

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**RESPUESTA AGRONÓMICA Y DE CALIDAD NUTRICIONAL DE ONCE
HÍBRIDOS DE MAIZ FORRAJERO (*Zea mays L.*) DE CICLO PRECOZ
EVALUADOS EN LA REGION LAGUNERA**

POR:

RUBÉN ANTONIO VERA TOLEDO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2009

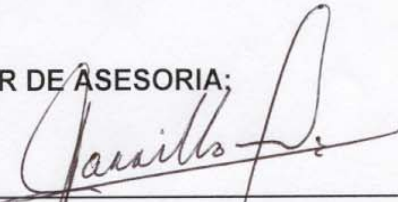
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
"UNIDAD LAGUNA"
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. RUBÉN ANTONIO VERA TOLEDO ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA:

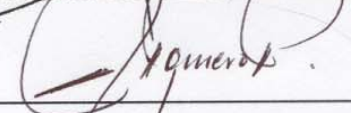
ASESOR PRINCIPAL:


MC. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

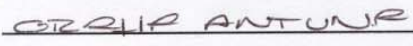
ASESOR:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:

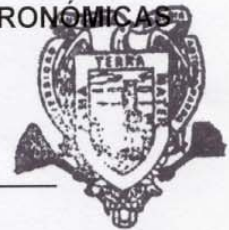

MVZ. JAIME I. ROMERO PAREDES-RUBIO

ASESOR:


MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DEL 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
"UNIDAD LAGUNA"
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. RUBÉN ANTONIO VERA TOLEDO QUE SE SOMETE A
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


MC. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

VOCAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA


VOCAL:

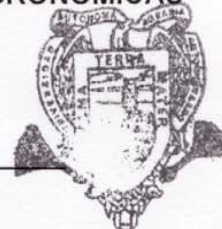

MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

VOCAL SUPLENTE:


ING. ENRIQUE L. HERNANDEZ TORRES

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
DICIEMBRE DEL 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por darme la vida y sus bendiciones y permitirme lograr realizar una de mis metas que es terminar satisfactoriamente este trabajo que conlleva al inicio de mi carrera.

A mi virgen de Guadalupe por que en ella encontré apoyo cuando mas lo necesitaba y siempre me dio el valor y fuerzas necesarias para seguir adelante con mis estudios en los momentos más difíciles.

A mis asesores:

M.C. José S. Carrillo Amaya, GRACIAS por brindarme toda confianza, la ayuda posible que me brindo, la calma para guiarme en mi trabajo. Dr. Armando Espinoza banda, M.C. Oralia Antuna G. y colaboradores GRACIAS por su confianza y ayuda brindada.

A mi Alma Terra Mater:

Por ser la casa donde adquirí los conocimientos necesarios y brindarme la oportunidad de prepararme y terminar mis estudios.

A mis compañeros y amigos todos:

Gilbert Pérez Roblero, Idalmar Muñoz H., Raúl C. Verdugo Pérez, Hugo D. Chacon C., Ulises S. L., Juan D. Montes G., etc. Gracias por compartir 4 años y medio de compañerismo y de amistad.

DEDICATORIA

A mis padres:

Marvel Vera Aguilar y María del Carmen Toledo Velásquez

A ti papá por haberme dado todo y más con el único afán de sacarme adelante gracias por brindarme todo el amor el cual me dio las fuerzas necesarias para vencer las barreras que día a día se presentaban, por tus muchos y muy sabios consejos los cuales nunca voy a olvidar a ti te debo gran parte de lo soy. Te amo papá

A ti madre por haberme dado la vida, guiarme por el camino correcto, darme una educación muy adecuada, tus regaños y muchos sabios consejos los cuales siempre tome y tomare en cuenta gracias por darme todo eres tu junto con mi padre y hermanas los más grandes amores. Te amo mamá.

A mis hermanas: Elizbeth, Fabiola, Marbella y Marisol.

Gracias chiquillas por darme siempre su apoyo durante mi carrera y etapas de mi vida ustedes son fuente de inspiración que siempre me daban fuerzas para seguir con ganas hacia delante gracias por todo, las amo.

A mis abuelos: Rubén Vera Torres y María Teresa Aguilar

Por todos sus sabios consejos y regaños que me enseñaron a valorar cada una de las cosas que tenemos, por apoyarme cuando más lo necesitaba hasta terminar mi carrera.

A mi novia: Verónica Alfonso Cruz

Gracias amor por apoyarme siempre, por estar conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida, por compartir tantas cosas, por ser parte de mi y ayudarme con tus consejos a terminar satisfactoriamente mi carrera TE AMO CHAPARRITA, TE AMO.

INDICE DE CONTENIDO

Página

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	III
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Metas.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2. Generalidades del maíz.....	3
2.1 Origen del maíz.....	3
2.2. El maíz como cultivo forrajero.....	3
2.3. Importancia del cultivo de maíz.....	6
2.4. Clasificación taxonómica.....	8
2.5. Descripción botánica y morfológica.....	9
2.5.1. Descripción morfológica.....	9
2.5.2. Sistema radical.....	9
2.5.3. Tallo.....	9
2.5.4. Hojas.....	10
2.5.5. Flores.....	11
2.5.6. Fruto.....	12
2.5.7. Fisiología del maíz.....	12

2.5.8. Características de una planta forrajera ideal.....	13
2.6. Calidad nutricional del maíz.....	14
2.6.1. Materia seca.....	14
2.6.2. Energía neta de lactancia.....	15
2.6.3. Fibra detergente acida.....	15
2.6.4. Fibra detergente neutra.....	15
2.6.5. Digestibilidad.....	16
2.6.6. Consumo de materia seca.....	17
2.6.7. Valor relativo del alimento.....	17
2.7. Factores que determinan la producción y calidad nutricional del maíz.....	18
2.7.1. Temperatura.....	18
2.7.2. Humedad.....	19
2.7.3. Radiación solar.....	19
2.7.4. Viento.....	20
2.7.5. Fotoperiodo.....	20
2.7.6. Precipitación.....	21
2.7.7. Evaporación.....	21
2.8. Factores edáficos.....	21
2.8.1. Preparación del terreno.....	22
2.8.2. Barbecho.....	22
2.8.3. Rastreo.....	22
2.8.4. Nivelación.....	23
2.8.5. Densidad de población.....	23
2.8.6. Riegos y calidad de agua.....	24

III. MATERIALES Y METODOS.	25
3. Localización del modulo demostrativo.	25
3.1 Clima.	25
3.2 Precipitación.	25
3.3 Material genético.	25
3.4. Siembra.	26
3.5. Riegos.	27
3.6. Fertilización.	27
3.7. Control de plagas.	28
3.8. Registro de características agronómicas de planta.	30
3.8.1. Floración masculina.	30
3.8.2. Floración femenina.	30
3.8.3. Altura de planta.	30
3.8.4. Altura de mazorca.	30
3.8.5. Plantas estériles.	31
3.9. Cosecha.	31
3.10. Análisis bromatológico.	32
3.11. Análisis de varianza.	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	36
4.1. Características agronómicas.	36
4.1.1. Peso húmedo de mazorca.	36
4.1.2. Peso húmedo de tallo.	37
4.1.3. Peso húmedo de hojas.	37
4.1.4. El rendimiento de forraje fresco por hectárea.	38
4.1.5. Peso húmedo de mazorca.	39
4.1.6. Peso húmedo de tallo.	40
4.1.7. Peso húmedo de hojas.	40
4.1.8. Rendimiento de materia seca.	41

4.1.9. Peso seco de mazorca.....	42
4.2. Peso seco de tallo.....	43
4.2.1. Peso seco de hojas.....	43
4.2.2. Peso seco de mazorca.....	45
4.2.3. Peso seco de tallo.....	45
4.2.4. Peso seco de hojas.....	46
4.2.5. Porcentaje de materia seca.	46
4.2.6. Días a floración masculina.	48
4.2.7. Días a floración femenina.	48
4.2.8. Altura de planta.....	48
4.2.9. Altura de mazorca.....	49
4.3. Plantas cosechadas por hectárea.....	49
4.3.1. Plantas estériles.....	50
4.4. Características de calidad.....	51
4.4.1. Fibra detergente acida.	51
4.4.2. Fibra detergente neutra.....	52
4.4.3. Energía neta de lactancia.	55
4.4.4. Digestibilidad.....	56
4.4.5. Consumo de materia seca.	58
4.4.6. Valor relativo del alimento.....	58
4.5. Análisis de varianza.	61
4.6. Análisis de correlación.	62
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. BIBLIOGRAFIA.....	66

ÍNDICE DE CUADROS

	Paginas
Cuadro 2.1. Clasificación taxonómica del maíz (Reyes, 1990).....	8
Cuadro 2.2. Composición promedio de un cariósido de maíz perteneciente a la especie <i>Zea mays</i> . L.	12
Cuadro 3.1. Híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz en el módulo demostrativo. UAAAN – UL 2008.....	26
Cuadro 3.2. Aplicación de las diferentes dosis de fertilizantes y época de aplicación en maíz forrajero, parcela demostrativa P.P. Dulce María, UAAAN-UL. 2008.	27
Cuadro 3.3. Control de plagas realizado en maíz forrajero parcela demostrativa P.P. Dulce María, UAAAN-UL. 2008.	28
Cuadro 3.4. Solución para determinación de fibra ácido detergente.	33
Cuadro 3.5. Solución para análisis de fibra neutro – detergente.	34
Cuadro 4.1. Promedios de tres características agronómicas y rendimiento de forraje fresco de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008.	39
Cuadro 4.2. Aportación de diferentes partes estructurales de la planta al rendimiento total de forraje fresco de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL 2008.	41

Cuadro 4.3. Promedios de tres características agronómicas y rendimiento de materia seca de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008.	44
Cuadro 4.4. Aportación de diferentes partes estructurales de la planta y porcentaje de materia seca, al rendimiento total de materia seca de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008.	47
Cuadro 4.5. Promedios de seis características agronómicas de 10 híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.	50
Cuadro 4.6. Promedios de dos variables de calidad y rendimiento de forraje fresco y materia seca de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008.	54
Cuadro 4.7. Valores de (FDA y FDN) Van Soest y de la alfalfa en diferentes estados fenológicos obtenidos de las tablas del NRC.	54
Cuadro 4.8. Promedios de dos variables de calidad y rendimiento de forraje fresco y materia seca de 10 híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.	57
Cuadro 4.9. Valores de Energía Neta de Lactancia de la Alfalfa en diferentes estados Fenológicos obtenidos de las tablas del NRC.	57
Cuadro 4.10. Promedios de dos variables de calidad y rendimiento de forraje fresco y materia seca de 10 híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL, 2008.	60

Cuadro 4.11. Valores de Valor Relativo de Forraje de la Alfalfa en diferentes estados Fenologicos obtenidos de las tablas del NRC.	60
Cuadro 4.12. Cuadrados medios y significancia para seis características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz vs un testigo regional evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.....	61
Cuadro 4.13. Cuadrados medios y significancia para cuatro características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz vs un testigo regional evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.....	62
Cuadro 4.14. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para un componente agronómico y cuatro variables de calidad de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz vs un testigo regional evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.	62
Cuadro 4.15. Catorce variables correlacionadas de características Agronómicas y de calidad de forraje de 10 híbridos vs un testigo Regional de maíz forrajero, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.	63

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo durante primavera – verano de 2008, en La PP. Granja Dulce María, en el sector agrícola La Popular, Municipio de Gómez Palacio, Durango; Donde se evaluaron once híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz, en comparación con un testigo, el objetivo fue determinar el comportamiento agronómico de los híbridos en cuanto a capacidad de rendimiento y calidad nutricional del forraje en las condiciones agroclimáticas de la Comarca Lagunera.

Se estableció un híbrido por tendida de 9.0 m de ancho por 120 m de largo, la siembra fue el 14 de abril, utilizando una sembradora de precisión marca gaspardo, de cuatro unidades de siembra; la densidad fue de aproximadamente 105 mil plantas por hectárea, para lograr esto se calibró a 7 u 8 semillas por metro lineal.

La fertilización inicial fue una mezcla de 200 kilogramos de entec (52 – 00 – 00) más 200 kilogramos de nitrofoska (24 – 24 – 34) la mezcla de fertilizante se le agregaron 20 kilogramos de insecticida granulado para el control de plagas de suelo como gallina ciega, gusano de alambre, así como gusano cogollero y gusano barrenador.

La determinación de la calidad de forraje se hizo a través de análisis bromatológico, el cual proporcionó resultados en cuanto a fibra detergente ácida y fibra detergente neutra, estos datos se utilizaron para determinar el contenido de Energía Neta de Lactancia, Digestibilidad, Consumo de Materia Seca y Valor Relativo del Alimento.

Los híbridos con mayor rendimiento de forraje, fresco fueron HT-9019, SRM-2120 y G-8285(T). Así mismo, los híbridos con mayor rendimiento de materia seca fueron HT9019, G-8222 y HT-7887.

Los híbridos que sobresalen en calidad de fibras, energía neta de lactancia, digestibilidad, consumo de alimento y valor relativo del alimento fueron HT-7887, G-8222 y DAS-2348.

El híbrido testigo fue uno de los más rendidores de forraje fresco por hectárea y en general obtuvo buen rendimiento y calidad nutricional del forraje.

