (DFM).

Se expresó como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas estaban en periodo de antesis.

3.8.6. Días a floración femenina (DFF).

Se consideró cuando el 50 por ciento de las plantas de cada parcela presentaron los estigmas aproximadamente con 2 cm de longitud fuera de brácteas.

3.8.7. Rendimiento de forraje verde (RFV).

Se tomó el peso de siete plantas con competencia completa de cada parcela y se expresó en tha^{-1} . El rendimiento se determinó con la siguiente fórmula.

$$RFV = \frac{(10,000)(RP)}{SC}$$

donde: RP= Rendimiento por parcela y SC=Superficie cosechada

3.8.8. Materia seca total.

Se recolectó una submuestra de 500 g de forraje verde (siete plantas cosechadas) y se llevó a una estufa por un periodo de 72 h a una temperatura de $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar peso constante para estimar el contenido de materia seca total en t ha^{-1} . Se determinó con la fórmula:

$$MST = \frac{(\%MS)(RFV)}{100}$$

donde: %MS= por ciento de materia seca y RFV: rendimiento de forraje verde.

3.9. Variables de Calidad Forrajera.

La Calidad del Forraje se determinó a partir de una muestra de materia seca por ciclo, resultante de una mezcla homogénea de las muestras de materia seca obtenidas en las dos repeticiones de cada uno de los híbridos.

3.9.1. Análisis de Laboratorio de calidad de forraje.

3.9.1.1. Determinación de fibra ácido detergente (FAD) y neutro detergente (FND).

El análisis bromatológico se determino bajo el principio de Van Soest (1967) utilizando un analizador de fibras ANKOM 220. El ensayo consistió en tomar 0.500 g (\pm 0.01 g) de la muestra de materia seca de las plantas que se cosecharon y se coloco en una bolsa de papel filtro (ANKOM # F57). Se colocaron las muestras en el analizador de fibras y se añado 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FAD (Cuadro 3.3) y para el ensayo de (FND) (cuadro 3.4) a la solución se le agrego 20 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 ml de alfa amilasa.

Posterior mente las muestras tanto como para FAD y FND fueron digeridas en el analizador de fibras por un espació 60 m a una temperatura 100 °C (\pm 1 °C).

Cuando el tiempo de digestión fue alcanzado se lavaron con agua destilada caliente (aproximadamente 100°C), realizándose 3 veces el proceso. Para el análisis de FND se agregaron 4 ml de alfa milasa a cada uno de los dos primeros enjuagues. Subsiguientemente se retiraron las bolsas de papel filtro con las muestras y se colocaron en un baso de precipitado de 500 ml y se agregaron 200 ml de acetona y se dejaron por un espacio de 3 minutos, con la finalidad de eliminar probables residuos de las soluciones utilizadas.

A continuación se dejaron las muestras expuestas al medio ambiente por un lapso de 45 min para evaporar el acetona pasado este espacio de tiempo, las muestras se situaron en una estufa a una temperatura de 105 °C (\pm 1°C) por 24 h. transcurridas las 24 h. se procedió a pesar las muestras y una vez con el dato obtenido se determino el porcentaje de FAD y FND con la formula.

Cuadro 3.4 solución para determinación de fibra ácido detergente.

| Reactivo | Cantidad |
|--|----------|
| Bromuro de cetil Trimetil Amonio ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3 \text{Br}$) | 20 g |
| Acido sulfúrico. (H_2SO_4) | 1 L |

Preparación para 5L.

Cuadro 3.5 Solución para análisis de fibra neutro – detergente.

| Reactivo | Cantidad |
|--|----------|
| Lauril sulfato de sódio ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{O}_4\text{SNa}$) | 150g |
| Sal disódica (EDTA) | 93.05g |
| Tetraaorato de sódio decahidratado | 34.05g |
| Fosfato ácido disódico (Na_2HPO_4) | 22.80g |
| Agua destilada | 5L |
| Etilenglicol | 50 ml |

*Preparación para 5L

3.10. Modelo estadístico.

Para la siembra en campo se utilizó el diseño experimental bloques al azar con un arreglo alfa latice con dos repeticiones, usando el modelo lineal siguiente.

$$Y_{ijk} = \mu + R_i (B/R)_{ij} + Tk + e_{ij}$$

donde Y_{ijk} = efecto de la i - ésima repetición del j - ésimo bloque, del k - ésimo tratamiento, μ = media general, R_i = efecto de la i - ésima repetición; $(B/R)_{ij}$ = efecto del j - ésimo bloque, dentro de la i - ésima repetición; Tk = efecto del k - ésimo tratamiento y e_{ij} = efecto del error experimental.

3.11 Análisis estadístico.

Para el análisis de datos se procedió a utilizar el análisis experimental de bloques al azar con dos repeticiones, con base en el modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, r.$

donde μ = media general; τ_i β_j = los efectos de tratamientos y repeticiones; ε_{ij} = error experimental para cada observación (ij)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas entre ciclos de primavera y verano en todas las características agronómicas y de calidad forrajera evaluadas para el grupo de genotipos a excepción de la característica RMS en los grupos SHTYQ525 (Cuadro 4.1).

Para la fuente de variación genotipos las variables RFV, RMAZ, AP y AM no presentaron diferencias estadísticas en los SHTWQ523. Por otra parte en los materiales SHTYQ525 solo tres variables presentaron diferencia estadística en la fuente de variación genotipos. Estos resultados en ambos materiales eran de esperarse dada la diversidad de los orígenes de los genotipos incluidos en este estudio.

En la interacción $c \times g$ ambos materiales no observaron diferencias estadísticas para ninguna de las características agronómicas y de calidad forrajera evaluadas. Tales resultados indicaron que la respuesta de los genotipos fue similar a través de ambientes. De acuerdo con estos resultados del análisis se puede inferir que ambos ciclos pueden ser útiles para la evaluación y selección de genotipos sobresalientes ya que existe la garantía de que aquellos genotipos que se seleccionen como mejores en el ciclo primavera también serán los mejores en ciclo verano aún cuando su rendimiento sea diferente.

En MST y RMAZ los coeficientes de variación fueron altos, oscilando entre 20.85 y 22.60 por ciento en los genotipos SHTWQ 523 y para SHTYQ 525 fueron de 22.60 a 22.67 por ciento respectivamente.

Para los componentes de calidad forrajera (FAD, FDN y ENL) los coeficientes de variación en grupo de genotipos SHTWQ523 fueron inferiores a los obtenidos por el grupo SHTYQ 525 (Cuadro 4.1).

En las variables de DFM, DFF y AP para los dos grupos de genotipos los coeficientes de variación fueron los más bajos, por lo cual señala que esta característica existe una baja variabilidad en estos grupos de genotipos por ser genéticamente menos complejos (Velásquez *et al.*, 1992 y Tosquy *et al.*, 1998).

Cuadro 4.1. Cuadros medios del análisis de varianza para características agronómicas y de calidad forrajera evaluadas en Francisco I. Madero, Coah., 2006.