Palabras clave: Maíz, híbrido, rendimiento, calidad y forraje.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América. En nuestro país se calcula que esta especie cubre alrededor de 51% del área total que se encuentra bajo cultivo, respecto a la producción mundial por especies cultivadas, el maíz ocupa el tercer lugar con una superficie total de 105'142,000 hectáreas y un rendimiento total de 214'760,000 toneladas de maíz en grano. La importancia de esta especie cultivada no solo estriba en la producción de grano para consumo humano, ya que una considerable cantidad se dedica a la alimentación pecuaria en forma de forraje.

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

Por lo general, los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca y poco interés se ha puesto en mejorar su calidad nutritiva. Los datos indican que existe amplia variabilidad genética en la digestibilidad del rastrojo, grano, tallo y hojas en los híbridos en uso, así como en el contenido de fibra detergente neutra de hojas y tallos, factible de ser explotada genéticamente. Adicionalmente se ha determinado que la variabilidad genética de la digestibilidad es mayor en la parte vegetativa que en el grano, de tal manera que la selección por calidad del follaje podría favorecer avances más notables. Hay también ejemplos en los cuales no se ha encontrado variación genética para digestibilidad del grano, ni de la planta total, ni interacción genética con el ambiente, pero sí diferencias importantes en producción de materia seca total y del follaje.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente y por la necesidad de brindarle al ganado una alimentación de buena calidad proteica para obtener una alta producción de leche y ganancias para el productor se plantea lo siguiente:

1.1 Objetivos

Determinar el comportamiento agronómico de los híbridos en cuanto a capacidad de rendimiento y calidad nutricional del forraje en las condiciones agroclimáticas de la Comarca Lagunera.

Obtener información agronómica de planta y manejo que permita confirmar la capacidad de adaptación y de producción de los diferentes híbridos.

1.2 Hipótesis

Ho: Al menos un híbrido es superior al testigo utilizado, en capacidad de producción de forraje, calidad nutricional y otras características agronómicas.

Ha: Ninguno de los híbridos evaluados superan al testigo de prueba utilizado en este trabajo

1.3 Metas

Identificar genotipos iguales o superiores en capacidad de adaptación y potencial de rendimiento a los actualmente recomendados para siembras comerciales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. Generalidades del maíz forrajero

2.1 Origen del maíz

La planta de maíz se deriva del teocintle (*Zea mays* spp. Mexicana) que crece de manera silvestre en Mesoamérica. Existen estudios en México en los que estas pequeñas mazorcas, encontradas en cuevas de la región árida de Tehuacán, fueron fechadas por análisis de carbono radiactivo, alrededor de 5000 años a.c. En la época precolombina el maíz se introdujo en Sudamérica, donde también tuvo un amplio proceso de domesticación. Como resultado, el maíz es una especie que presenta varios centros de diversificación que va desde México hasta Sudamérica. Greenpeace, 2000.

El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, que se cultivaba en zonas de México y América central. Hoy en día su cultivo está muy diseminado por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. Infoagro, 2007.

2.2 El maíz como cultivo forrajero

El maíz forrajero es cultivado en forma extensiva para la alimentación de ganado. Se recoge y se ensila para suministro en épocas de no pastoreo, la siembra se efectúa a altas poblaciones si se utiliza como alimento en verde, de manera que la densidad de siembra es de 30 a 35 Kg/ha se siembra en hileras con una separación de 70 a 80 cm y con siembra a chorrillo, se recogen variedades con alta precocidad para mejorar desarrollo de la planta. El valor nutritivo del ensilaje destaca por su valor energético, tanto en proteínas como en sales minerales, el contenido de materia seca del maíz ensilado se consigue con un forraje bien conservado. Infoagro, 2007.

El creciente aumento de la demanda de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias que identifiquen fuentes de germoplasma y se aproveche el potencial genético existente a través de programas de desarrollo genético para mayor producción y calidad forrajera. Peña *et al.*, 2004.

Los maíces forrajeros se diferencian de los graníferos por el desarrollo de la parte aérea, el llenado del grano, el mantenimiento de la planta verde en el momento de corte, el porcentaje de materia seca, la digestibilidad y el consumo animal. El ensilaje de maíz es considerado como un alimento energético y su valor nutritivo está en función de la digestibilidad y de los factores que la afectan. Un criterio de selección es el uso del carácter materia seca digestible. El valor forrajero de las líneas endocriadas está determinado no sólo por su rendimiento, sino también por su capacidad de producir combinaciones híbridas superiores al cruzarse entre sí, siendo la prueba de la aptitud combinatoria general la que determina dicho valor. La heterosis manifiesta en cada cruce representa la aptitud combinatoria específica. Funaro, 2007.

La cosecha para forraje debe realizarse cuando los granos de maíz se encuentran en estado lechoso, de preferencia en el último, por ser cuando se obtiene el equilibrio de la máxima calidad y el óptimo rendimiento. Bajo estas condiciones, el forraje verde contiene aproximadamente el 70% de humedad y un óptimo contenido de hidratos de carbono fácilmente fermentable y aprovechable si se somete a ensilar. Se ha demostrado que el forraje verde que se cosecha después de la época oportuna para realizar el corte, disminuye la proteína bruta y aumenta la celulosa, lo que determina una reducción gradual del valor nutritivo. Robles, 1983.

Un buen maíz forrajero debe poseer las siguientes cualidades: el rendimiento de forraje verde mayor de 50 ton/Ha, rendimiento de forraje seco o materia seca mayor a 25%, valor relativo de forraje mayor a 120, energía neta de lactancia mayor a 1.45 MgCal/Kg, digestibilidad de la materia seca mayor a 65%, contenido de fibra detergente ácido menor al 30% y contenido de fibra detergente neutra menor a 60%. Vergara, 2002.

El ensilaje es utilizado con dos objetivos: cubrir el requerimiento de animales en el periodo invernal y balancear nutritivamente en el aporte de las praderas durante la época en que estas presentan déficit de energía.

Existen varias razones que explican la creciente adopción del ensilaje de planta entera de maíz por parte de los productores: alta producción de materia seca por hectárea, produce más energía digestible por hectárea que cualquier otro cultivo forrajero, excelente aptitud para el ensilado por su alto contenido de carbohidratos no estructurales solubles y la baja capacidad buffer o tampón y además, permite una mayor independencia de las condiciones climáticas para su confección comparado con otros sistemas de conservación forrajera . Daña *et al.*, 2005.

La calidad de la planta ha sido poco considerada en el mejoramiento genético, dado que se buscó incrementar el rendimiento en grano y la rusticidad del tallo aumentando el contenido de componentes estructurales, por ejemplo la fibra. Entre los factores que afectan la calidad nutritiva del ensilaje de maíz, destacan el contenido y calidad de grano, tallo y hojas, componentes que están estrechamente relacionados con la concentración y la digestibilidad de la pared celular, así mismo las decisiones de manejo del cultivo y de la práctica del ensilado, densidad de plantas a cosecha, tipo de híbrido, momento y altura de corte, tipo de silo, tamaño de picado, deberán tender a un alto rendimiento productivo con un elevado valor nutritivo. Gutiérrez *et al.*, 2007.

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

- a. Alto volumen de producción en un solo corte.
- b. Alto contenido de hidratos de carbono fácilmente aprovechables.
- c. Relativa amplitud del período de cosecha. Beriola, 2002.

La planta completa de maíz es un importante forraje para muchas actividades lecheras o cárnicas. El incremento de las demandas nutricionales para una respuesta animal óptima es un desafío para los productores de maíz, que deben seleccionar y manejar híbridos de gran producción de materia seca con características de calidad apropiadas. Margiotta *et al.*, 2002.

2.3 Importancia del cultivo de maíz

El maíz es por mucho el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0%, no obstante los decrementos registrados en 2002 y 2005 en la producción obtenida de -4.1 y -10.8%, respectivamente. El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etcétera. Infoagro, 2007.

El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes debido al elevado contenido de energía que aporta el grano, a través del almidón. El ensilaje de maíz se usa como fuente de energía y su bajo contenido proteico puede ser corregido a través de tortas de algodón, soja o girasol, o en parte con el agregado de urea a la ración o durante el proceso de ensilaje. En el hemisferio norte interviene en los sistemas de producción como un eslabón fundamental en los esquemas nutricionales.

Su destino en EE.UU. está catalogado generalmente para grano; sin embargo, tiene una importancia sustancial como forrajero en muchas áreas meridionales donde es posible su cultivo. Se cosechan por año cerca de 2,4 millones de hectáreas de maíz para ensilaje, siendo Wisconsin el estado con mayor superficie cultivada (300.000 ha). En la Unión Europea es actualmente el cultivo forrajero más importante para el ganado lechero, ya que se pican para ensilaje mas de 3,3 millones de hectáreas, muchas de ellas en las áreas del norte (solamente el 20 % se siembra en las del sur). Como consecuencia, el mejoramiento específico para ensilaje se realiza en materiales con ciclo de muy precoz a semi-precoz. Siap, SAGARPA, 2007.

La Comarca Lagunera es una de las cuencas lecheras más importantes en el ámbito nacional, con aproximadamente 234,258 mil cabezas de ganado bovino lechero en producción, que producen 2'210,589 millones de litros de leche diarios (SAGARPA, 2008). La magnitud de este sistema de producción plantea la necesidad de estrategias para la producción de forraje para su manutención.

El maíz se ha seleccionado como un forraje de importancia, pues se considera una planta de alta producción, energético y palatable. Hace diez años, el 52% de los agricultores utilizaban materiales mejorados y actualmente el 93%, el resto utiliza variedades criollas y generaciones segregantes de híbridos. Gutiérrez et al., 2007.

Estudios en la Comarca Lagunera, indican que el maíz es viable cuando en promedio produce 6.0 t / ha⁻¹ de grano y superen las 45.0 t / ha⁻¹ de forraje verde con manejo óptimo. Espinoza *et al.*, 2003.

2.4 Clasificación taxonómica

El maíz (*Zea mays L.*) es una planta con múltiples clasificaciones; taxonómicamente se clasifica vegetal angiosperma, monocotiledónea y se ubica dentro de la familia de las gramíneas como se describe en el cuadro siguiente.

Cuadro 2.1 Clasificación taxonómica del maíz (Reyes, 1990).

Categoría	Ejemplo	Características distintivas
Reino	Vegetal	Planta anual
Phylum	Tracheophyta	Sistema vascular
Subdivisión	Pterapsidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semillas cubierta
Subclase	Monocotiledoneae	Cotiledón único
Orden	Graminales	Tallos con nudos prominentes
Familia	Gramíneae	Grano – cereal
Tribu	Maydeae	Flores unisexuales
Genero	Zea	Único
Especie	Mays	Maíz común
	Mexicana	Teocintle anual
	Perennis	Teocintle perenne
Raza	Más de 300 razas clasificadas; 30 en México.	Adaptadas

2.5 Descripción botánica y morfológica

2.5.1 Descripción morfológica

Zea mays L., es una especie monocotiledónea anual, perteneciente a la familia de las poáceas (gramíneas). A diferencia de los demás cereales, es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina, se ubican separadas dentro de una misma planta; esto determina además que su polinización sea fundamentalmente cruzada, su ciclo de vida varía de 80 a 200 días, desde siembra hasta la cosecha. Inifap, 2007.

2.5.2 Sistema radical

La raíz principal está representada por una a cuatro raíces seminales, estas raíces se forman a partir de una corona ubicada en el segundo subnudo, el cual, de acuerdo a la profundidad de siembra, puede encontrarse a una distancia de 1,0 a 2,5 cm bajo el nivel del suelo que al dejar de funcionar como tales, empieza a desarrollar gran cantidad de raíces fibrosas, las cuales se localizan en la corona, ramificándose en raíces secundarias y es donde se presenta la mayor absorción de agua. Robles, 1983.

2.5.3 Tallo

La planta de maíz presenta un tallo principal, el cual alcanza la superficie del suelo al estado de quinta hoja; a partir de la sexta hoja, se inicia un rápido crecimiento del tallo en altura, el que se manifiesta especialmente a través de la elongación de los internudos inferiores.

Al estado de ocho hojas es posible apreciar a simple vista, en el extremo apical del tallo, los primeros indicios de la panoja. Los tallos son muy robustos, y dependiendo de la precocidad del cultivar pueden alcanzar entre 12 y 24 nudos aéreos. Las plantas pueden lograr un gran crecimiento, alcanzando hasta más de 4 m de altura.

En los cultivares híbridos más utilizados en nuestro país (intermedios y semi-tardíos), la altura promedio de las plantas alcanza aproximadamente a 2.0 m, la altura definitiva de una planta de maíz se alcanza cuando se produce la completa elongación de la panoja. Usach *et al.*, 2003.

2.5.4 Hojas

El número de hojas, dependiendo del cultivar, puede variar entre 12 y 24, siendo lo común que oscile entre 15 y 22. Las hojas son alternas, alargadas, de borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Las hojas están compuestas por las siguientes estructuras:

- a) Vaina: se origina a partir de un nudo del tallo, envolviendo prácticamente al entrenudo superior.
- b) Lámina: se origina a partir de la vaina, comprendiendo la vena central, un conjunto de venas paralelas a ésta y el tejido intracelular.
- c) Lígula: corresponde a una lengüeta membranosa y transparente; se sitúa en la parte terminal de la vaina, justamente en el punto en que comienza a desarrollarse la lámina.

2.5.5 Flores

La inflorescencia masculina o panoja, normalmente se hace visible entre las últimas hojas de la planta, 7 a 10 días antes de que aparezcan los estilos de la inflorescencia femenina, rodeando las dos flores contenidas en cada espiguilla se presentan dos glumas; al interior de ellas, cada flor se presenta encerrada entre dos estructuras: la lemma o glumela inferior, ubicada en forma adyacente a una de las glumas y la pálea o glumela superior, que se sitúa entre las dos flores. La estructura que comprende la lemma, la pálea y la flor se denomina antecio, existiendo dos antecios en cada espiguilla.

La inflorescencia femenina está conformada por espiguillas, las cuales se ubican en forma individual en cada una de las cavidades de la coronta; cada espiguilla, a su vez, contiene dos flores, de las cuales sólo una logra emitir su estilo; la otra flor aborta, originándose por lo tanto sólo un grano por cavidad.

Entre los veinticinco y treinta días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de este. Transcurridos de cuatro a seis semanas desde este momento se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos. Se considera como floración al momento en el que la panoja se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de cinco a ocho días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o lluvias.

El periodo más crítico de la planta de maíz es el que transcurre desde semanas previas a la floración, acusando más adelante cualquier deficiencia producida en este momento de manera irreparable. Guerrero, 1992.

2.5.6 Fruto

La semilla de maíz está contenida dentro de un fruto denominado cariósido; la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endosperma y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón.

Cuadro 2.2 Composición promedio de un cariósido de maíz perteneciente a la especie *Zea mays*. L.

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	12,0 - 13,0
Almidón	65,0 - 70,0
Azúcares	1,0 - 2,0
Proteína	10,0 - 11,0
Grasa	4,0 - 5,0
Fibra	2,0 - 2,5
Ceniza	1,0 - 2,0

Usach *et al.*, 2003.

2.5.7 Fisiología del maíz

El maíz es el cereal más eficiente como productor de grano, contribuyen a ello varios factores, tales como el tamaño de la planta, área foliar muy considerable, tallo fuerte y alto, sistema radical abundante y tejido vascular conductor amplio y eficiente. Acevedo, 2005.

La planta de maíz es uno de los mecanismos más maravillosos que posee la naturaleza para almacenar energía. De una semilla que pesa un poco más de 0.3 gramos, en un periodo de unas nueve semanas nace una planta que alcanza entre dos y tres metros de altura. En los dos siguientes meses esta planta produce entre 600 y 1000 semillas similares a la original. Aldrich *et al.*, 1974

La madurez fisiológica del maíz se alcanza cuando el grano termina su completo desarrollo; es decir, el grano pierde humedad y ya no crece e incluso puede caerse o desgranarse de la planta; al cosecharlo, el grano germina, ya que tiene completamente formada todas las estructuras de la semilla. La capa negra y la línea de leche son indicadores confiables que en forma práctica estiman en el campo la madurez fisiológica del maíz. Reyes, 1990.

2.5.8 Características de una planta forrajera ideal

El híbrido ideal para ensilaje debería contemplar la alta producción de forraje de calidad, al menos 40-50% de grano a la cosecha, que la planta se conserve verde en el momento del corte, que la fracción tallo sea muy digestible y que la planta sea resistente a algunas enfermedades, principalmente fungosas. Daña *et al.*, 2005.

En general se puede afirmar que un maíz apto para ensilaje debe mostrar un rendimiento óptimo de materia seca digestible, ser de fácil cosecha y preservación, permitir una elevada ingesta y ser eficientemente utilizado por los rumiantes. Un ideotipo de maíz forrajero puede interpretarse como aquella planta capaz de generar altos rendimientos de materia seca y ésta de excelente calidad. Debe poseer un período de crecimiento prolongado para la zona considerada, alta inserción de la espiga, tallos y raíces fuertes, hojas todavía verdes al momento de madurez fisiológica del grano, alto rendimiento de grano y elevado valor nutritivo por unidad de peso del forraje. Beriola, 2002.

2.6 Calidad nutricional del maíz

Un maíz de alta calidad forrajera es considerado aquél que presenta valores de FAD de 25 a 32 %, FND de 40 a 52 %, total de nutrientes digeribles (TND) superiores a 65 % y una energía neta de lactancia (ENL) de 1.45 Mcal/kg-1 o más. Olague *et al.*, 2006.

Los factores ambientales que afectan la calidad del forraje son principalmente temperatura, radiación y agua en el suelo. El valor nutritivo del ensilaje de maíz para rumiantes está limitado por el bajo contenido de proteína cruda en la planta en relación a los requerimientos de los rumiantes. Beriola, 2002.

2.6.1 Materia seca

El valor nutritivo de la materia seca del maíz se explica considerando el follaje tallos, hojas y grano, la digestibilidad de estos componentes varia de 53 a 65.1 por ciento para follaje y de 88.7 a 93.9 por ciento para grano. Johnson, 1997.

La altura de la planta de maíz influye en la producción de materia seca, pero debe tener el tamaño adecuado a fin de contribuir con aproximadamente el 50% del peso total para incrementar el contenido de fibras. Rodríguez *et al.*, 2000.

La materia seca contenida en el forraje es muy útil para el funcionamiento animal y su metabolismo, pero de no ser deshidratado, es insuficiente como alimento para mantener al animal en plena forma. Esta insuficiencia obliga al ganadero a completar la ración a base de otros alimentos mas concentrados.

De no contener el forraje la cantidad de materia seca requerida por el organismo del animal y su metabolismo, esta carencia puede ser motivo en los animales jóvenes de molestas diarreas y de pérdidas para el productor. Juscafresa, 1974.

2.6.2 Energía neta de lactancia

La energía neta de lactancia es el término usado por el NRC (National Research Council), para estimar los requerimientos energéticos y los valores energéticos de los alimentos para vacas lecheras. Por lo general se expresa como mega-calorías por libra (Mcal/lb) o mega-calorías por kilogramo (Mcal/kg). La NE_1 del ensilaje de maíz es calculada a partir del FDA con la siguiente ecuación. $NE_1 = 1.044 - (0.0124 * FDA)$

Donde: NE_1 = Energía Neta de Lactancia y FDA = Fibra Detergente Ácida Tjardes, 2005.

2.6.3 Fibra detergente ácida

La fibra detergente ácida contiene principalmente celulosa, lignina, y proteína cruda. Está estrechamente relacionado con la fracción no digestible del forraje y es un factor muy importante en el cálculo del contenido energético del alimento. Cuanto mayor es el contenido en FDA, menor es la digestibilidad del alimento y la energía que contendrá. García, 2005.

2.6.4 Fibra detergente neutra

El total de la fibra de un forraje está contenido en el FDN o “paredes celulares”. Esta fracción contiene celulosa, hemicelulosa, y lignina. La FDN suministra la mejor estimación del contenido total en fibra del alimento y está estrechamente relacionado con el consumo de alimento. Al aumentar los valores del FDN, el consumo total de alimento disminuye.

Por lo general se asume que los rumiantes van a consumir un máximo de FDN cercano al 1.2 % de su peso corporal. Las gramíneas contienen más FDN que las leguminosas comparadas a un estado similar de madurez. Thiex, 2005.

2.6.5 Digestibilidad

Es un indicador del valor nutritivo de un alimento, estima la eficiencia de digestión de un alimento. Es un predictor de la performance animal (función tanto de las características del alimento como del animal) y representa la proporción de la MS (conjunto de nutrientes) disponibles para absorber. Marchai, 2008.

La digestibilidad de la caña mas hojas se correlaciona con la digestibilidad de la planta completa, pero no tiene una relación estrecha con el por ciento de espiga o el rendimiento de grano. Por lo tanto la digestibilidad de la planta completa está influenciada por dos factores no relacionados: contenido de grano de la planta completa y digestibilidad de la caña más hojas. La digestibilidad de la planta completa varía entre híbridos. La relación entre la digestibilidad con FDA, FDN y LDA es negativa y levemente significativa para forraje de maíz. La lignina, debido a su baja concentración, es probablemente menos importante que sus complejos con celulosa, los cuales afectan negativamente la digestibilidad. Galvete, 2004.

En general, la digestibilidad de los forrajes esta frecuentemente asociada a la concentración de sus componentes estructurales. Existe evidencia de que tanto el contenido de grano como la digestibilidad de hojas y tallos afectan la digestibilidad y valor energético del maíz para ensilaje. El rendimiento de materia seca y digestibilidad son importantes, porque determinan en un alto grado el potencial de producción de leche por hectáreas de los híbridos de maíz. Núñez, 2006.

2.6.6 Consumo de materia seca

Es una estimación de la cantidad de alimento que un animal consume como porcentaje de su peso corporal. El consumo de materia seca es calculado usando el FDN. Cuanto más FDN en un forraje, menor es la cantidad que un animal puede consumir.

Ensayos de alimentación indican que el máximo consumo de un alimento, ocurre cuando el FDN de 1.2 libras por cada 100 libras de peso corporal. Los forrajes deben constituir al menos el 75% del FDN de la dieta. El consumo de materia seca se estima de la siguiente manera: DMI (% del peso corporal)= 120/ por ciento de FDN. García *et al.*, 2005.

2.6.7 Valor relativo del alimento

Es un índice que se usa para clasificar los henos o ensilajes basado en el cálculo de la digestibilidad y consumo de la materia seca, la digestibilidad y el consumo se estiman a partir del análisis de FDA y FDN.

El número derivado del cálculo del RFV no tiene unidades y es usado solo como índice para comparar la calidad de diferentes henos o ensilajes; Un forraje con un valor relativo de alimento de 100 contiene 41% de FDA y 53% de FDN, la fórmula para calcular el valor relativo es como sigue: $VRA = DDM \times DMI / 1.29$ donde VRA= valor relativo del forraje: DDM= Digestibilidad: DMI= Consumo de alimento. García *et al.*, 2005.

2.7 Factores que determinan la producción y calidad nutricional del maíz

2.7.1 Temperatura

El maíz requiere temperatura de 25 a 30°C, además de alta incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es mas bajo. Para que se produzca la germinación de la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 25°C. El maíz puede soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. Infoagro, 2002.

La temperatura afecta el crecimiento de la planta. Las plantas detienen su crecimiento y un estado de latencia principia para la mayoría de las plantas a cero grados centígrados. Cantú, 1983.

La temperatura media óptima durante el ciclo vegetativo del maíz, es de 25 a 30°C, pero debe recordarse que puede ser mayor o menor según las distintas regiones agrícolas. Temperaturas medias máximas de 40°C, son perjudiciales en especial en el periodo de la polinización en regiones con alta humedad relativa, de tal manera que, al hacer dehiscencia las anteras, los granos de polen germinan y mueren antes de que se realice la fecundación, lo cual origina disminución del numero de granos por mazorca y por consecuencia bajos rendimientos por unidad de superficie. Robles, 1983.

2.7.2 Humedad

Los requerimientos óptimos de humedad son diferentes si se consideran variedades precoces (alrededor de 80 días) o variedades tardías (alrededor de 140 días). Bajo condiciones de temporal y con variedades adaptadas, se pueden tener buenos rendimientos con más o menos 500 mm de precipitación pluvial distribuidos durante el ciclo vegetativo. Bajo condiciones de riego se recomienda un riego para siembra y tres riegos de auxilio, cuya suma total en lámina de agua de riego implican alrededor de 20 cm de lámina en presiembra y 12 cm de lámina para cada riego de auxilio, es decir más o menos 56 cm en total. Robles 1983.

La humedad es importante debido a las fuertes necesidades de agua del maíz que condicionan también el área de cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando 15 o 20 días antes de esta, que es un periodo crítico de necesidades de agua. Guerrero, 1992.

2.7.3 Radiación solar

La radiación solar se transmite como luz y calor en forma de ondas electromagnéticas, cuyas longitudes de onda corresponde a las distancias entre dos puntos de ondas adyacentes y frecuencias, que corresponden al número de ondas que pasan cada segundo por un punto determinado. Las plantas absorben la radiación solar selectivamente, es decir, determinadas longitudes de onda; Además de la calidad (longitud de onda) es importante la cantidad (intensidad) del flujo de radiación, ya que la transferencia de vapor de agua en la transpiración, el consumo de CO₂ y el transporte de nutrientes están directamente correlacionados con la cantidad de radiación neta. Torres, 1995.

2.7.4 Viento

El viento puede ser un factor limitante en algunas áreas y bajo ciertas condiciones, el viento sirve como un medio de circulación del oxígeno, CO₂, otros gases atmosféricos y el vapor de agua. El viento puede causar daños físicos a las plantas cuando va acompañado de lluvia, granizo o con altas o bajas temperaturas causando colapso celular. El viento ayuda dispersar las semillas, a la floración y a mantener plantas frescas. Cantú, 1983.

2.7.5 Fotoperiodo

Es la duración de la luminosidad del día sin tomar en cuenta la intensidad de la radiación. En diversos estudios científicos se ha comprobado que para los cultivos agrícolas, la intensidad de la radiación solar es menos importante que su duración. Los vegetales pueden clasificarse en tres grupos de acuerdo con el fotoperiodismo vegetal, o sea la respuesta de las plantas a diferentes duraciones diarias de luz solar.