| Genotipo | FV | gl | AP (m) | AM (m) | DFM (d) | DFP (d) | RMAZ (t ha ⁻¹) | RFV (t ha ⁻¹) | MST (t ha ⁻¹) | FAD (%) | FDN (%) | ENL (Mcal kg ⁻¹) |
|------------|-------|----|-----------|-----------|------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|------------|---------------------------------|
| SHTWQ 0523 | c | 1 | 0.13* | 0.17** | 3241.92** | 3312.59** | 3612.05** | 48708.86** | 676.84** | 2555.82** | 5897.38** | 3.40** |
| | r(c) | 2 | 0.15** | 0.12** | 0.29ns | 0.02ns | 2.33ns | 66.92ns | 20.85ns | 55.82ns | 64.28ns | 0.03ns |
| | (t) | 41 | 0.02ns | 0.02ns | 12.90** | 14.00** | 29.21ns | 152.15ns | 51.17* | 58.95** | 62.87** | 0.03* |
| | c*t | 41 | 0.02ns | 0.02ns | 0.12ns | 0.09ns | 31.94ns | 156.69ns | 53.16ns | 42.00ns | 34.66ns | 0.01ns |
| | error | 82 | 0.02 | 0.01 | 1.52 | 1.25 | 22.90 | 139.18 | 32.58 | 31.27 | 35.94 | 0.02 |
| | cv(%) | | 6.39 | 10.29 | 1.68 | 1.49 | 20.85 | 18.24 | 27.04 | 16.16 | 10.90 | 10.35 |
| Genotipo | FV | gl | AP (m) | AM (m) | DFM (d) | DFP (d) | RMAZ (t ha ⁻¹) | RFV (t ha ⁻¹) | MST (t ha ⁻¹) | FAD (%) | FDN (%) | ENL (Mcal kg ⁻¹) |
| SHTYQ 0525 | c | 1 | 0.59** | 0.19** | 703.82** | 2701.12** | 3864.85** | 45326.84** | 72.30ns | 1577.81** | 585.20** | 0.33** |
| | r(c) | 2 | 0.05* | 0.01ns | 1.75ns | 1.12ns | 22.65ns | 262.11ns | 3.65ns | 422.87** | 0.76ns | 0.00ns |
| | (t) | 41 | 0.02** | 0.02ns | 11.27** | 11.70** | 41.72ns | 255.60ns | 21.35ns | 55.70ns | 47.46ns | 0.027ns |
| | c*t | 41 | 0.02** | 0.01ns | 0.54ns | 0.68ns | 24.90ns | 225.58ns | 14.83ns | 33.16ns | 54.97ns | 0.031ns |
| | error | 82 | 0.01 | 0.01 | 3.22 | 3.38 | 31.67 | 171.18 | 21.63 | 43.74 | 67.47 | 0.03 |
| | cv(%) | | 4.84 | 11.04 | 2.54 | 2.60 | 22.60 | 19.67 | 22.67 | 20.83 | 14.98 | 14.20 |

**, * = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = no significativo; c = Ciclos; r = repeticiones; t = tratamientos; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; DFM = Dias a floración masculina; DFP = Dias a floración femenina; RMAZ = Rendimiento de mazorca; RFV = Rendimiento de forraje verde; MST = Materia seca total; FAD = Fibra de ácido detergente; FDN = Fibra detergente neutro y ENL = Energía neta de lactancia

4.1. Ciclos

La prueba de DMS para el grupo de genotipos SHTYQ 525 y SHTWQ 523 detecto diferencias estadísticas entre ciclos para todas las características agronómicas y de calidad forrajera evaluadas (Cuadro 4.2 y Cuadro 4.3).

4.2. Características agronómicas.

En promedio la diferencia en RMS entre ciclos para el grupo de genotipos SHTWQ523 fue de 21 porciento a favor del ciclo primavera y en los genotipos SHTYQ525 la diferencia fue de 7.51 porciento. Lo anterior sugiere que existe mayor variabilidad en esta característica en el grupo SHTWQ523 (Cuadro 4.2).

En DFF y DFM las diferencias entre ciclos fueron de nueve días en ambos casos para el grupo SHTWQ523 y de siete y nueve días respectivamente, para el grupo SHTYQ525. Requiriéndose un menor número de días a inicio de floración en el ciclo de verano.

Se presentaron diferencias en el potencial productivo de los materiales a través de ciclos, siendo el de primavera en el que se obtienen los más altos rendimientos. Estos resultados coinciden con Reta *et al.* (2000) quienes reportan que en las siembras de verano en la Comarca Lagunera no son tan productivas como las de primavera lo cual probablemente se debe a que en las

primeras etapas de desarrollo del cultivo, ocurren temperaturas muy altas que aceleran el desarrollo del cultivo, reduciendo el crecimiento de la planta, lo que afecta principalmente la acumulación de materia seca.

Por otra parte se observa que el grupo de genotipos SHTYQ525 es ligeramente precoz en los dos ciclos que el SHTWQ523. También el Cuadro 4.2 se observa que el mismo grupo de genotipos presenta un mayor rendimiento de mazorca, coincidiendo estos resultados con Cross *et al.* (1987) y Russell *et al.* (1992) quienes en diversos experimentos observaron que las plantas de híbridos precoces tienen mayor producción de mazorca y proporción de grano.

Cuadro 4.2. Promedio de características agronómicas evaluadas de maíz SHTWQ523 y SHTYQ525 en dos ciclos, 2006.

| Genotipo | Ciclo | RFV (t ha ⁻¹) | RMAZ (t ha ⁻¹) | RMS (t ha ⁻¹) | DFM (d) | DFP (d) | AP (m) | AM (m) |
|-----------|-----------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| SHTYQ 523 | Primavera | 81.67 a | 27.58 a | 23.11 a | 77.60 a | 79.19 a | 2.31 a | 1.24 b |
| | Verano | 47.62 | 18.30 b | 19.10 b | 68.82 b | 70.30 b | 2.25 b | 1.30 a |
| DMS | | 3.62 | 1.46 | 1.75 | 0.37 | 0.34 | 0.044 | 0.040 |
| SHTWQ 525 | Primavera | 85.33 a | 30.39 a | 21.26 a | 74.71 a | 75.15 a | 2.39 a | 1.30 a |
| | Verano | 47.69 b | 19.40b | 19.76 a | 65.87 b | 65.96 b | 2.26 b | 1.22 b |
| DMS | | 4.62 | 1.98 | 1.64 | 0.63 | 0.65 | 0.03 | 0.04 |

* DMS =Diferencia mínima significativa al 5%, los tratamientos agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.3. Calidad forrajera

En calidad forrajera ambos grupos de genotipos presentaron en el ciclo de primavera valores altos de FAD y FND, resultando lo contrario para ENL (Cuadro 4.3).

En el ciclo de primavera para el SHTWQ523 los porcentjes de FAD fueron de 38.49% y 60.92% de FND; los genotipos SHTYQ525 obtuvieron 35.95% de FAD y 56.94% de FDN, en ambos grupos los valores obtenidos para FAD y FDN clasifican al forraje como de calidad regular a mala de acuerdo a la clasificación de Gonzáles (1995).

En lo que respecta a ENL los mejores valores fue en los ciclos de verano. Los híbridos del grupo SHTWQ523 para el ciclo primavera y verano obtuvieron valores de 1.24 y 1.52 Mcal/kgMs respectivamente, los correspondientes al grupo SHTYQ525 fueron de 1.34 y 1.44 Mcal/kgMS para los dos ciclos. Pionner (1990) y Núñez *et al.* (1999) señalan que los híbridos utilizados para forraje tiene una ENL ubicada en 1.17 a 1.62 Mcal/kg MS con una media del 1.49 Mcal/kg MS. Por lo que solo en el ciclo de verano el valor de ENL en el grupo SHTWQ523 fue superior a la media citada y todos los valores fueron inferiores.

Cuadro 4.3 Promedio de Calidad Forrajera evaluadas de maíz SHTWQ 523 y SHTYQ 525 en dos ciclos..

| Genotipo | Ciclo | FAD (%) | FDN (%) | ENL (Mcal kg ⁻¹) |
|-----------|-----------|---------|---------|------------------------------|
| SHTWQ 523 | Primavera | 38.49 a | 60.92 a | 1.24b |
| | Verano | 30.69 b | 49.07 b | 1.52 a |
| DMS | | 1.71 | 1.84 | 0.04 |
| | | | | |
| SHTYQ525 | Primavera | 35.95 a | 56.94 a | 1.34 b |
| | Verano | 28.93 b | 52.67 b | 1.40 a |
| DMS | | 2.33 | 2.90 | 0.06 |

* DMS =Diferencia mínima significativa al 5%, los tratamientos agrupados con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.4. Promedio de características agronómicas

La variable altura de planta presentaron diferencias significativas para los dos grupos de genotipos evaluados (Cuadro 4.4 y Cuadro 4.5).

En los SHTWQ523 los 30 genotipos obtuvieron los valores más altos de AP, los cuales no presentaron diferencia significativa.

Dentro de este grupo el testigo 2 presento la altura más alta supero con 2.42 m, seguido del 31, 17, 19 y 37 (2.41m, 2.40m, 2.40m y 2.39 m, respectivamente).

Los que obtuvieron los valores más bajos para esta característica fueron el genotipo 32, 13, 15, 26 y el testigo 1 AN-417 con valores de 2.16 m, 2.15 m, 2.14 m, 2.13 m y 2.11 m respectivamente.

En los grupos SHTYQ525 los genotipos 15, con 2.56 m, 23 con 2.54 m 8 con 2.42 y 28 con 2.41 m fueron los de mayor altura superando a los dos testigos.