- Plantas de fotoperiodo largo: necesitan una duración del día mayor a 12 horas. Ejemplos, espinaca, lechuga, remolacha, etc.

- Plantas de fotoperiodo corto: requieren de duración del día igual o menor de 12 horas, como por ejemplo, algodón, soya, sorgo, etc.

- Plantas indiferentes: florecen y fructifican normalmente tanto en épocas de días cortos como de días largos, como por ejemplo, maíz, chícharo, tomate, etc. Torres, 1995.

2.7.6 Precipitación

El agua es un fundamento para cualquier forma de vida y es uno de los factores ecológicos de más importancia que influyen en la producción forrajera. Los requerimientos de agua determinan la distribución y adaptación de las especies forrajeras, en un medio dado, además la humedad influye no solo en las especies de las plantas, si no también en su abundancia y volumen de producción.

En forma general muchas especies forrajeras detienen su crecimiento cuando se presentan condiciones desfavorables de humedad y entran en latencia o durmancia cuando dichas condiciones se prolongan por largos periodos de tiempo. Cantú, 1983.

2.7.7 Evaporación

La intensidad de la evaporación tienen un efecto en la vegetación debido a que ésta determina en gran parte la efectividad de la precipitación, la evaporación es una función de la temperatura humedad y el viento. La intensidad de la evaporación puede ser varias veces mas grande que la lluvia anual, especialmente en las áreas donde las temperaturas son altas y humedad es baja. Cantú, 1983.

2.8 Factores edáficos

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular. Infoagro, 2002.

2.8.1 Preparación del terreno

Una preparación del terreno bien realizada es el primer paso para obtener rendimientos altos ya que facilita la emergencia de plántulas y la penetración de las raíces, permite un buen desarrollo de la planta y facilita la distribución uniforme del agua, semilla y fertilizantes.

2.8.2 Barbecho

Se debe realizar después de la cosecha anterior, cuando el suelo tenga una humedad que permita el rompimiento uniforme de los terrones, así como también disminuir el esfuerzo del tractor y arado.

Un buen barbecho es aquel que voltea el suelo de 25 a 30 cm de profundidad, sirve para aflojar el terreno, incorporar restos de rastrojo, elimina algunas plagas de la raíz y maleza, mejora la penetración del agua y favorece la aireación del suelo.

2.8.3 Rastreo

Para lograr una siembra adecuada y uniforme es necesario preparar una buena cama de siembra de por lo menos 10 cm de tierra mullida, lo anterior se logra con uno o dos pasos de rastra, procurando que los discos de la rastra penetren como mínimo 12 cm de profundidad. El rastreo además de preparar la cama de siembra, ayuda a eliminar la primera generación de maleza.

2.8.4 Nivelación

Esta labor se realiza después del rastreo con niveladora, escrepa ó simplemente con un tablón. Su objetivo es llenar los huecos que hayan quedado en el terreno y rasar los bordos para que no haya problemas de anegamiento, lo anterior ayuda a una mejor distribución y aprovechamiento del agua de riego y contribuye a una mejor distribución de la semilla y fertilizante.

2.8.5 Densidad de población

Las altas densidades de población en maíz pueden reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano, sin embargo existe una respuesta diferente de acuerdo a las características de los genotipos. El incremento de la densidad de población de 5.5 a 15.5 plantas por metro cuadrado no reduce la calidad del forraje, debido a que el índice de cosecha no varía con el aumento de población. Olague *et al.*, 2006.

La densidad de plantas está estrechamente relacionada con el rendimiento del maíz. El mejoramiento de los híbridos también es un factor importante en el incremento de los rendimientos.

Los híbridos más recientes están adaptados a mayores densidades de plantas y altas fertilizaciones. El número de plantas por unidad de área debe ajustarse a la productividad del suelo y al abastecimiento de agua. Jugenheimer, 1981.

2.8.6 Riegos y calidad del agua

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas son diferentes a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a emerger se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Se ha demostrado que es necesaria la aplicación de riegos constantes después de la siembra con el objeto de mantener la humedad a una profundidad de 6 mm durante el periodo de emergencia.

Después se requieren de 2 a 3 riegos de auxilio separados a distintos intervalos de 25 - 30 días para obtener los primeros rendimientos. Los riegos se hacen dependiendo del clima, tipo de cultivo o bien de las condiciones particulares que se traten.

Un aspecto importante a considerar es que el follaje producido en estas áreas de riego debe ser utilizado por animales con alto potencial de producción, ya que la aplicación de riego significa costo bastante elevado que debe ser compensado económicamente ya sea por los animales que lo consumen o con la obtención de buenos rendimientos y de buena calidad, es decir, que se utilicen especies forrajeras que correspondan a los riegos. Cantú, 1983.

Es importante evitar la utilización de agua residual de los establos sin previo tratamiento en el cultivo de maíz, básicamente debido a los altos contenidos de cloro, detergentes, yodo, sales, patógenos, etc., que pueden afectar el desarrollo adecuado del cultivo y limitar la expresión agronómica del cultivo y por lo tanto reducir el rendimiento y la calidad de la producción.

III. MATERIALES Y METODOS

3. Localización del módulo demostrativo

El presente trabajo se llevó a cabo en La P.P. Dulce María, localizada en el área agrícola de La Popular, en el municipio de Gómez Palacio, Durango. Este módulo demostrativo se realizó dentro del ciclo de primavera – verano del 2008, con la finalidad de dar a conocer a los productores principalmente, la bondad de los nuevos híbridos, buscando ampliar las opciones para seleccionar en el mercado los híbridos más convenientes para la producción de forraje.

3.1 Clima

De acuerdo con la clasificación de climas del Dr. Thrntwhite, el clima de la Comarca Lagunera es árido en casi toda su área cultivable, con una temperatura media mensual por arriba de los 20 grados centígrados en los meses de abril a octubre, en tanto que en los meses de noviembre a marzo, la media mensual oscila entre los 13.6 y 19.4 grados centígrados. Estación Climatológica de Lerdo Durango.

3.2 Precipitación

La precipitación media de las últimas décadas es de 220 mm. Siendo los meses en donde ocurren las precipitaciones más importantes; mayo junio, julio y agosto. Estación Climatológica de Lerdo Durango.

3.3 Material genético

Se establecieron un total 11 genotipos de diferentes empresas de semillas, tales híbridos a evaluados son de ciclo precoz, estos híbridos cuentan con el antecedente de que ya han sido evaluados oficialmente en el INIFAP, por lo que su adaptación a las condiciones de la región está ampliamente comprobada.

El desarrollo de este trabajo permitió observar el comportamiento agronómico de los materiales en terrenos del productor, donde se estableció una interacción entre investigadores y productor en relación al desarrollo y aplicación de los componentes tecnológicos en el cultivo de maíz.

Cuadro 3.1. Híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz en el módulo demostrativo. UAAAN – UL 2008

Híbridos	Empresa	Ciclo de cultivo
G- 8285	Garst	Precoz
2 A – 120	Dow	Precoz
G- 8233	Garst	Precoz
DAS- 2301	Dow	Precoz
TG- 8535	Tech Ag	Precoz
SRM-2120	Seromex	Precoz
DAS- 2348	Dow	Precoz
HT- 7887	ABT México	Precoz
HT- 9019	ABT México	Precoz
G- 8222	Garst	Precoz
AN- 423	UAAAN	Precoz

3.4 Siembra

La realización de la siembra de estos cultivos fue dentro del período recomendado en la Región Lagunera, de tal manera que la siembra de los híbridos de maíz se realizó a partir del 10 de abril iniciando con los híbridos de ciclo intermedio, cabe indicar que cada híbrido ocupó una melga de 9.0 m de ancho, donde se sembraron 12 surcos de 150 m de longitud, en una superficie de aproximadamente 7.0 hectáreas, debido a lo escalonado en cuanto a la aplicación del riego de pre-siembra, los híbridos precoces se sembraron el 14 de abril, utilizando una sembradora - fertilizadora de precisión marca Gaspardo, de cuatro unidades de siembra; la densidad de siembra será de aproximadamente 100 mil plantas por hectárea, para lograr esto se calibro a 7 u 8 semillas por metro lineal.

3.5 Riegos

El manejo del agua en el lote asignado para el establecimiento del módulo demostrativo, se realizó considerando la calendarización de riegos de la Presa, de tal manera que el riego de presembrado se aplicó entre el día 14 y 18 de Marzo regándose un total de 09-00-00 hectáreas, de las cuales en seis hectáreas se sembraron los híbridos de maíz. Posteriormente el primer riego de auxilio se aplicó entre los días 9 y 13 de mayo. De acuerdo con el programa de riegos el segundo de auxilio se aplicó entre los días 31 de mayo y 1 de junio en los híbridos precoces y mientras que los intermedios se regaron entre el 5 y 6 de junio; 1º de julio se inició riego, terminando el día 9, por último se aplicó riego que inició el 28 de julio completando con esto el programa planeado.

3.6 Fertilización

La fertilización inicial programada fue una mezcla de 200 kilogramos de entec (52 – 00 – 00) más 200 kilogramos de nitrofoska (24 – 24 – 34) la mezcla de fertilizante se le agregaron 20 kilogramos de insecticida granulado con la finalidad de evitar daño de plagas durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo, utilizando para esto diágrama al 5%, esta aplicación se realizó simultáneamente con la siembra.

Cuadro 3.2. Aplicación de las diferentes dosis de fertilizantes y época de aplicación en maíz forrajero, parcela demostrativa P.P Dulce María. UAAAN – UL 2008

Producto	Dosis kg/ha	N - P - K	Época de aplicación
NITROFOSKA	200	24 – 24 – 34	Siembra
ENTEC	200	52 – 00 – 00	siembra
ENTEC	250	65 – 00 – 00	1er riego auxilio
Total		141 – 24 – 34	

3.7 Control de plagas

Cuadro 3.3 Control de plagas realizado en maíz forrajero parcela demostrativa P.P. Granja Dulce María. UAAAN – UL 2008

Fecha	D.D.S	Producto	I.A	kg-lt/ ha	costo/ ha
10/04/08	0	Diagran 5%	Diazinon	20	\$ 250.00
24/05/08	44	Clorver 480 CE	Clorpirifos	1.5	
		+			\$ 222.00
		Bufferver	Ac. Ortofosforico	0.125	
30/05/08	50	Artig 1.8	Abamectina	0.333	
		+	Ac. Ortofosforico		\$ 664.00
		Bufferver		0.125	
TOTAL					\$ 1,146.00

D.D.S: Días después de siembra.

- La aplicación de insecticida al suelo evitó pérdidas en la densidad o población de plantas.
- Las plagas del follaje en maíz en la práctica de la parcela demostrativa fueron: araña roja, gusano cogollero y pulgón
- las aplicaciones de insecticidas se realizaron en base a muestreos semanales durante el periodo crítico de la plaga.
- los muestreos efectuados después de la aplicación de los insecticidas no mostraron necesidad para otra aplicación.

Plagas del suelo:

Gallina ciega (*phyllophaga spp.*)

Gusano alfilerillo (*Diabròtica spp.*)

Gusano de alambre (*Agriotes spp.*)

Importancia del daño por plagas en el suelo

- La población de plantas y sanidad del cultivo se reducen.
- El rendimiento potencial del maíz es sensible a la población de plantas y sanidad del cultivo.

Plagas del follaje:

- Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

- Arana roja (*Tetranychus spp.*)

Importancia del daño en follaje por gusano cogollero en parcelas sin control

Localidad	Reducción del rendimiento
LA VEGA (Beta Sn. Gabriel)	44%
EL RAYO (Beta Sn. Gabriel)	18%

Fuente: INIFAP.

Importancia del daño al follaje por araña roja en parcelas sin control

Follaje dañado	Reducción de rendimiento
33%	18.5 %
66%	40.7%
100%	57.4%

Fuente: INIFAP

3.8 Registro de características agronómicas de planta

Es importante cuantificar la respuesta agronómica de los materiales incluidos en este trabajo, para lo cual es necesario obtener información que permita realizar una clasificación de cada híbrido en función con su respuesta, para esto se tomaron los datos de planta que se indican en seguida.

3.8.1 Floración masculina

La floración se registró cuando el 50% de plantas estaban liberando polen, de tal manera que se contaron los días transcurridos de la siembra a la fecha de floración.

3.8.2 Floración femenina

La floración femenina se registró cuando el 50% de plantas se encontraban con estigmas expuestos, contabilizando los días a partir de la siembra, es importante indicar que para mejor estimar el ciclo biológico de los diferentes híbridos es pertinente sumar 50 días, a los días a floración femenina para estimar los días a madurez fisiológica.

3.8.3 Altura de planta

Se tomaron 8 plantas al azar a las cuales se les midió su altura, considerando de la base del tallo a la parte superior de la panoja, se expresó en centímetros

3.8.4 Altura de mazorca

Del nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca, se expresó en centímetros.

3.8.5 Plantas estériles

Dentro de cada punto de muestreo se contabilizó el número de plantas que no formaron mazorca, expresando los resultados en porcentaje.

3.9 Cosecha

Se realizó la cosecha a un tercio de la línea de leche, estado de madurez ideal en maíz, obteniéndose así la máxima respuesta en producción y calidad nutricional, al momento de cosechar se tomaron muestras de cada híbrido para obtener el rendimiento de forraje en fresco, cosechando de tres muestras por híbrido en parcelas de cuatro surcos de 3.0 m de largo (9.12 m^2), tomándose además cinco plantas dentro de cada punto de muestreo para determinar materia seca total y por partes de la planta, (tallos, hojas, mazorca).

Se ubicó el punto de muestreo en cual consistió en cuatro surcos de tres metros de largo, contabilizándose plantas por parcela para estimar la población por hectárea, pesándose el total de la muestra en fresco en el mismo campo, en una báscula de reloj, donde el área de la parcela de muestreo que fueron 9.12 m^2 , realizándose traspolación rendimiento por hectárea, de la misma muestra se obtuvieron 5 plantas para determinar el porcentaje de materia seca, mismos que se llevaron a secado hasta 0 % de humedad información con la cual se llegó a determinar rendimiento de materias seca total por hectárea.

3.10 Análisis bromatológico

Característica importante para determinar la calidad nutricional del forraje, antes de realizar el análisis, tuvo que ponerse a secar las muestras durante un aproximado de 48 a 72 horas, dependiendo de la humedad del material, después se molieron las muestras hasta obtener muestras pequeñas para la realización de el análisis, tales se realizaron en el laboratorio del departamento de fitomejoramiento de la UAAAN – UL.

El análisis bromatológico se determinó 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 colocó en una bolsa de papel filtro (ANKOM # F57). Se colocaron las muestras en el analizador de fibras y se añadió 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FAD (Cuadro 3.4) y para el ensayo de (FND) (Cuadro 3.5) a la solución se le agregó 20 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 ml de alfa amilasa. Posteriormente, las muestras para FAD y FND fueron digeridas en el analizador de fibras por un espacio de 60 min, a una temperatura 100 °C (\pm 1 °C).

Cuando el tiempo de digestión fue alcanzado, las muestras 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 colocaron en una estufa a una temperatura de 105 °C ($\pm 1^\circ\text{C}$) por 24 h. transcurridas las 24 h. se procedió a pesar las muestras y una vez con el dato obtenido se determinó el porcentaje de FAD y FND con la formula.

Por ciento de FDA Y FDN = $(w_3 - (w_1 * c_1)) / w_2$ donde FDA= Fibra Detergente Acida; FDN= Fibra Detergente Neutra; w_1 = peso de bolsa; w_2 = peso de muestra; w_3 = peso de bolsa con muestra después del proceso; c_1 = peso de bolsa en blanco después de proceso / peso de bolsa en blanco antes del proceso.

Cuadro 3.4 Solución para determinación de fibra ácido detergente.

Reactivo	Cantidad
Bromuro de cetyl $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3 \text{Br}$	20 g
Trimetil amonio	
Acido sulfúrico (H_2SO_4)	1 L

Cuadro 3.5 Solución para análisis de fibra neutro – detergente.

Reactivo	Cantidad
Lauril sulfato de sodio ($C_{12}H_{25}O_4SNa$)	150g
Sal disódica (EDTA)	93.05g
Tetrabaorato de sodio decahidratado	34.05g
Fosfato ácido disódico (Na_2HPO_4)	22.80g
Agua destilada	5L
Etilenglicol	50 ml

Se determinó por ciento de FDA Y FDN = $(w_3 - (w_1 * c_1)) / w_2$ donde FDA= Fibra Detergente Ácida; FDN= Fibra Detergente Neutra; w_1 = peso de bolsa; w_2 = peso de muestra; w_3 = peso de bolsa con muestra después del proceso; c_1 = peso de bolsa en blanco después de proceso/ peso de bolsa en blanco antes del proceso.

Se determinó Energía neta de lactancia con la formula: $NE_l = 1.044(0.0124 * ADF)$, donde: NE_l = Energía neta de lactancia; FDA = Fibra Detergente Ácida.

Digestibilidad: $DDM\% = 88.9 - (0.779 * ADF\%)$, donde: DDM = Digestibilidad; FDA: Fibra Detergente Ácida

Consumo de materia seca con la formula, $DMI (\% \text{ del peso corporal}) = 120/NDF\%$, donde: DMI = consumo de materia seca; FDN = Fibra Detergente Ácida.

Valor relativo del alimento: $RFV = DDM * DMI / 1.29$, donde: RFV = Valor Relativo del Alimento; DDM = digestibilidad; DMI = Consumo de Materia Seca.

3.11 Análisis de varianza

Las variables a analizar estadísticamente, fueron procesadas de acuerdo con el modelo estadístico bloque al azar, el cual se define en seguida.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + E_{ij}$$

Donde: μ = efecto de la media general; T_i = efecto del i -ésimo; R_j = efecto de la j -ésima repetición; E_{ij} = efecto del error experimental.

Con el objetivo de agrupar medias de tratamiento estadísticamente iguales se utilizó la prueba de rango múltiple DMS (Diferencia Mínima Significativa), esta prueba es recomendable utilizarla para comparar medias adyacentes, dado que esta es adecuada para comparar un tratamiento estándar con otros tratamientos, como en este trabajo donde comparan diferentes híbridos con un testigo de prueba.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo, donde se evaluaron once nuevos híbridos de maíz forrajero, en comparación con un testigo ampliamente adaptado a las condiciones de la región se indican a continuación.

4.1 Características agronómicas

4.1.1 Peso húmedo de mazorca

En peso húmedo de mazorca, resultaron cinco híbridos sobresalientes, con valores de 609.0 a 650.2 gr, resultó por el contrario el tratamiento DAS-2301 ser el de menor peso con 363.0 gr, es importante resaltar que seis de los genotipos se encuentran por encima de la media general que es 531.1 gr, mismos que presentan valores entre 588.1 y 650.2 gr, estos tratamientos a su vez superan al testigo utilizado G-8285 que alcanzó un peso húmedo de mazorca de 517.0 gr Cuadro 4.1.

Al correlacionar peso húmedo de mazorca con forraje fresco se observa que a mayor peso húmedo de mazorca, mayor es el rendimiento de forraje fresco, en este sentido los genotipos sobresalientes fueron G-8222 y SRM-2120 con valores de 609.0 y 620.0 gr y con rendimientos de 57,493 y 61,334 kg ha⁻¹ de forraje fresco respectivamente, tales valores están por encima del híbrido testigo G-8285, que tiene valores de 517.0 gr de Phm y 60,124 kg ha⁻¹ de forraje fresco; el genotipo con mayor rendimiento de forraje fresco fue HT-7887 con 64,620 kg ha⁻¹ y 609 gr de Phm, observándose también que el genotipo DAS-2301, por el contrario resultó con el menor rendimiento de forraje fresco y menor peso húmedo de mazorca Cuadro 4.1.

4.1.2 Peso húmedo de tallo

Respecto a peso húmedo de tallo, se observa que el híbrido que alcanzó el mayor peso fue SRM-2120 con 344.2 gr, por el contrario el genotipo DAS-2301 fue el de menor peso con 124.0 gr, en este sentido destacan por su mayor peso húmedo de tallo los híbridos G-8285 (t), DAS-2348, SRM-2120 y G-8233 con valores entre 250.0 y 344.2 gr y producción de materia seca por hectárea entre 13,629 y 11,421 Kg ha⁻¹, mismos que resultaron estadísticamente iguales al 5% de probabilidad; Cabe indicar que los híbridos con mayor rendimiento de materia seca, resultaron con valores de peso húmedo de tallo entre 227.3 a 250 gr, la media general fue 243.0 gr Cuadro 4.1.

Al correlacionar peso húmedo de tallo con forraje fresco, se observa una tendencia negativa ya que los híbridos de mayor rendimiento de forraje fresco resultaron ser los de menor peso húmedo de tallo, aunque es importante resaltar que el genotipo DAS-2301 resultó ser el tratamiento de menor rendimiento de forraje fresco y menor peso húmedo de tallo, con valores de 41,685 kg ha⁻¹ de forraje y 124.0 gr de peso húmedo de tallo Cuadro 4.1.

4.1.3 Peso húmedo de hojas

Se indica que los híbridos que resultaron con mayor peso fueron HT-9019, HT-7887, G-8285 y G-8233 con valores de 188.2 a 216.0 gr y fueron estadísticamente iguales al 5% de probabilidad a seis más de los híbridos evaluados, en tanto que el tratamiento DAS-2301, que resultó ser el más bajo con 111.0 gr de peso húmedo de hojas, al respecto se indica que la media general fue 171.4 gr, encontrándose abajo de la media los híbridos HT-9019, HT-7887, G-8285, DAS-2348, 2A-120 y G-8233 con valores de 186.1 a 216.0 gr, en tanto que el testigo resultó superior a la media general Cuadro 4.1.

Al correlacionar peso húmedo de hojas con producción de forraje fresco, se observa que a mayor peso húmedo de hojas es mayor la cantidad de forraje fresco; en cual los cinco híbridos mas rendidores en forraje fresco alcanzan un peso entre 144.1 y 205.0 gr de peso húmedo de hojas y entre 57,401 y 64,620 kg ha⁻¹ de forraje fresco dentro de los cuales se encuentra el tratamiento testigo resultando de los mas altos, también se observa claramente que casi todos los híbridos tienen relación positiva excepto el genotipo DAS-2301 resultando ser el tratamiento de menor rendimiento de forraje fresco y peso húmedo de hojas Cuadro 4.1.

4.1.4 El rendimiento de forraje fresco por hectárea

Muestra una media general de 55,436 kg ha⁻¹ y una variación de 41,685 y 64,620 kg ha⁻¹, donde se observa que el genotipo HT-7887 sobresale en este sentido con 64,620 kg ha⁻¹, estadísticamente igual a diez de los híbridos evaluados, cabe indicar que HT-7887 fue de los híbridos que obtuvo mayor producción de materia seca, aunque fue superado en una y dos toneladas de materia seca por hectárea, por G-8222 y HT-9019 respectivamente, lo cual indica que el primero al momento de la cosecha contaba con mayor porcentaje de humedad, así mismo el testigo y el híbrido SRM-2120, es importante indicar que la media general obtuvo un valor de 55,436 Kg ha⁻¹ de forraje fresco Cuadro 4.1.

Un buen maíz forrajero debe poseer un rendimiento de forraje en verde o fresco de 50 t ha⁻¹ según (Vergara, 2002); Al hacer el comparativo sobre los resultados obtenidos en el presente trabajo, se tiene que nueve de los híbridos evaluados superan las 50 t ha⁻¹, esto indica que son maíces de buena calidad a excepción de DAS- 2348 y DAS- 2301, que resultaron con menor rendimiento de forraje fresco y calidad nutricional Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Promedios de tres características agronómicas y rendimiento de forraje fresco de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008

Híbridos	Phm Gr	Pht Gr	Phh Gr	Ff Kg
HT-9019	611.0 a	227.3 bc	188.2 a	57,401 a
G-8222	620.0 a	239.2 bc	156.0 ab	57,493 a
HT-7887	609.0 a	250.0 bc	205.0 a	64,620 a
TG-8535	588.1 ab	224.0 bc	142.0 ab	56,689 ab
G-8285 (T)	517.0 abc	256.0 abc	192.2 a	60,124 a
DAS-2348	610.0 a	281.0 abc	186.1 ab	49,653 ab
SRM-2120	650.2 a	344.2 a	144.1 ab	61,334 a
N83N5	429.0 cd	199.5 cd	171.0 ab	52,426 ab
2A-120	399.0 cd	226.5 bc	176.1 ab	54,386 ab
G-8233	449.2 bcd	303.0 ab	216.0 a	53,984 ab
DAS-2301	363.0 d	124.0 d	111.0 b	41,685 b
M. General	531.0	243.0	171.4	55,436
CV (%)	16	22	26	16

*DMS: Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad Phm = peso húmedo de mazorca; pht = peso húmedo de tallo; Phh; peso húmedo de hojas; Ff = forraje fresco por hectárea.

4.1.5 Peso húmedo de mazorca

Este componente resultó ser el de mayor aportación al peso total de forraje fresco, en comparación con peso húmedo de tallo y peso húmedo de hoja, esto se observa para cada uno de los materiales, así también se observa en la media general, donde el peso húmedo de mazorca aporta 31,101 Kg ha⁻¹ a un total de 55,435 Kg ha⁻¹; Para esta variable el rango de variación entre híbridos fue 25,046 a 36,986 Kg ha⁻¹.

Cabe indicar que los híbridos de mayor aportación son: HT- 7887, G- 8222 y SRM- 2127, con valores de 36,986, 35,111 y 35,027 kg ha⁻¹, por el contrario el tratamiento G- 8233 resultó ser el de menor peso con 25,046 kg ha⁻¹, mientras que el testigo alcanzó un peso de 32,204 kg y está por encima de la media general, al igual que los híbridos antes mencionados estos valores mencionados son aportaciones netas que hacen cada híbrido con respecto a el rendimiento de forraje fresco por hectárea total Cuadro 4.2.