Los de menor altura reportada fueron el testigo AN-417, 27, 25 y 18 (2.24 m, 2.21 m, 2.21 m y 2.17 respectivamente, Cuadro 4.5).

Los valores observados de AP en los grupos SHTWQ523 oscilaron de 2.42 m a 2.11 m, correspondiendo este valor al testigo1 AN-417. En SHTYQ525 los valores para altura de planta oscilaron de 2.56 m a 2.17 m correspondiendo estas alturas a los genotipos 15 y 18.

Para la variable AM en los SHTWQ523, 21 genotipos fueron los más sobresalientes sin embargo el testigo 2 AN-423 los supero con 1.46 m seguido del genotipo 40, 19 y 1.

Los genotipos 20, 26, 4, testigo 1 AN-417 y 13 fueron los de menor altura de mazorca con 1.18 m, 1.17m, 1.17m, 1.15m y 1.07m respectivamente.

En el grupo SHTYQ525 los genotipos 15, 23 y 21 obtuvieron valores altos de AM con respecto a los demás superando a los testigos. Por otra parte los genotipos con los valores más bajos de AM fueron el 3 con 1.18 m, el 12 con 1.17 m, el 18 con 1.16 m y el testigo 1 AN-417 ubicándose como el de menor altura con 1.11m. (Cuadro 4.5)

En DFM del grupo SHTWQ523 el genotipo 32 fue el más tardío requiriendo 78. días a inicio de floración seguido por el genotipo 2 (75.5 d), 6 (75 d) y 36 (75d), y los más precoces fueron los genotipos 35, el testigo 1 AN-417 y genotipo 39 con 70 y 68 d a floración respectivamente. (Cuadro 4.4)

En DF nuevamente el genotipo 32 resulto ser el más tardío con 78 días a inicio de floración, seguido del 11 y del 29 con 77 y 76 respectivamente. Los genotipos 35, 9 y 39 fueron los más precoces ya que iniciaron floración femenina a los 70 y 69 días respectivamente.

En el grupo SHTYQ525 20 genotipos fueron los más tardíos aún más que los testigos. Los genotipos 24 y 23 con 74 días a inicio de floración masculina fueron más tardíos.

Los más precoces fueron el testigo 2 AN-423, y los genotipo 12 y 3 cuyos valores oscilaron de 69 a 67 días después de la siembra para comenzar a liberar polen.

Nueve genotipos se ubicaron como los más tardíos en DFF sobresaliendo el genotipo 24 con 74 d, este grupo fue más tardío que los testigos.

El testigo 2 AN-423 seguido del genotipo 12 y 3 fueron más precoces con valores que van de 69 a 67 d.

En RFV para SHTWQ523 24 genotipos fueron los más sobresalientes. El mayor RFV en este grupo fue para los genotipos 35 y 34 (79.91 y 79.31 kg ha⁻¹, respectivamente) ubicándose el testigo 2 AN-423 en tercer lugar con un rendimiento de 78.9 t ha⁻¹.

El menor rendimiento de forraje verde se obtuvo en los genotipos 11, 26 y el testigo 1 AN-417 con rendimientos de 56.99 a 47.32 kg ha⁻¹ (Cuadro 4.4).

En SHTYQ525, los genotipos 16, 2, 8, y testigo 2 AN-423 fueron los de mayor potencial productivo con rendimientos de 83.78 t ha⁻¹, 78.7 t ha⁻¹, 77.8 t ha⁻¹ y 77.28 t ha⁻¹ respectivamente. Los genotipos 20, 9 y 19 expresaron los valores más bajos en esta variable. (54.31 t ha⁻¹, 54.16 t ha⁻¹, y 48.51 t ha⁻¹ respectivamente, Cuadro 4.5).

Se puede observar que los rendimientos de forraje verde en SHTWQ523 oscilaron de 79.91 a 47.32 y en SHTYQ 525 fueron de 83.78 a 48.51, estos valores coinciden con Amador y Boschini (2000) quienes señalan que un maíz para forraje deberá proveer un alto rendimiento de biomasa por unidad de área, desde 40-90 t ha⁻¹ de forraje verde en un corto tiempo y un valor nutritivo de bueno a excelente dependiendo de la etapa de crecimiento que se encuentre el cultivo al momento de la cosecha.

Por otra parte Reta *et al.* (2002) reporta que es posible obtener un potencial de 80 t ha⁻¹ de forraje y 24 t ha⁻¹ de forraje seco.

En la variable de MST y de acuerdo con la comparación de medias 17 genotipos del grupo SHTWQ523, incluido el testigo 2 AN-423 resulto con rendimientos estadísticamente iguales.

De este grupo el mejor genotipo fue el 35 con 29.2 t ha⁻¹ de materia seca seguido por el testigo 2 AN-423 con 27.84 t ha⁻¹ y el genotipo 34 con 27.34 t ha⁻¹. Los de menor rendimiento de materia seca fueron los genotipos 32, 11 y 24 (16.46 t ha⁻¹, 14.63 t ha⁻¹ y 14.49 t ha⁻¹, respectivamente).

Para el grupo de materiales SHTYQ525 seis genotipos superaron al testigo 2 AN-423, sobresaliendo los genotipos 8, 11 y 28 con rendimientos de 26.55 a 22.75 t ha⁻¹ de materia seca.

El testigo 1 AN-417 se ubico dentro del grupo que obtuvo los valores más bajos de MST con 17.66 t ha⁻¹, sin embargo los genotipos 26, 13 y 1 observaron valores más bajos con 17.16 t ha⁻¹, 17.14 t ha⁻¹ y 16.99 t ha⁻¹.

Los rendimientos de MST en SHTWQ 523 oscilaron de 29.2 a 14.49 t ha⁻¹ y en SHTYQ 525 fluctuaron de 26.55 a 16.99 t ha⁻¹, estos resultados se encuentra dentro de los reportados por Núñez (2006) quien en híbridos de maíz sobresalientes evaluados en la región Lagunera obtuvo los rendimientos de materia seca mayores de 22.0 t ha⁻¹.

En los RMAZ evaluados en SHTWQ523, la comparación de medias agrupa a 21 genotipos como los más productivo, destacando el genotipo 25 con 29.35 t ha⁻¹, el 39 con 29.21 t ha⁻¹ y el testigo 2 AN-423 con 27.85 t ha⁻¹. Los rendimientos de mazorca más bajos los presentaron los genotipos 24, 32 y 11 con 19, 18.14 y 17.86 t ha⁻¹ respectivamente.

En el caso del grupo SHTYQ525 los mejores RMAZ lo presentaron 17 genotipos entre los que destacan el genotipo 8, el testigo 2 AN-423 con producciones de 32.50 y 30.43 t ha⁻¹, respectivamente. Los genotipos menos rendidores fueron el 20, 4 y 19 con rendimientos de 20.35, 19.71 y 17.75 t ha⁻¹, respectivamente.

4.5. Calidad forrajera

Los valores medios en las variables de calidad forraje indican que 27 genotipos del grupo SHTWQ523 obtuvieron valores altos de FAD sobresaliendo el 28, 4 y 2. Dichos materiales superaron a los testigos. Por otra parte los valores más bajos observados de FAD fueron para los genotipos 19, testigo 1 AN-417 y 7, con valores de 28.4, 28.10 y 25.42 %, respectivamente (Cuadro 4.4).

En los genotipos SHTYQ 525 se observa un grupo de 24 genotipos con el mayor porcentaje de FAD, destacando los genotipos 30, 17 y 13 con

porcentajes de 39.17, 38.06 y 36.79, respectivamente, dichos materiales superaron a los testigos.

Los porcentajes de FAD más bajos correspondieron al testigo 2 AN-423, y a los genotipos 22 y 15 con porcentajes de 27.23, 26.43 y 26.40 (Cuadro 4.5).

Los porcentajes de FAD en el grupo de genotipos SHTWQ523 oscilaron de de 49.77 a 25.42%, que de acuerdo con González (1995) los valores alto clasifican en calidad forrajera pésima y los porcentajes más bajos corresponden a una calidad excelente.

En el caso de FAD para SHTYQ525 los porcentajes oscilaron de 39.17 a 23.40% ubicando dichos porcentajes con una calidad de regular a excelente. (Herrera, 1999).