4.1.6 Peso húmedo de tallo

Este es el componente que da una aportación regular, al peso total de forraje fresco, en comparación con peso húmedo de mazorca y peso húmedo de hoja, esto en general para cada uno de los materiales, así también como se observa en la media general, donde el peso húmedo de tallo aporta 14,198 Kg ha⁻¹ a un total de 55,435 Kg ha⁻¹; Para esta variable el rango de variación entre híbridos fue 8,643 a 18,542 Kg ha⁻¹. Los tratamientos que resultaron con mayor peso fueron SRM-2127 y G-8233, con 18,542 y 16,894 kg ha⁻¹, la excepción fue el híbrido DAS-2301 mostrándose como el de menor peso, en tanto que el testigo resultó con 15,946 Kg ha⁻¹ Cuadro 4.2.

4.1.7 Peso húmedo de hoja

Peso húmedo de hoja resultó ser el componente de menor aportación, al peso total de forraje fresco en Kg ha⁻¹, comparación con peso húmedo de mazorca y peso húmedo de tallo, entre híbridos se observa una variación de 7,737 a 12,450 Kg ha⁻¹, donde destaca el híbrido HT-7887, en este sentido se observa que la media general muestra un valor de 10,136 Kg ha⁻¹, respecto a un total de 55,435 Kg ha⁻¹ Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Aportación de diferentes partes estructurales de la planta al rendimiento total de forraje fresco de diez híbridos de maíz de ciclo precoz, vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN- UL 2008

Híbridos	Phm Kg	Pht Kg	Phh Kg	Ff Kg
HT-9019	34,166	12,710	10,523	57,401
G-8222	35,111	13,546	8,834	57,493
HT-7887	36,986	15,183	12,450	64,620
TG-8535	34,942	13,309	8,437	56,689
G-8285 (T)	32,204	15,946	11,972	60,124
DAS-2348	28,120	12,953	8,578	49,653
SRM-2120	35,027	18,542	7,763	61,334
N-83N-5	28,131	13,081	11,213	52,426
2-A-120	27,070	15,367	11,947	54,386
G-8233	25,046	16,894	12,043	53,984
DAS-2301	25,303	8,643	7,737	41,685
M. General	31,101	14,198	10,136	55,435

Phm= peso húmedo de mazorca, Pht= peso húmedo de tallos, Phh= peso húmedo de hojas, Ff= forraje fresco por hectárea.

4.1.8 Rendimiento de materia seca

El rendimiento de materia seca por hectárea y la digestibilidad son importantes por que determinan en un alto grado el potencial de producción y calidad nutricional de los híbridos de maíz (Núñez, 2006). Por lo cual es importante realizar evaluación de nuevos híbridos para determinar las características agronómicas y de calidad, en busca de lograr mayor aprovechamiento del forraje en beneficio del ganado.

Los resultados obtenidos de materia seca del material evaluado, indican que los híbridos superiores en este sentido fueron HT-9019, G-8222 y HT-7887, con producciones de 16,441, 15,140 y 14,277 kg ha⁻¹ respectivamente, mismos que resultaron estadísticamente iguales al 5% de probabilidad, en tanto que los híbridos con menor respuesta fueron G-8233 y DAS-2301 con rendimientos de 11,421 y 9,437 kg ha⁻¹, cabe indicar que la media general de este grupo de materiales fue 13,182 kg ha⁻¹, observándose que seis de estos genotipos se ubican por sobre la media general, así mismo se observa que el híbrido testigo resultó con un rendimiento de 13,629 Kg ha⁻¹ de materia seca Cuadro 4.3.

4.1.9 Peso seco de mazorca

Aquí se observa que cuatro híbridos del total del material evaluado resultaron con mayor peso de mazorca y fueron G-8222, HT-7887, DAS-2348 y SRM-2120 con un índice que va de 565.3 a 595.0 gr y fueron iguales estadísticamente a tres más de los híbridos evaluados, por el contrario se observa que el tratamiento con menor peso seco de mazorca es el DAS-2301 con 337.0 gr, donde la media general es de 494.0 gr la cual está por debajo de seis tratamientos que tienen valores de entre 545.1 a 595.0 gr, cabe indicar que el testigo se encuentra dentro de los de mayor peso seco de mazorca Cuadro 4.3.

Al correlacionar peso seco de mazorca con materia seca se observa una tendencia positiva ya que a mayor peso seco de mazorca es mayor de rendimiento de materia seca por hectárea, observándose que los genotipos mas rendidores de materia seca, alcanzaron entre 558.0 y 572.0 gr de peso seco de mazorca, donde se observa que los híbridos HT-9019, G-8222 y HT-7887 resultaron con rendimientos de 16,441 , 15,140 y 14,277 kg ha⁻¹ de materia seca, respectivamente, el híbrido con mayor peso seco de mazorca es el SRM-2120, con 595 gr, por su parte el híbrido con menor peso seco de mazorca, obtuvo el menor rendimiento de materia seca por hectárea Cuadro 4.3.

4.2 Peso seco de tallo

En cuanto a producción de peso seco de tallo, se determinó que los híbridos con mayor aportación al rendimiento final fueron SRM-2120, DAS-2348, G-8285, HT-7887 y G-8233, los cuales están entre 271.0 a 307.2, estos son estadísticamente iguales y resultan por encima de la media general que es de 220.0 gr, encontrándose además que el testigo G-8285 se ubica entre estos híbridos, es importante indicar que el mejor genotipo fue SRM-2120 con 307.2 gr de peso seco de tallo, en contraste se tiene que el tratamiento DAS-2301 fue el de menor producción de materia seca y peso seco de tallo Cuadro 4.3.

4.2.1 Peso seco de hojas

Referente a peso seco de hojas diez de los híbridos resultaron estadísticamente iguales al 5% de probabilidad, excepto el genotipo DAS – 2301; la media general fue 156.2 gr, donde resultaron seis genotipos superiores a ésta, en este sentido destacan G-8233 y HT-7887 con 199.4 y 185.0 gr, así también el testigo fue uno de los mas altos con 176.0 gr de Psh, el genotipo de menor peso seco de hojas fue DAS-2301 con 101.2 gr y 9,437 Kg ha⁻¹ de materia seca total Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3 Promedios de tres características agronómicas y rendimiento de materia seca de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008

Híbridos	Psm Gr	Pst Gr	Psh Gr	Ms Kg
HT-9019	558.0 ab	209.2 bc	159.0 ab	16,441 a
G-8222	572.0 a	218.3 bc	143.3 ab	15,140 ab
HT-7887	567.1 a	229.1 abc	185.0 a	14,277 abc
TG-8535	545.1 ab	204.0 bc	131.0 ab	13,807 bc
G-8285 (T)	481.3 abc	228.0 abc	176.0 a	13,629 bc
DAS-2348	565.3 a	260.2 abc	172.0 ab	13,210 bcd
SRM-2120	595.0 a	307.2 a	133.3 ab	12,913 cd
N-83-N5	406.0 cd	180.0 cd	156.0 ab	12,404 cd
2 –A-120	379.0 cd	199.1 bc	162.0 ab	12,324 cd
G-8233	425.1 bcd	271.0 ab	199.4 a	11,421 de
DAS-2301	337.0 d	114.1 d	101.2 b	9,437 e
M. General	494.0	220.0	156.2	13,182
CV (%)	16	22	27	10

* DMS: Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad. Psm= peso seco de mazorca; Pst = peso seco de tallo; Psh = peso seco de hojas; Ms = materia seca por hectárea.

4.2.2 Peso seco de mazorca

Este es el componente de mayor aportación, al peso total de materia seca por hectárea, en comparación con peso seco de tallo y peso seco de hoja, esto para cada uno de los materiales, así también como se observa en la media general, donde el peso seco de mazorca aporta $7,507 \text{ Kg ha}^{-1}$ a un total de $13,182 \text{ Kg ha}^{-1}$, para esta variable el rango de variación entre híbridos fue $5,421$ a $9,905 \text{ Kg ha}^{-1}$.

Se observa que los híbridos que resaltan son HT-9019, G-8222, con valores de $9,905$ y $9,276 \text{ kg}$, por el contrario los híbridos mas bajos son G-8233 y DAS-2301, mencionando también que el tratamiento testigo alcanzó $7,409 \text{ kg}$ Cuadro 4.4.

4.2.3 Peso seco de tallo

Este es el componente de regular aportación, al peso total de materia seca, en comparación con peso seco de mazorca y peso seco de hoja, esto para cada uno de los materiales, así también la media general, de peso seco de tallo, aporta $3,300 \text{ Kg ha}^{-1}$ a un total de $13,182 \text{ Kg ha}^{-1}$; Para esta variable el rango de variación entre híbridos fue $1,949$ a $3,830 \text{ Kg ha}^{-1}$.

Obsérvese que los híbridos que resultaron con mayor peso seco fueron SRM-2120 y HT-9019, con $3,830$ y $3,713 \text{ kg}$ respectivamente, el híbrido testigo alcanzó $3,510 \text{ kg ha}^{-1}$, aunque inferior a los tratamientos ya mencionados, cabe resaltar que los híbridos de mayor peso seco junto con el testigo sobrepasan la media general, resaltando también que el híbrido que resulto con el menor peso seco de tallo fue DAS- 2301 Cuadro 4.4.

4.2.4 Peso seco de hojas

Este es el componente de menor aportación, al peso total de materia seca, en comparación con peso seco de mazorca y peso seco de tallo, esto para cada uno de los materiales, por su parte la media general, aporta 2,374 Kg ha⁻¹ a un total promedio de 13,182 Kg ha⁻¹; Para esta variable el rango de variación entre híbridos fue 1,662 a 2,822 Kg ha⁻¹.

Los tratamientos de mayor peso seco de hojas fueron HT-9019 y G-8285 con 2,822 y 2,709 kg, el híbrido testigo G-8285 alcanzó 2,709 kg ha⁻¹, siendo el segundo tratamiento mas alto, la media general fue 2,374 kg ha⁻¹, la cual esta por debajo tanto del testigo como de los híbridos que resultaron superiores, los tratamientos de menor respuesta SRM-2120 y DAS-2301 con 1,662 y 1,729 kg respectivamente Cuadro 4.4.

4.2.5 Porcentaje de materia seca

Al respecto el híbrido HT-9019 mostró 29% y fue estadísticamente igual al 5% de probabilidad a seis de los híbridos evaluados, en tanto que G-8233 con 21.3 %, fue el de menor porcentaje, la media general fue 24.3% y el testigo alcanzó 23%; Es importante indicar que la materia seca es la producción de forraje al cual se le ha extraído toda la humedad contenida al momento de la cosecha, la variación que se observa en este sentido, se debe en buena parte a que genéticamente hay híbridos con mayor capacidad para producir mayores volúmenes de rendimiento, aunque también al ciclo biológico de los diferentes híbridos ya que al cosechar diferentes híbridos al mismo tiempo es variable el estado de madurez por lo que los genotipos mas precoces contienen menos humedad en el dosel al momento de cosechar en comparación con genotipos mas tardíos Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4 Aportación de diferentes partes estructurales de la planta y porcentaje de materia seca, al rendimiento total de materia seca de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008

Híbridos	Psm Kg	Pst Kg	Psh Kg	P ms %	Ms Kg
HT-9019	9,905	3,713	2,822	29.0 a	16,441
G-8222	9,276	3,540	2,323	27.0 ab	15,140
HT-7887	8,251	3,333	2,691	22.3 bc	14,277
TG-8535	8,551	3,200	2,055	24.3 abc	13,807
G-8285	7,409	3,510	2,709	23.0 bc	13,629
DAS-2348	7,486	3,445	2, 277	27.0 ab	13,210
SRM-2120	7,419	3,830	1,662	25.3 abc	12,913
N-83-N-5	6,787	3,009	2,607	25.0 abc	12,404
2-A-120	6,311	3,315	2,697	23.0 bc	12,324
G-8233	5,421	3,456	2,543	21.3 c	11,421
DAS-2301	5,758	1,949	1,729	23.0 bc	9,437
M. General	7,507	3,300	2,374	24.5	13,182

Psm= peso seco de mazorca, Pst= peso seco de tallos, Psh= peso seco de hojas; Pms; porcentaje de materia seca; Ms= Materia seca por hectárea.

4.2.6 Días a floración masculina

A este respecto se observó que los tratamientos de mayor precocidad en base a floración masculina fueron HT-9019 y 2-A- 120 con 69 y 71 días después de la siembra, los híbridos que resultaron ligeramente mas tardíos fueron N83-N5 y TG-8535, con 78 y 75 días respectivamente, por su parte el testigo resultó con 74 días a floración, en tanto que la media general quedó con 73 días a floración a partir de la siembra Cuadro 4.5.

4.2.7 Días a floración femenina

En este sentido se encontró que los híbridos ligeramente mas tardíos fueron N83-N5, HT-7887, TG-8535 y G-8285(t), con valores de 77 a 81 días transcurridos a partir de la siembra, por su parte los tratamientos que resultaron de ciclo ligeramente mas precoz fueron HT-9019, DAS-2348 y 2A-120 con 73 y 74 días Cuadro 4.5.