Con respecto a los promedios de FND el grupo SHTWQ523, los genotipos 29, 10 y 4 presentaron los porcentajes más altos y superiores a los mostrados por los testigos. Los genotipos con los valores más bajos fueron 19, 41 y 7 con valores de 46.20, 46.19 y 44.87, respectivamente.

Los genotipos que obtuvieron los valores más altos de FND en el grupo de SHTYQ525 fueron 30, 1 y 17 (61.12%, 59.87% y 59.63%, respectivamente) y los valores más bajos de FND fueron para el genotipo 12 con un porcentaje de 49.68, testigo 2 AN-423 con 48.85% y 11 con 46.28.

Los porcentajes obtenidos en SHTWQ523 se ubican en una calidad que va de pésima a regular, y en SHTYQ525 de acuerdo a los valores obtenidos la calidad se encuentran de mala a regular (González, 1995).

En lo que respecta a ENL para el grupo de genotipos SHTWQ523, la comparación de medias agrupo a 12 genotipos con valores altos y estadísticamente iguales, destacando los genotipos 7, testigo 1 AN-417 y 19 con valores de 1.63, 1.59 y 1.59 Mcal/kg⁻¹, y los valores más bajos fueron para los genotipos 4, 10, y 29 con valores que oscilaron de 1.26, 1.26 y 1.25 Mcal kg⁻¹.

Estos resultados de ENL encontrados se ubican como un valor bajo de acuerdo con Chalupa (1995) quien señala que en México, los ensilados de maíz tienen un valor de energía neta de lactancia inferior a 1.5 Mcal Kg⁻¹ de materia seca en comparación con ensilados de maíz en Estados Unidos de América y Europa.

Para la variable ENL en el grupo SHTYQ525, 27 genotipos obtuvieron los valores mayores en lo que se refiere a dicha característica, destacando el genotipo 11 con 1.59 Mcal/kg⁻¹, el testigo 2 AN-423 se ubico en el segundo lugar con 1.53 Mcal/Kg-1. y el 12 en el tercer lugar con 1.51 Mcal/Kg-1. Los genotipos 17, 1 y 30 fueron los de menor valor. (1.275, 1.270 y 1.240 Mcal/Kg⁻¹, respectivamente).

Para SHTYQ525 los valores de ENL oscilaron 1.59 a 1.24 Mcal/Kg⁻¹, estos resultados se consideran de calidad baja de acuerdo con Gaggiotti y Gregoret (2002) quienes señala que un silo de maíz con calidad debe presentar valores de ENL ≥ 2.35

Cuadro 4.4. Promedio de características agronómicas y calidad forrajera de maíz SHTYQ523 evaluados en Francisco. I. Madero, Coah., 2006.

| Genotipo | AP (m) | AM (m) | DFM (d) | DFP (d) | RMAZ (tha ⁻¹) | RFV (tha ⁻¹) | MST (tha ⁻¹) | FAD (%) | FDN (%) | ENL (Mcalkg ⁻¹) |
|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|------------|--------------------------------|
| 1 | 2.19 | 1.35 | 74.50 | 76.00 | 26.21 | 70.68 | 26.04 | 33.38 | 56.66 | 1.34 |
| 2 | 2.29 | 1.24 | 75.50 | 76.50 | 24.14 | 67.93 | 20.07 | 38.33 | 56.88 | 1.34 |
| 3 | 2.23 | 1.22 | 74.00 | 75.50 | 24.00 | 60.86 | 20.00 | 32.75 | 53.47 | 1.42 |
| 4 | 2.23 | 1.17 | 71.75 | 75.00 | 26.50 | 63.09 | 21.36 | 38.67 | 60.27 | 1.26 |
| 5 | 2.20 | 1.25 | 73.50 | 75.00 | 21.71 | 60.27 | 17.34 | 35.88 | 55.48 | 1.37 |
| 6 | 2.19 | 1.23 | 75.00 | 76.50 | 24.71 | 68.37 | 21.35 | 37.48 | 55.84 | 1.36 |
| 7 | 2.27 | 1.24 | 74.00 | 75.50 | 22.48 | 63.83 | 21.86 | 25.42 | 44.87 | 1.63 |
| 8 | 2.19 | 1.20 | 73.00 | 74.50 | 24.07 | 69.19 | 26.52 | 32.97 | 54.55 | 1.39 |
| 9 | 2.36 | 1.27 | 70.50 | 70.50 | 24.85 | 68.15 | 24.60 | 34.79 | 54.78 | 1.39 |
| 10 | 2.21 | 1.19 | 73.50 | 75.50 | 19.93 | 62.50 | 18.17 | 37.37 | 60.35 | 1.25 |
| 11 | 2.35 | 1.28 | 74.50 | 77.00 | 17.86 | 56.99 | 14.63 | 36.27 | 57.08 | 1.33 |
| 12 | 2.32 | 1.27 | 73.50 | 75.50 | 22.14 | 68.00 | 21.65 | 31.10 | 52.80 | 1.43 |
| 13 | 2.15 | 1.07 | 74.00 | 75.50 | 23.29 | 58.48 | 20.20 | 29.48 | 50.84 | 1.48 |
| 14 | 2.20 | 1.27 | 73.50 | 75.50 | 21.28 | 60.71 | 19.52 | 34.00 | 53.27 | 1.43 |
| 15 | 2.14 | 1.20 | 72.75 | 75.00 | 21.00 | 63.39 | 20.24 | 36.50 | 58.96 | 1.29 |
| 16 | 2.28 | 1.33 | 73.50 | 75.00 | 21.07 | 61.98 | 19.51 | 36.76 | 56.52 | 1.35 |
| 17 | 2.40 | 1.30 | 74.50 | 75.50 | 20.28 | 63.76 | 18.26 | 35.71 | 57.62 | 1.32 |
| 18 | 2.35 | 1.30 | 74.00 | 75.50 | 19.21 | 62.64 | 18.49 | 32.01 | 54.80 | 1.39 |
| 19 | 2.40 | 1.38 | 73.50 | 74.50 | 22.57 | 59.97 | 20.38 | 28.40 | 46.20 | 1.59 |
| 20 | 2.25 | 1.18 | 71.25 | 71.50 | 24.14 | 62.35 | 20.20 | 31.65 | 52.38 | 1.45 |
| 21 | 2.36 | 1.33 | 74.00 | 75.00 | 23.28 | 63.69 | 21.16 | 31.05 | 49.08 | 1.53 |
| 22 | 2.28 | 1.30 | 74.00 | 76.00 | 20.21 | 65.47 | 18.59 | 34.54 | 52.74 | 1.44 |
| 23 | 2.37 | 1.30 | 73.00 | 74.50 | 23.42 | 64.73 | 21.97 | 32.74 | 52.36 | 1.45 |
| 24 | 2.29 | 1.30 | 74.50 | 76.00 | 19.00 | 57.44 | 14.49 | 37.20 | 59.79 | 1.27 |
| 25 | 2.35 | 1.34 | 72.25 | 75.00 | 29.35 | 70.56 | 26.07 | 33.34 | 57.80 | 1.32 |
| 26 | 2.13 | 1.17 | 74.00 | 76.50 | 21.71 | 47.32 | 17.97 | 33.84 | 52.62 | 1.44 |
| 27 | 2.33 | 1.25 | 73.50 | 75.50 | 23.28 | 65.18 | 21.94 | 35.39 | 56.40 | 1.35 |
| 28 | 2.28 | 1.31 | 73.50 | 75.00 | 23.28 | 67.93 | 22.72 | 49.77 | 59.79 | 1.27 |
| 29 | 2.20 | 1.21 | 73.50 | 76.50 | 21.50 | 59.97 | 16.84 | 36.58 | 60.77 | 1.25 |
| 30 | 2.22 | 1.32 | 74.50 | 76.00 | 22.28 | 61.31 | 18.01 | 36.03 | 57.04 | 1.33 |
| 31 | 2.41 | 1.33 | 70.50 | 72.75 | 23.85 | 65.47 | 23.29 | 31.18 | 48.62 | 1.54 |
| 32 | 2.16 | 1.22 | 78.50 | 78.00 | 18.14 | 57.51 | 16.46 | 32.64 | 59.97 | 1.26 |
| 33 | 2.29 | 1.33 | 71.75 | 72.75 | 25.14 | 70.42 | 25.75 | 35.71 | 60.01 | 1.26 |
| 34 | 2.29 | 1.32 | 74.50 | 75.50 | 25.35 | 79.31 | 27.43 | 35.78 | 56.51 | 1.35 |
| 35 | 2.37 | 1.23 | 70.00 | 70.50 | 26.31 | 79.91 | 29.20 | 34.69 | 54.10 | 1.40 |
| 36 | 2.31 | 1.34 | 75.00 | 76.00 | 21.85 | 68.08 | 20.58 | 35.86 | 55.76 | 1.37 |
| 37 | 2.39 | 1.34 | 72.25 | 74.50 | 22.43 | 62.94 | 19.70 | 37.70 | 55.26 | 1.38 |
| 38 | 2.26 | 1.22 | 71.75 | 73.00 | 23.85 | 67.85 | 22.79 | 31.49 | 51.76 | 1.46 |
| 39 | 2.24 | 1.27 | 68.00 | 69.50 | 29.21 | 68.75 | 26.26 | 37.81 | 57.19 | 1.33 |
| 40 | 2.37 | 1.42 | 74.00 | 75.50 | 21.64 | 64.58 | 20.49 | 35.81 | 56.96 | 1.34 |
| AN-417(T1) | 2.11 | 1.15 | 70.00 | 71.00 | 19.28 | 54.61 | 16.58 | 28.10 | 46.19 | 1.59 |
| AN-423(T2) | 2.42 | 1.46 | 71.75 | 73.50 | 27.85 | 78.90 | 27.84 | 36.75 | 55.51 | 1.37 |
| DMS | | | | | | | | | | |