4.2.8 Altura de planta

Es uno de los parámetros que interviene en forma directa en la producción, en este sentido se encontró que los híbridos SRM-2120, HT-9019 y G-8222 resultaron con alturas entre 215 y 232 cm y tallos resistentes al acame, por el contrario los tratamientos N83-N5 y DAS-2301 resultaron con 185 y 186 cm de porte de planta, comparados con el testigo que alcanzó una altura de 214 cm. Al relacionar altura de planta con forraje fresco y materia seca por hectárea, se observa que en algunos híbridos como HT-9019, HT-7887 y G-8222 con alturas entre 214 y 219 cm fueron los que obtuvieron mayores rendimientos tanto de forraje fresco como de materia seca, es importante resaltar que el híbrido con menor altura de planta, fue el que obtuvo el menor rendimiento de forraje fresco y seco Cuadro 4.5.

4.2.9 Altura de mazorca

El híbrido que sobresale en altura de mazorca fue SRM-2120 con 115 cm, observándose que los tratamientos de menor altura son HT-7887 y N83-N5, ambos con 81 cm, en tanto que el testigo alcanzo 93 cm, la variación entre los híbridos de prueba fue entre 81 y 115 cm.

Al realizar una correlación entre altura de mazorca con materia seca, existe inconsistencia, debido a que algunos híbridos muestran que a mayor altura de mazorca es mayor el rendimiento de materia seca; Con respecto a forraje fresco se observa que los híbridos de mayor altura de mazorca, son también los de mayor rendimiento de forraje fresco Cuadro 4.5.

4.3 Plantas cosechadas por hectáreas

Se observa que resaltan con el mayor numero de plantas los híbridos HT-9019, G-8285(T) y N-83-N5, con valores de 92,105, 93,202 y 99,781 plantas ha^{-1} , dentro de tales híbridos se encuentra el testigo siendo de mayor numero de plantas cosechadas, a excepción de tratamiento DAS-2301, que resulto con menor numero de plantas cosechadas, la media general fue de 86,423 plantas ha^{-1} .

Al comparar con las demás variables se observa que los tratamientos que resultan altos en plantas cosechadas, son los mas precoces en cuanto a días de floración, así mismo resultan ser los de mayor altura tanto de planta como de mazorca y el porcentaje de planas estériles es minima Cuadro 4.5.

4.3.1 Plantas estériles

Al respecto se observa que el híbrido con mayor porcentaje de plantas estériles fue SRM-2120, con 16%, por el contrario el genotipo HT-9019 mostró 0%, donde la media general fue 3.9%; Por su parte el testigo resultó con 1% de plantas estériles, al comparar con materia seca se observa la tendencia de que a mayor cantidad de plantas estériles es menor el rendimiento de la materia seca de cada tratamiento. Al comparar con forraje fresco se determinó que a menor cantidad de plantas estériles fue mayor el rendimiento de forraje fresco y seco Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5 Promedios de seis características agronómicas de 10 híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.

Híbridos	Dfm	Dff	AP cm	AMaz cm	PI Cos/Ha	PI Est %
HT-9019	69	73	219	93	93,202	0 d
G-8222	73	76	215	82	91,009	2 bcd
HT-7887	73	77	214	81	88,816	1 cd
TG-8535	75	77	209	84	85,526	4 bcd
G-8285 (T)	74	77	214	93	99,781	1 cd
DAS-2348	73	74	204	89	75,658	1 bcd
SRM-2120	74	76	232	115	84,430	16 a
N-83N-5	78	81	185	81	92,105	5 bc
2 –A-120	71	74	205	90	91,009	1 cd
G-8233	72	75	202	85	83,333	5 bc
DAS-2301	74	76	186	83	65,789	6 b
M. General	73	76	192	89	86,423	3.9

* Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad (DMS). Dfm= Días de floración masculina; Dff = Días de floración femenina; Ap= Altura de planta; Am = Altura de mazorca; plcos/ha; plantas cosechadas por hectárea; PIEst = porcentaje de plantas estériles.

4.4 Características de calidad

4.4.1 Fibra detergente ácida

Los resultados indican que el híbrido con mayor porcentaje de fibra detergente ácida fue SRM-2120 con 25%, estadísticamente diferente al 5% de probabilidad al resto de materiales evaluados, por el contrario los genotipos con menor porcentaje de fibra detergente ácida fueron HT-7887 y DAS-2348 con 19.3 y 19.0, por su parte el testigo G-8285, mostró un valor de FDA de 20.3% Cuadro 4.6.

La correlación de fibra detergente ácida con materia seca, (-0.02560*, Cuadro 4.15), indica una tendencia negativa debido a que los híbridos de mayor producción de materia seca resultaron con bajos contenidos de fibra detergente ácida, lo cual favorece a la calidad del forraje en cuanto a una mayor digestibilidad y valor nutricional para el ganado; Por el contrario el híbrido SRM-2120 con 25% de FDA, obtuvo bajo rendimiento de materia seca, cabe indicar que la media general fue 21% de FDA , observándose que el genotipo de menor contenido de fibra fue DAS-2348 con 19% y 13,210 kg ha⁻¹ de materia seca Cuadro 4.6.

Un maíz de alta calidad forrajera presenta valores de fibra detergente ácida de 25 a 32% (Olague *et al.*, 2006) por lo que se asume que los materiales evaluados en este trabajo cuentan con buena calidad, al menos en cuanto a contenidos de fibra detergente ácida, ya que la tendencia es que a menor cantidad de fibra es mayor la digestibilidad y por lo tanto aumenta la calidad del forraje. Cuadro 4.6.

Los resultados de comparaciones entre híbridos de maíz forrajero y alfalfa para la característica de FDA.

Se observa que para esta variable, las tablas del NRC (Cuadro 4.7) no mencionan valores, todos los valores que se muestran en las fases fenológicas de la alfalfa son muy superiores a las que resultaron en las evaluaciones de maíz forrajero Cuadro 4.6.

4.4.2 Fibra detergente neutra

Los resultados obtenidos en cuanto a porcentaje de fibra detergente neutra FDA, indican que el híbrido SRM-2120, resultó con un valor de 46%, por el contrario HT-7887, mostró 36%, por su parte la media general resultó inferior a seis híbridos que muestran una variación de 39.3 a 46.0%, por el contrario el testigo G-8285 resultó con un valor de 38% Cuadro 4.6.

Al comparar fibra detergente neutra con materia seca(-0.02890^* , Cuadro 4.15), se observó que los tratamientos con mayor rendimiento de materia seca por hectárea fueron los que mostraron menor porcentaje de fibra detergente neutra, entre los que están HT-9019, HT-7887 y G-8222, con valores de 36 a 40%; En este sentido se indica que la media general fue 39.2% y un rendimiento promedio de $13,182 \text{ Kg ha}^{-1}$ de materia seca, es importante indicar que SRM-2120 con 46% de FDN, muestra un rendimiento de $12,913 \text{ kg ha}^{-1}$ de materia seca, en tanto que HT-7887 con 36% de FDN, rindió $14,277 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ms ha^{-1} Cuadro 4.6.

Un maíz de alta calidad nutritiva debe poseer valores de fibra detergente neutra de 40 a 52% (Olague *et al.*, 2006), lo cual permite determinar que cuatro híbridos HT-9019, TG-8535, SRM-2120 y 2-A120 están dentro del estándar de calidad, por otro lado se asume que SRM-2120 por su mayor porcentaje tanto de FDA como de FDN, es menor su digestibilidad y por lo tanto su calidad nutricional Cuadro 4.6.

Los resultados de comparaciones entre híbridos de maíz forrajero y alfalfa para la característica de FDN.

Respecto a FDN se destaca que el híbrido SRM-2120 con 46%, iguala al valor de alfalfa secada al sol a media floración (46%, Cuadro 4.7), también se observa que 2-A-120 con 43.2%, es ligeramente superior a la alfalfa en inicio de floración (42%, Cuadro 4.7), el híbrido TG-8535 con 41% es ligeramente superior a la alfalfa en etapa tardía (40%, Cuadro 4.7) y también lo iguala el HT-9019 con 40%. A su vez se observa que G-8233 con 39.3% es ligeramente superior a la alfalfa en etapa temprana (38%, Cuadro 4.7) y que también lo iguala el híbrido testigo con 38%, los cinco híbridos restantes contienen menos Fdn, que la alfalfa en estado fenológico temprana. Cuadro 4.6.

Cuadro 4.6 Promedios de dos variables de calidad y rendimiento de forraje fresco y materia seca de diez híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL 2008

Híbridos	FDA %	FDN %	Ff Kg	Ms Kg
HT-9019	21.0 c	40.0 c	57,401 a	16,441 a
G-8222	20.0 de	37.0 de	57,493 a	15,140 ab
HT-7887	19.3 ef	36.0 e	64,620 a	14,277 abc
TG-8535	22.1 b	41.0 c	56,689 ab	13,807 bc
G-8285 (T)	20.3 cd	38.0 d	60,124 a	13,629 bc
DAS-2348	19.0 f	37.3 de	49,653 ab	13,210 bcd
SRM2120	25.0 a	46.0 a	61,334 a	12,913 cd
N-83-N5	21.0 cd	39.3 c	52,426 ab	12,404 cd
2 -A120	21.0 c	43.2 b	54,386 ab	12,324 cd
G-8233	20.4 cd	39.3 c	53,984 ab	11,421 de
DAS-2301	21.0 cd	37.0 de	41,685 b	9,437 e
M. General	21	39.2	55,436	13,182
CV (%)	2	2	16	10

Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad (DMS). FDA= Fibra Detergente Acida; FDN = Fibra Detergente Neutra; Ff = Forraje Fresco por Hectárea; Ms = Materia Seca por Hectárea.

Cuadro 4.7. Valores de (Fda y Fdn) Van Soest y de la alfalfa en diferentes estados fenologicos obtenidos de las tablas del NRC.

Cultivo	FDA %	FDN %
Alfalfa secada al sol en etapa temprana	28	38
Alfalfa secada al sol en etapa tardía	29	40
Alfalfa secada al sol el inicio de floración	31	42
Alfalfa secada al sol a media floración	35	46
Alfalfa secada al sol en floración completa	37	50

FDA= Fibra Detergente Acida, FDN= Fibra Detergente Neutra.

4.4.3 Energía neta de lactancia

Es una característica de gran importancia que determina los requerimientos de energía o valores energéticos para la alimentación de las vacas lecheras.

Se puede observar que los híbridos que resultaron energéticamente superiores son el HT-7887, G-8222 y el DAS-2301, con 1.84 Mcal/kg y siendo por el contrario el más bajo el tratamiento SRM-2120, que ya anteriormente se había observado con una buena calidad nutritiva con respecto a FDA y FDN (Cuadro 4.6), sin embargo; en México un maíz forrajero debe poseer la cualidad de presentar un valor estándar de a partir de 1.45 Mcal/kg o más (Olague, *et al* 2006), para ser de calidad, en la tabla presentada se observa que todos los genotipos incluyendo el híbrido testigo aparecen estadísticamente superiores al nivel de calidad establecido según la literatura citada. La media general establecida es 2 Cuadro 4.8.

Los resultados de comparaciones entre híbridos de maíz forrajero y alfalfa para la característica de ENL.

La ENL calculada para los diferentes híbridos de maíz forrajero fue mas alta que la de las tablas de NRC para la alfalfa (1.50 Mcal/kg), (Cuadro 4.9), es decir que los tratamientos evaluados son energéticamente buenos para la alimentación del animal Cuadro 4.8.

4.4.4 Digestibilidad

Esta es una característica muy importante ya que determina la calidad nutricional del alimento a consumir para el animal y esto implica un buen mantenimiento, tanto del peso corporal y como de la producción de leche.

En el presente trabajo se encontró que los híbridos DAS-2348 Y HT-7887 resultaron como los de mejor digestibilidad con 74%, y una respuesta ligeramente superior a la media general que fue 73%, por el contrario se observa que los tratamientos de menor calidad con referencia a digestibilidad fueron TG-8535 Y SRM-2120 con valores de 70 y 72%, por su parte el testigo resultó igual a seis mas de los tratamientos con una digestibilidad de 73% Cuadro 4.8.

Vergara, (2002) determinó que un maíz forrajero es considerado de alta calidad nutricional si posee la cualidad de alcanzar un 65% o más de digestibilidad ya que esta es muy importante porque representa la cantidad de materia seca o conjunto de nutrientes consumibles, en este caso todos los híbridos evaluados superan por mucho el estándar de calidad de digestibilidad, la cual es importante por que de la digestibilidad depende la calidad nutricional del ganado y los intereses del productor para mayor productividad ya sea de leche Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8 Promedios de dos variables de calidad y rendimiento de forraje fresco y materia seca de 10 híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.

Híbridos	Enl		Dgst		Ff	Ms
	Mcal/kg		%		kg	kg
HT-9019	2.0	c	73.0	d	57,401 a	16,441 a
G-8222	2.0	ab	73.4	bc	57,493 a	15,140 ab
HT-7887	2.0	a	74.0	ab	64,620 a	14,277 abc
TG-8535	2.0	c	72.0	e	56,689 ab	13,807 bc
G-8285 (T)	2.0	b	73.0	cd	60,124 a	13,629 bc
DAS-2348	2.0	b	74.0	a	49,653 ab	13,210 bcd
SRM-2120	2.0	e	70.0	f	61,334 a	12,913 cd
N-83-N5	2.0	c	73.0	cd	52,426 ab	12,404 cd
2- A-120	2.0	d	73.0	d	54,386 ab	12,324 cd
G-8233	2.0	c	73.0	cd	53,984 ab	11,421 de
DAS-2301	2.0	ab	73.0	cd	41,685 b	9,437 e
M. General	2		73		55,436	13,182
CV (%)	1		1		16	10

* Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad (DMS). Enl= Energía neta de lactancia; Dgst = Digestibilidad; Ff = forraje fresco por hectárea; Ms = materia seca por hectárea.