*DMS = Diferencia mínima significativa

Cuadro 4.5 Promedio de características agronómicas y calidad forrajera de maíz SHTWQ525 evaluados en Francisco. I. Madero, Coah., 2006.

| Genotipo | AP (m) | AM (m) | DFM (d) | DFF (d) | RMAZ (t ha ⁻¹) | RFV (tha ⁻¹) | MST (tha ⁻¹) | FAD (%) | FDN (%) | ENL (Mcal kg ⁻¹) |
|----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|------------|---------------------------------|
| 1 | 2.27 | 1.20 | 69.00 | 69.00 | 22.07 | 59.67 | 16.99 | 35.09 | 59.87 | 1.27 |
| 2 | 2.34 | 1.26 | 69.50 | 69.50 | 27.78 | 78.72 | 22.65 | 31.96 | 55.00 | 1.38 |
| 3 | 2.31 | 1.18 | 67.00 | 67.00 | 25.78 | 68.60 | 20.97 | 34.87 | 57.42 | 1.32 |
| 4 | 2.37 | 1.20 | 69.00 | 69.00 | 19.71 | 62.05 | 21.22 | 34.33 | 58.43 | 1.30 |
| 5 | 2.26 | 1.19 | 70.00 | 70.00 | 25.07 | 70.31 | 20.96 | 30.13 | 54.02 | 1.40 |
| 6 | 2.34 | 1.25 | 71.00 | 71.00 | 24.86 | 70.23 | 20.95 | 29.19 | 54.25 | 1.40 |
| 7 | 2.34 | 1.27 | 70.75 | 70.75 | 20.53 | 55.66 | 18.89 | 32.90 | 56.54 | 1.35 |
| 8 | 2.42 | 1.34 | 69.75 | 69.75 | 32.50 | 77.82 | 26.55 | 29.43 | 50.44 | 1.49 |
| 9 | 2.29 | 1.28 | 69.25 | 69.25 | 22.42 | 54.16 | 17.22 | 35.09 | 52.02 | 1.45 |
| 10 | 2.35 | 1.24 | 70.00 | 70.00 | 24.14 | 61.45 | 20.99 | 27.71 | 50.72 | 1.49 |
| 11 | 2.32 | 1.22 | 69.50 | 69.50 | 24.40 | 62.02 | 22.78 | 30.11 | 46.28 | 1.59 |
| 12 | 2.34 | 1.17 | 67.50 | 67.50 | 27.57 | 66.51 | 19.45 | 27.44 | 49.68 | 1.51 |
| 13 | 2.38 | 1.23 | 71.75 | 71.75 | 23.64 | 58.48 | 17.14 | 36.79 | 57.61 | 1.32 |
| 14 | 2.30 | 1.27 | 69.25 | 69.25 | 27.00 | 76.63 | 22.75 | 34.88 | 56.37 | 1.35 |
| 15 | 2.56 | 1.49 | 70.00 | 70.00 | 28.17 | 67.75 | 21.69 | 23.40 | 56.38 | 1.35 |
| 16 | 2.33 | 1.24 | 70.50 | 70.25 | 28.49 | 83.78 | 22.47 | 32.63 | 52.21 | 1.45 |
| 17 | 2.29 | 1.29 | 72.00 | 72.00 | 26.93 | 74.63 | 19.76 | 38.06 | 59.63 | 1.27 |
| 18 | 2.17 | 1.16 | 69.75 | 69.75 | 27.08 | 67.90 | 22.50 | 34.41 | 55.58 | 1.37 |
| 19 | 2.32 | 1.21 | 70.00 | 70.00 | 17.75 | 48.51 | 17.40 | 32.01 | 54.62 | 1.39 |
| 20 | 2.28 | 1.23 | 72.50 | 72.50 | 20.35 | 54.31 | 17.33 | 33.80 | 56.73 | 1.34 |
| 21 | 2.33 | 1.37 | 69.25 | 69.25 | 24.00 | 70.53 | 21.69 | 32.09 | 55.23 | 1.38 |
| 22 | 2.29 | 1.30 | 71.75 | 72.25 | 24.14 | 69.94 | 22.68 | 26.43 | 54.21 | 1.40 |
| 23 | 2.54 | 1.38 | 73.75 | 73.75 | 22.57 | 66.52 | 17.83 | 24.83 | 57.39 | 1.33 |
| 24 | 2.32 | 1.31 | 74.25 | 74.25 | 23.00 | 63.91 | 19.43 | 36.74 | 57.90 | 1.31 |
| 25 | 2.21 | 1.24 | 72.25 | 72.25 | 24.57 | 69.56 | 21.45 | 33.48 | 56.78 | 1.34 |
| 26 | 2.28 | 1.23 | 72.50 | 72.50 | 28.07 | 64.88 | 17.16 | 36.41 | 54.99 | 1.38 |
| 27 | 2.21 | 1.25 | 73.00 | 73.00 | 23.80 | 59.32 | 21.39 | 33.03 | 52.54 | 1.44 |
| 28 | 2.41 | 1.34 | 71.25 | 71.50 | 26.64 | 71.13 | 22.77 | 28.17 | 52.95 | 1.43 |
| 29 | 2.34 | 1.24 | 70.75 | 71.00 | 25.43 | 65.47 | 20.73 | 30.26 | 50.64 | 1.49 |
| 30 | 2.36 | 1.32 | 71.50 | 72.00 | 26.38 | 69.84 | 20.24 | 39.17 | 61.12 | 1.34 |
| AN-417T1 | 2.24 | 1.11 | 69.75 | 69.75 | 20.78 | 60.75 | 17.66 | 35.86 | 57.38 | 1.33 |
| AN-423T2 | 2.37 | 1.25 | 68.75 | 68.75 | 30.43 | 77.28 | 22.59 | 27.23 | 48.85 | 1.53 |

*DMS = Diferencia mínima significativa

V. Conclusiones

Se encontraron diferencias estadísticas en las características agronómicas y de calidad forrajera entre los ciclos de primavera y verano; no así entre los genotipos.

1. El ciclo de primavera mostro valores más altos en todas las variables en ambos experimentos (SHTWQ 0523 Y SHTYQ 0525).
2. En cuanto a calidad forrajera en el ciclo de primavera se tiene menores atributos que en el ciclo de verano.
3. En rendimiento de forraje verde y materia seca ningún genotipo del experimento SHTWQ 0523 supero al testigo AN 423.
4. En Fibra Detergente Acida y Fibra Detergente Neutra los mejores genotipos se comportan igual al testigo AN 417.
5. En energía Neta de Lactancia el testigo AN 417 se encuentra en el grupo de mayor valor energético con 1.59 Mcal/kg de materia seca.
6. En el experimento SHTYQ 0525 tanto las variables RFV Y RMS tuvieron un comportamiento similar a lo observaron al experimento SHTWQ 0523. Ningún genotipo supero al testigo AN 423.
7. En Fibra Detergente Acida y Fibra Detergente Neutra un genotipo supero al testigo AN 423 con valores de 23.4 y 46.8 % respectivamente
8. En cuanto a ENL solo un tratamiento supero al testigo AN 423.

9. En relación a Rendimiento de Forraje Verde se rechaza la Ho.

10. En cuanto a calidad Forrajera se acepta la Ho.

VI. Literatura Citada

- Abate, A. & Abate, A. 1994. Performance of weaner lambs fed maize leaves and napier grass. In *2nd Biennial Conf. African Small Ruminant Res. Network*, p. 183-185. Addis Ababa, ILCA.
- Alexander, D.E. 1988. Breeding special nutritional and industrial types. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, 3rd ed., p. 869-880. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Allam, S.A., Hanafy, M.A., Abd El Baset, A. & Tabaka, A.S. 1993. Utilization of corn plant residues in feeding of growing lambs. *J. Agric. Sci. (Egypt)*, 18: 3241-3249.
- Allen, M., S Ford., J. Harrison., C. Hunt., J. Lauer., R.MUCK. And S. Souderland. 1995. Corn silage production, management and feeding. American Society of Agronomy. 1-41.
- Asche, G.L., A.J. Lewis, E.R. Peo, Jr., and J.D. and J.D. Crenshaw. 1985. The nutritional value of normal and high lysine corns for weanling and growing-finishing swine when fed at four lysine levels. *Journal of Animal Science* 60: 1412-1428.
- Asnani, V.L. 1970. *CIMMYT annual report 1969-1970*. Mexico, DF, CIMMYT.
- Bajtaj, I. 1991. Results of breeding baby sweet corn, a type suitable for canning. *Acta Ovar.*, 33: 31-36.
- Bal, M.A., Coors, J.G., and Shaver, R.D. 1997. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets dairy cows intake, digestion, and milk production. *J. Dairy Sci.* 80:2497-2503.
- Bar-Zur, A. & Saadi, H. 1990. Prolific maize hybrids for baby corn. *J. Hort. Sci.*, 65: 97-100.
- Bar-Zur, A. & Schaffer, A. 1993. Size and carbohydrate content of ears of baby corn in relation to endosperm type. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 118: 141-144.
- Beek, S.D. and R.G. Dado. 1998. Extent of digestion of high lysine corn of regular corn as a grain or silage in lactating Holsteins. *Proceedings of the*

- American Dairy Science Association and American Society of Animal Science Joint Meeting. 355p.
- Bittel, D.C., Shaver, J.M., Somers, D.A. & Gengenbach, B.G. 1996. Lysine accumulation in maize cell cultures transformed with a lysine insensitive form of maize dihydrodipicolinate synthase. *Theor. Appl. Genet.*, 92: 70-77.
- Bjarnason, M. & Vasal, S.K. 1992. Breeding of quality protein maize (QPM). *Plant Breed. Rev.*, 9: 181-216.
- Bockholt, A.J. & Rooney, L. 1992. QPM hybrids for the United States. In E.T. Mertz, ed. *Quality protein maize*, p. 111-121. St Paul, MN, USA, The American Association of Cereal Chemists.
- Bosch, L., Casanas, F., Ferret, A., Sánchez, E. & Nuez, F. 1994. Screening tropical maize populations to obtain semiexotic maize hybrids. *Crop Sci.*, 34: 1089-1096.
- Boyer, C.D. & Shannon, J.C. 1984. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. *Plant Breed. Rev.*, 5: 139-161.
- Brewbaker, J.L. 1971. Breeding tropical super-sweet corn. *Hawaii Farm Sci.*, 20: 7-10.
- Brewbaker, J.L. 1977. 'Hawaiian super-sweet # 9' corn. *HortScience*, 12: 355-356.
- Brewbaker, J.L. 1982. Genetic improvement in green corn. In S.C. Hsieh & D.J. Lieu, eds. *Plant Breeding: Proc. Symp. Plant Breeding*, p. 63-68. Taiwan, Province of China, Agriculture Association of China, SABRAO.
- Brewbaker, J.L. 1996. *Corn production in Hawaii*. Honolulu, HI, USA, University of Hawaii.
- Brewbaker, J.L. & Banafunzi, N. 1975. 'Hawaiian super-sweet # 6' corn. *HortScience*, 10: 427-428.
- Brewbaker, J.L., Larish, L.B. & Zan, G.H. 1996. Pericarp thickness of the indigenous races of maize. *Maydica*, 41: 105-111.
- Bunting, E.S. 1973. Crop physiological studies in maize. Eucarpia, 7th meeting of the Maize and Sorghum Section held in Zagreb-Stubice Toplice, Yugoslavia, 3-6 September. Part 2.

- Bunting, E.S., Pain, B.F., Phipps, R.H., Wilkinson, J.M., Gun, R.E. 1978. Forage Maize Production and Utilization. Agricultural Research Council. London, Great Britain. 133-149.
- Caimi, P.G., Mccole, L.M., Klein, T.M. & Kerr, P.S. 1996. Fructan accumulation and sucrose metabolism in transgenic maize endosperm expressing a *Bacillus amylo-liquefaciens* SacB gene. *Plant Physiol.*, 110: 355-363.
- Carrete J., Echeneiter, J., Rimieri, P. Y Devito, CX. 1997. Maíz para ensilaje: efecto del momento del momento de cosecha sobre la producción y el valor nutritivo del forraje Revista de Tecnología Agropecuaria. Pergamin. Estación Experimental Agropecuaria. Bra. 2(6):2-5.
- Carpentier, B. 1996. Le mais ensilage en France et en Europe. Colloge Mais Ensilage. Nantes, France 17-18 Septembre. Pp. 1-1.
- Casanas, F., Bosch, L., Sánchez, E., Ferret, A., Plaixats, J., Albanell, E. & Nuez, F. 1994. Introduction of tropical germplasm in forage maize breeding. *Invest. Agraria Prod. Prof. Veg.*, 9: 17-28.
- CEA. 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de maíz en México 1990-1999 Centro de Estadística Agropecuaria, SAGAR México. Pp. 10-19.
- Chalupa., W. 1995. Requerimientos de forrajes de vacas lecheras. Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. LALA. 19-28.
- Chutkaew, C. 1993a. Maize research and development in Thailand. In *Proc. 1st South-East Asian Maize Workshop*, Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand, p. 122-143.
- Chutkaew, C. 1993b. High oil hybrid corn developed from exotic and indigenous inbred lines. In *10th Australian Plant Breeding Conf.*, Gold Coast, Australia, Australian Pl. Br. Society.
- Chutkaew, C. & Paroda, R.S. 1994. *Baby corn production in Thailand - a success story*. Bangkok, APAARI, FAO.
- Chutkaew, C., Senanarong, N., Thiraporn, R., Pupipat, U., Kitbamroong, C., Jampatong, S., Aekatasawan, C., Grudloyma, P., Noradechanon, S., Lim-aroon, S., Juthathong, Y. & Sonwai, S. 1993. Development of hybrid corn in Thailand. In G. Granados, C. De León & J.E. Lothrop, eds. *Proc. 5th Asian Reg. Maize Work-shop*, Vietnam, p. 130-142. Bangkok, CIMMYT, ARMP.

- Clore, A.M., Dannenhoffer, J.M. & Larkins, B.A. 1996. EF1A is associated with a cytoskeletal network surrounding protein bodies in maize endosperm cells. *Pl. Cell*, 8: 2003-2014.
- Coors, J.G., Carter, P.R., Hunter, R.B. 1994. Silage Corn. In: Speciality cors. Hallauer A.R. ed. CRC Press INC. Iowa USA. 305-339.
- Denium, B., Struick, P.C. 1985. Improving the nutritive value of forage maize. Proc. 13th Congress Maize and Sorghum Section of Eucarpia; 9-12 September. Wageningen, the Netherlands. Pp. 77-90.
- Díaz, G.C. 1993. *Utilización del maíz chala en la alimentación de vacas lecheras*. Pro-yecto transformación de la tecnología agropecuaria, Fundación para el desarrollo del agro, Lima. 1: 202-204.
- Donald, C.M. 1968. The Breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 17, 385-403.
- Donald, C.M. y Hamblin, J. 1976. The biological yield a harvest index for cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy*. 28:361-406.
- Dudley, J.W. & Lambert, R.J. 1992. Ninety generations of selection for oil and protein in maize. *Maydica*, 37: 81-87.
- Dudley, J.W., Lambert, R.J. & Alexander, D.E. 1974. Seventy generations of selection for oil and protein concentration in the maize kernel. In J.W. Dudley, ed. *Seventy genera-tions of selection for oil and protein in maize*. Madison, WI, USA, Crop Science Society of America.
- Erwin, E.T. 1951. Sweet corn: mutant or historic species? *Econ. Bot.*, 5: 302.
- Evans, L.T. 1975. *Crop physiology: Some case histories*. Cambridge University Press. London, Great Britain.
- Falconer, D.S. 1961. Introduction to quantitative genetics, pp. 365. Edinburgh: Oliver & Boyd Ltd.
- FIRA. 1986. El cultivo del Maíz Forrajero. Boletín Informativo 18-178. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Recursos Hidráulicos. México, D.F. p. 15-25
- FIRA 1999. Oportunidades de Desarrollo del Maíz Mexicano. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. México, D.F.

- Frasnay, G 1985. Quels criteres de choix por une variete ensilage. *Revista Agronomis Jonvier*. Pp. 31-33.
- Galina, M.A., Pacheco, D. & Hummel, J. 1995. Fattening goats with sugarcane sprouts, corn stubble, protein concentrate, molasses and urea. *Small Rum. Res.*, 18: 227-232.
- Galinat, W.C. 1971. *The evolution of sweet corn*. Mass. Agric. Exp. Sta. Bull. 591.
- Galinat, W.C. & Lin, B.Y. 1988. Baby corn production in Taiwan and future outlook for production in the United States. *Econ. Bot.*, 42: 132-134.
- Galinat, W.C. 1995. The Origin Maize: Grain of humanity. *Economic Botanic*. 49(1) 3:12.
- Geiger, H.H., Seitz, G., Melchinger, A.E. & Schmidt, G.A. 1992. Genotypic correlations in forage maize. I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. *Maydica*, 37: 95-99.
- Genter, C.F. 1960. Corn and another crop for silage in Virginia. Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin 516, p.37.
- Gevers, H.O. & Lake, J.K. 1992. Development of modified opaque-2 maize in South Africa. In E.T. Mertz, ed. *Quality protein maize*, p. 49-78. St Paul, MN, USA, The American Association of Cereal Chemists.
- Goodman, M.M. & Brown, W.L. 1988. Races of maize. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, 3rd ed., p. 33-79. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Gunn, R.E., Webb, P.J. 1978. Maize. Plant Breeding Institute, Cambridge. Annual Report for 1977, pp. 71-79.
- Habben, J.E., Moro, G.L., Hunter, B.G., Hamaker, B.R. & Larkins, B.A. 1995. Elongation factor 1x concentration is highly correlated with the lysine content of maize endosperm. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 92: 8640-8644.
- Herrera, R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de forraje 2º Taller Nacional de Especialidades de Maíz. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. P. 133-138.
- Herrera, R. 1999. La importancia de la calidad en los maíces y sorgos seleccionados para forraje y su efecto en la producción y costos de

- alimentación. V Ciclo Internacional de conferencias sobre nutrición y manejo LALA-1999. Pp. 148.
- Hohis, T., Shanahan, P.E., Clarke, G.P. & Gevers, H.O. 1996. Genetic control of kernel modification in South African quality protein maize inbred lines. *Euphytica*, 87: 103-109.
- Huber, J. T. and Thomas, J.W. 1971b. Urea Treated corn silage in low protein rations. *Journal of Dairy Science*, 54, 224-230.
- Huber, J.T. and Santana, O.P. 1972. Ammonia treated corn silage for dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 55, 489-493.
- Huber, J.T., Graf, G.C. and Engel, R.W. 1963. The effect of stage of maturity on the nutritive value of corn silage. *Journal of Dairy Science*, 46, 617 (Abstr.).
- Hunt, C.W., W Kezar, and R. Vinande. 1992. Yield, chemical composition, and rumial fermentability of corn whole plant. Ear. And Stover as Affected by Hybrid. *J. Prod. Agric.* %:286-289.
- Ito, G.M. & Brewbaker, J.L. 1991. Genetic analysis of pericarp thickness in progenies of eight corn hybrids. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 116: 1072-1077.
- Jaramillo V. 1992. La Importancia Forrajera del Maíz. III Simposio Nacional sobre Maíz. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero, SARH. Guadalajara, Jal. México.
- Jarumayan, M.A. & Baldos, D.P. 1993. Young cob corn production as influenced by planting density and detasseling. *Philipp. Agric.*, 75: 47-51.
- Jugenheimer, R.W. 1976. *Corn Improvement, Seed Production and Uses*, pp. 670. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Jugenheimer, W. R. 1981. *Maíz: Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas*. LIMUSA. México. P. 225-232.
- Kata, S.R., Taylor, B.H., Bockholt, A.J. & Smith, J.D. 1994. Identification of opaque-2 genotypes in segregating populations of quality protein maize by analysis of restriction fragment length polymorphisms. *Theor. Appl. Genet.*, 89: 407-412.

- Kezar, W.W. 1998. Uso exitosos del ensilaje de maíz de alta calidad por lecheros en el oeste de los Estados Unidos. En: Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. LALA. Torreón, Coahuila, México. Pp. 9-18.
- Kuc, J. & Nelson, O.E. 1964. The abnormal lignins produced by the brown midrib mutants of maize. I. The brown midrib mutant. *Arch. Biochem. Biophys.*, 105: 103.
- Lacount, D.W., Drackley, J.K., Cicela, T.M. & Clark, J.H. 1995. High oil corn as silage or grain for dairy cows during an entire lactation. *J. Dairy Sci.*, 78: 1745-1754.
- Lee, C.K. 1988. Development of tropical adapted sweet corn varieties in Malaysia. In C. De Leon, G. Granados & R.N. Wedderburn, eds. *Proc. 3rd Asian Reg. Maize Workshop*, p. 84-88. Bangkok, CIMMYT, ARMP.
- Llanos C.M. 1984. El maíz su cultivo y Aprovechamiento. Ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. Pp. 63-65.
- Lópes, M.A. & Larkins, B.A. 1991. Gamma-zien content is related to endosperm modification in Quality Protein Maize. *Crop Sci.*, 31: 1655-1662.
- Lópes, M.A. & Larkins, B.A. 1995. Genetic analysis of opaque 2 modifier gene activity in maize endosperm. *Theor. Appl. Genet.*, 19: 274-281.
- Lópes, M.A., Takasaki, K. & Larkins, B.A. 1995. Identification of two opaque 2 modifier loci in quality protein maize. *Mol. Gen. Genet.*, 247: 603-613.
- Lozano Del Riò, J. A. 2000. Competencia Intraespecifica e Interespecifica en mezclas de especies forrajeras anuales. PhD. Tesis. UAAAN. México. Pp. 46-48.
- Magnavaca, R., Larkins, B.A., Schaffert, R.E. & Lópes, M.A. 1993. Improving protein quality of maize and sorghum. *International crop science I*, p. 649-653. Madison, WI, USA, Crop Science Society of America.
- Magnavaca, R., Oliveira, A.C., Morais, A.R., Gama, E.E.Ge. & Santos, M.Dd. 1989. Family hybrid selection of quality protein maize. *Maydica*, 34: 63-71.
- Mangelsdorf, P.C. 1974. *Corn: its origin, evolution and improvement*. Cambridge MA, USA, Belknap/Harvard University Press.

- Masana, L.F., Pino, L.T. & Mamaril, V.R. 1993. Preliminary test/evaluation of baby corn. *Philipp. J. Plant Ind.*, 44-56: 1-14.
- Mertz, E.T., Bates, L.S. & Nelson, O.E. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280.
- Milthorpe, L.F. y J. Moorby. 1974. An Introduction to crop physiology. Cambridge University Press. London, Great Britain.
- Miller, R.L., Dudley, J.W. & Alexander, D.E. 1981. High intensity selection for percent oil in corn. *Crop Sci.*, 21: 455-457.
- Misevic, D., Alexander, D.E., Dumanovic, J. & Ratkovic, S. 1985. Recurrent selection for percent oil in corn. *Genetika*, 17: 97-105.
- Moro, G.L., Habben, J.E., Hamaker, B.R. & Larkins, B.A. 1996. Characterization of the variability in lysine content for normal and opaque 2 maize endosperm. *Crop Sci.* (in press)
- Moro, G.L., López, M.A., Habben, J.E., Hamaker, B.R. & Larkins, B.A. 1995. Phenotypic effects of opaque 2 modifier genes in normal maize endosperm. *Cereal Chem.*, 72: 94-99.
- Morrison, F.B. 1956. Feeds and Feeding, 22nd Edn. Ithaca, New York: Morrison Publishing Co.
- Muller, L. D., Colenbrander, V.F. 1969. Chemical characteristics of an Opaque-2 corn variety. *Journal of Animal Science*, 29, 181 (abstr).
- National Academy Press 1988. Quality-Protein Maize. Pp. 16-34, 56-79.
- Nelson, O.E. 1980. Genetic control of poly-saccharide and storage protein synthesis in the endosperm of barley, maize, and sorghum. In Y. Pomeranz, ed. *Advances in cereal science and technology*, vol. 3. St Paul, MN, USA, American Association of Cereal Chemists.
- Núñez, H. G. 1993. El maíz en la década de los 90s. En Memorias del Primer Simposium Internacional y Cuarto Nacional. Zapopan, Jalisco. Pp. 305-309.
- Núñez, H. G. E. Contreras., R Fas., y R. Herrera. 1998b. Producción de maíz para ensilaje con un alto valor energético y su impacto en la producción

- de leche. En: IV Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo LALA. Torreón Coahuila, México. Pp. 32-40.
- Núñez, H.G. E. Contreras., R Faz., y R. Herrera. 1998c. Como determinar el momento optimo de corte en maíz para ensilaje. Avances de investigación y demostración de forrajes. INIFAP-SAGAR Pp. 5-9.
- Perry, T.W. 1988. Corn as a livestock feed. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, 3rd ed., p. 941-963. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Phipps, R. H. and Cramp, D. G. (1977). The use of maize silage and non-protein nitrogen additive for autumn calving cows. *Journal of British Grassland Society*, 33, 19-22.
- Phipps, R.H. and Cramp, D.G. (1977) Studies on forage maize. PhD Thesis University of Reading, UK.
- Pinter, L. 1985. Ideal Type of forage Maize hybrid (*Zea mays* L.) En: O. Dolstra; P. Miedema (Edo.) Breeding of silage maize proceeding of the 13th congress of the maize and sorghum section of Eucarpia 1986 Center of Agriculture Publishing documentation, Wageningen, Netherlands. Pp. 123-130.
- Pinter, L., Alfoldi, Z., Burucs, Z. & Paldi, E. 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agron. J.*, 86: 799-804.
- Pixley, K.V. & Bjarnason, M. 1993. Combining ability for yield and protein quality among modified endosperm opaque-2 tropical maize inbreds. *Crop Sci.*, 33: 1229-1234.
- Poehlman, J.M. 1987. *Breeding field crops*. Westport, CT, USA, AVI Publishing Company.
- PROGRESA. 1995. Gobierno de la República. México, D.F.
- Promson, S. 1987. *Comparison of hybrid and open pollinated varieties of baby corn*. Bangkok, Kasetsart University.
- Promson, S., Lavapaurya, T., Subhadrabandhu, S. & Chutkaew, C. 1990. Population improvement of baby corn Composite 1 DMR by S1 and full-sib selection. *Kasetsart J. Natur. Sci.*, 24: 417-423.

- Reta S.D.G. J.S. Carrillo A. Gaitán M. E. Castro M. J.A. Cueto W. E. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. INIFAP, CIRNOC. CAELALA. Torreón Coahuila, México.
- Reyes, C.P. 1990. El maíz y su cultivo. A.G.T. editor, S.A. México. Pp.460.
- Romero, F. E. 1996 El manejo del suelo para incrementar la producción de los forrajes. LI Ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero Grupo Industrial LALA. Nov. 21-13. Gómez Palacio Dgo. Pp. 10-22.
- Saratlic, G. & Rosulj, M. 1994. Synthetic populations with high oil content as sources for extracting parental lines for high oil hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Selekcija i Semearstvo* (Yugoslavia), 1: 57-59.
- Semenye, P.P., Shisya, M. & Getz, W.R. 1994. Overcoming the constraints of dry matter intake on dual-purpose goat production by feeding defoliated maize leaves. In *2nd Biennial Conf. African Small Ruminant Res. Network*, p. 35-38. Addis Ababa, ILCA.
- Sira-arequipa. 2005. Ficha técnica cultivo maíz forrajero. http://www.sira-arequipa.com.pe/tecnicas/maiz_forrajero_got_asp_antony.pdf.
- Sprague, G.F. 1955. Corn breeding. In *Corn and Corn Improvement*, Pp. 221-292 (Ed.) G.F. Sprague. New York: Academic Press Inc.
- Struik, P.C., Denium, B., 1990. The ideotype for forage maize. Proc. XVth Eucarpia Maize and Sorghum Section Congress; June 4-8. Baden near Vienna. Austria. Pp. 223-234.
- Szalay, D. 1990. Developing prolific baby-type maize hybrids for canning. *Zoldsegetermesztes Kutato Intezet Bulletinje*, 23: 131-137.
- Tollencar, M. 1977 Sink-source relationships during reproductive development in maize. A review. *Maydica*, 22, 49-75.
- Tosquy vos G castañon N, M sierra M, FA Rodríguez M (1998) aptitud combinatoria general y especifica de líneas de maíz usando como probadores cruza simples en el estado de Veracruz. *Agric. Téc. Mex* 24(1): 3-10

- Tracy, W.F. 1990. Potential contributions of five exotic maize populations to sweet corn improvement. *Crop Sci.*, 30: 918-923.
- Tracy, W.F. 1994. Sweet corn. In A.R. Hallauer, ed. *Specialty corns*, p. 147-187. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Tracy, W.F. & Galinat, W.C. 1987. Thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. *Hort Science*, 22: 645-647.
- Ulyatt, M.J., 1981. The Feeding value of forage can it be improved N.Z.J. Agric. Sci., 15:200-205.
- Vasal, S.K. 1994. High quality protein corn. In A.R. Hallauer, ed. *Specialty corns*, p. 79-121. Boca Raton, FL, USA, CRC Press.
- Vasal, S.K., Villegas, E., Bjarnason, M., Gelaw, B. & Goertz, P. 1980. Genetic modifiers and breeding strategies in developing hard endosperm opaque-2 materials. In W.G. Pollmer & R.H. Phipps, eds. *Improvement of quality traits of maize for grain and silage use*, p. 37-71. The Hague, Netherlands, Nijhoff.
- Velásquez CG, F Castillo G, JD Molina G, JL Arellano (1992) Aptitud combinatoria y efectos recíprocos en líneas de endogamia. *Agro ciencia S fitociencia* 3 (1): 111-123
- Velda, C.E. 1985. Maize for silage in the Netherlands. En: O. Dolstra; P. Miedema (Edo.) Breeding of silage maize proceeding of the 13th congress of the maize and sorghum section of Eucarpia 1986 Center of Agriculture Publishing an documentation, Wageningen, Netherlands. Pp. 3-15.
- Vietmeyer, N.D., ed. 1988. *Quality protein maize*. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation, Board on Science and Technology for International Development, National Research Council, USA. Washington, DC, National Academic Press.
- Villegas, E., Vasal, S.K. & Bjarnason, M. 1992. Quality protein maize - what is it and how was it developed. In E.T. Mertz, ed. *Quality protein maize*, p. 27-48. St Paul, MN, USA, The American Association of Cereal Chemists.
- Watson, D.J. 1952 The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.* 4: 101-145.

Wellhausen, E.J., Roberts, L.M. & Hernández, X.E. 1952. *Races of maize in Mexico*. Cambridge, MA, USA, Bussey Institute, Harvard University.

Zhao, W.Q. 1991. Maize cultivar Ji Te 3. *Crop Genet. Res.*, 1: 48.

INTERNET

<http://www.fao.org/doi/docrep/003/x7650s/x7650s20.html>

<http://www.invdes.com.mx/suplemento/anteriores/Septiembre2000/htm/maiz.html>

<http://www.tierramerica.net/2000/0917/preguntas.html>