Cuadro 4.9. Valores de Energía Neta de Lactancia de la Alfalfa en diferentes estados Fenológicos obtenidos de las tablas del NRC.

Cultivo	ENL Mcal/kg
Alfalfa secada al sol en etapa temprana	1.50
Alfalfa secada al sol en etapa tardía	1.42
Alfalfa secada al sol el inicio de floración	1.35
Alfalfa secada al sol a media floración	1.30
Alfalfa secada al sol en floración completa	1.23

ENL= Energía neta de lactancia.

4.4.5 Consumo de materia seca

Es una estimación de la cantidad de alimento que un animal consume como porcentaje de su peso corporal. Cuanto mas NDF en un forraje, menor es la cantidad que un animal puede consumir. García, 2005.

Resulta que los híbridos con mayor nivel de consumo son HT-7887, G-8222 y DAS-2301 con una variación de 3.27 a 3.34 Kg, a excepción de el tratamiento SRM-2120 que resulta ser el de menor consumo ya que alcanzó un valor de 2.63, la media general es de 3.06, la cual es sobrepasada por cinco genotipos el G-8222, HT-7887, G-8285 (t), DAS-2348 y DAS-2301 con valores entre 3.19 y 3.28 Kg Cuadro 4.10.

Al relacionar se puede decir que en ciertos híbridos a mayor cantidad de forraje fresco es menor el consumo de materia seca (-0.13262, Cuadro 4.15) por parte del animal, ya que a mayor digestibilidad es mayor el consumo de materia seca (0.79709, Cuadro 4.15), ayuda a mantener al animal con el peso y condición que se desea Cuadro 4.10.

4.4.6 Valor relativo del alimento

.Según García (2005). Valor relativo del alimento (RFV). El RFV es un índice que se usa para clasificar los henos o ensilajes, basado en el cálculo de la digestibilidad de la materia seca (DDM) y el consumo de materia seca (DMI). Se observa que los tratamientos mas altos son: HT-7887, DAS-2301, G-8222 y DAS-2348 con una variación de 188.33- 181.75 resultando estadísticamente iguales al 5% y estando por encima de la media general que es de 173.30 a excepción de los híbridos SRM-2120 y 2-A120 con valores de 150.98 y 150.06 respectivamente, en cuanto al testigo aparece por encima de la media general pero debajo en cuanto a calidad de los tratamientos ya mencionados Cuadro 4.10.

Al comparar con materia seca se ve una variación entre ambas variables, estadísticamente, esto puede atribuirse a que el valor del alimento va a depender de la digestibilidad, a mayor digestibilidad es mayor el consumo del alimento (0.79709, Cuadro 4.15) y la demanda de materia seca y por lo tanto es mayor el valor del alimento, pero además intervienen dos variables muy importantes la FDA y FDN, ya que estas son el punto de partida para la determinación de la calidad del alimento a proporcionar al animal, esto debido a que si es alto a bajo el nivel de las fibras la digestibilidad se ve afectada y a su vez todos los componentes de calidad del forraje Cuadro 4.10.

Al comparar valor relativo del alimento con forraje fresco se observa al igual que con la materia seca una variación estadística y que para tener un forraje de calidad, el rendimiento de forraje verde o fresco debe de tener ciertas cualidades que dependen desde la cantidad de fibras que este aporte, el nivel de digestibilidad y energía neta de lactancia, para la demanda de consumo y esto depende también de factores bioquímicos que pueden alterar o reducir su calidad nutritiva al brindarle el forraje en verde al ganado, en general el valor relativo del alimento va a depender de la calidad nutritiva en la que se mantenga al forraje en fresco Cuadro 4.10.

Los resultados de comparaciones entre híbridos de maíz forrajero y alfalfa para la característica de VRF.

En el VRF se destaca que el híbrido TG-8535 con 164.02 %, iguala a la alfalfa secada al sol en etapa temprana (164.23%, Cuadro 4.11), también se observa que los híbridos SRM-2120 y 2-A-120, con valores de 150.98 y 150.06%, se muestran ligeramente superiores a la alfalfa secada al inicio de floración (154.20%, Cuadro 4.11). Por consiguiente los ocho híbridos restantes resultaron con mayor porcentaje de valor relativo del alimento o forraje que los valores que se presentan en las tablas del NRC para la alfalfa en sus diferentes estados fenológicos Cuadro 4.10.

Cuadro 4.10 Promedios de dos variables de calidad y rendimiento de forraje fresco y materia seca de 10 híbridos de maíz de ciclo precoz vs un testigo regional, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.

Híbridos	Cms	Vra %	Ff kg	Ms kg
HT-9019	3.02 c	172.27 c	57,401 a	16,441 a
G-8222	3.27 ab	185.29 ab	57,493 a	15,140 ab
HT-7887	3.34 a	188.33 a	64,620 a	14,277 abc
TG-8535	2.95 c	164.02 d	56,689 ab	13,807 bc
G-8285 (T)	3.19 b	180.74 b	60,124 a	13,629 bc
DAS-2348	3.21 b	181.75 ab	49,653 ab	13,210 bcd
SRM-2120	2.63 e	150.98 e	61,334 a	12,913 cd
N-83-N5	3.05 c	172.25 c	52,426 ab	12,404 cd
2 –A-120	2.77 d	150.06 e	54,386 ab	12,324 cd
G-8233	3.04 c	172.47 c	53,984 ab	11,421 de
DAS-2301	3.28 ab	188.33 a	41,685 b	9,437 e
M. General	3.06	173.30	55,436	13,182
CV (%)	2.18	2.26	16	10

Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad (DMS). Cms =Consumo de Materia Seca; Vra = Valor Relativo del Alimento; Ff = Forraje Fresco por Hectárea; Ms = Materia Seca por Hectárea.

Cuadro 4.11 Valores de Valor Relativo de Forraje de la Alfalfa en diferentes estados Fenologicos obtenidos de las tablas del NRC.

Cultivo	VRF %
Alfalfa secada al sol en etapa temprana	164.23
Alfalfa secada al sol en etapa tardía	154.20
Alfalfa secada al sol el inicio de floración	143.41
Alfalfa secada al sol a media floración	124.64
Alfalfa secada al sol en floración completa	111.77

VRF= Valor Relativo del Forraje.

4.5 Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza, indican alta significancia entre tratamientos para peso húmedo de mazorca, peso húmedo de tallo, peso seco de mazorca y peso seco de tallo, se observa que peso húmedo de hojas y peso seco de hojas muestra un valor no significativo respecto al 1% de probabilidad Cuadro 4.12.

Los resultados, indican que plantas estériles y la producción de materia seca por hectárea resultó altamente significativa entre tratamientos, el porcentaje de materia seca y la producción de forraje fresco por hectárea, resultaron no significativos Cuadro 4.13.

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA), realizado, se observan las siguientes variables fibra detergente acida, fibra detergente neutra, energía neta de lactancia, digestibilidad, consumo de materia seca y valor relativo del alimento resultan con valores altamente significativos con respecto al 1% de probabilidad Cuadro 4.14.

Cuadro 4.12 Cuadrados medios y significancia para seis características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz vs un testigo regional evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.

F.V	GL	Phm	Pht	Phh	Psm	Pst	Psh
Trat	10	32126.88**	9725.82**	2860.18	25236.58**	7675.04**	2337.79
Blo	2	16565.23	3304.67	569.02	13800.54	3179.91	300.85
C.V							
(%)	-	16.39	22.17	26.36	16.42	21.99	27.22

(**) (*) Altamente significativo y significativo respectivamente al 0.01 y 0.05 de probabilidad.

Phm = peso húmedo de mazorca; Pht = peso húmedo de tallo; Phh = peso húmedo de hoja; Psm = peso seco de mazorca; Pst = peso seco de tallo; Psh= peso seco de hojas.

Cuadro 4.13 Cuadrados medios y significancia para cuatro características agronómicas de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz vs un testigo regional evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008

F.V	GL	plEst	Pms	Ms/ha	Ff/ha
Trat	10	3.08**	15.20	10435829.3**	115679472
Blo	2	0.09	6.30	1032677.8	110232651
C.V					
(%)	-	51.32	10.90	9.66	15.93

(**)(*) Altamente significativo y significativo respectivamente al 0.01 y 0.05 de probabilidad.

PIEst = plantas estériles; Pms = porcentaje de materia seca; Ms/ha = Materia seca por hectárea; Ff/ha = Forraje fresco por hectárea.

Cuadro 4.14 Cuadrados medios y significancia para un seis variables de calidad de diez híbridos de maíz forrajero de ciclo precoz vs un testigo regional evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008.

F.V	GL	FDA	FDN	ENL	Dgst	Cms	Vra
Trat	10	6.79**	26.70**	0.01**	4.11**	0.1468**	554.94**
Blo	2	0.23	0.28	0.00011	0.14	0.0016	8.75
C.V							
(%)	-	2.25	2.25	1.22	0.50	2.18	2.26

(**)(*) Altamente significativo y significativo respectivamente al 0.01 y 0.05 de probabilidad

FDA = fibra detergente acida; FDN = fibra detergente neutra; ENL = energía neta de lactancia; Dgst = digestibilidad; Cms = Consumo de materia seca; Vra= Valor relativo del alimento.

4.6 Análisis de correlación

Referente al análisis de correlación se encontraron resultados altamente significativos para Phm – Fdn y Enl, Psm- Fdn, Enl y PIEst, Pst- Pms, Psh- Ms/ha y Vra- Ms/ha, también se encontraron resultados significativos para Phm- Cms y PIEst, Pht- Pms, Phh- Ms/ha, Psm-Cms y Vra, Fda-Ms/ha, Fdn- Pms y Ms/ha, Enl- Ms/ha, Dgst- Ms/ha, Vra-Pms, PIEst-Pms y Ms/ha-Ff/ha Cuadro 4.15.

Cuadro 4.15 Catorce variables correlacionadas de características agronómicas y de calidad de forraje de 10 híbridos vs un testigo regional de maíz forrajero, evaluados en la Comarca Lagunera, UAAAN – UL, 2008

	phm	Pht	Phh	Psm	pst	psh	Fda	fdn	enl	dgst	cms	vra	plEst	pms	msha	Ffha
Phm																
Pht	0.3938															
Phh	-0.2028	0.3280														
Psm	0.9983	0.3978	-0.1912													
Pst	0.4248	0.9896	0.2896	0.4283												
Psh	-0.2242	0.3409	0.9912	-0.2112	0.3016											
Fda	0.0966	0.2371	-0.3345	0.0788	0.2198	-0.3268										
Fdn	0.0008**	0.2936	-0.1023	-0.0027**	0.2664	-0.1002	0.8145									
Enl	0.0014**	-0.2923	0.1034	0.0052**	-0.2652	0.1012	-0.8163	-0.9999								
Dgst	-0.0966	-0.2371	0.3346	-0.0788	-0.2198	0.3268	-1.0000	-0.8146	0.8163							
Cms	0.0218*	-0.2854	0.0841	0.0245*	-0.2570	0.0837	-0.7970	-0.9971	0.9971	0.7970						
Vra	0.0525*	-0.2572	0.0669	0.0508*	-0.2275	0.0640	-0.7295	-0.9772	0.9769	0.7296	0.9830					
PIEst	0.0207*	0.0868	-0.3223	0.0177**	0.0778	-0.2743	0.6073	0.3984	-0.3991	-0.6073	-0.3803	-0.2991				
Pms	0.3849	-0.0213*	-0.2128	0.3771	0.0014**	-0.2509	0.1031	0.0595*	-0.0602	-0.1031	-0.0654	-0.0374*	0.0340*			
Msha	0.5760	0.1895	0.0425*	0.5679	0.1993	-0.0086**	-0.0256*	-0.0289*	0.0303*	0.0255*	0.0243*	0.0062**	-0.3220	0.5504		
ffha	0.2454	0.4816	0.2430	0.2384	0.4558	0.2289	0.1500	0.1444	-0.1428	-0.1500	-0.1326	-0.1395	-0.0991	-0.2762	0.4985*	

** Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.01 respectivamente.

Phm = peso húmedo de mazorca; Pht = peso húmedo de tallo; Phh = peso húmedo de hojas; Psm = peso seco de mazorca; Pst = peso seco de tallo; Psh = peso seco de hojas; Fda = fibra detergente acida; Fdn = fibra detergente neutra; Enl = energía neta de lactancia; Dgst = digestibilidad ; Cms= consumo de materia seca ; Vra= valor relativo del alimento; PIEst = porcentaje de plantas Estériles ; Pms = porcentaje de materia seca; Msha = materia seca por hectárea ; Ffha = forraje fresco por hectárea.

V. CONCLUSIONES

A mayor peso húmedo de mazorca mayor es el rendimiento de forraje fresco, en este sentido los genotipos sobresalientes fueron G-8222 y SRM-2120

A mayor peso húmedo de hojas es mayor el rendimiento de forraje fresco

HT-7887 fue el híbrido superior en rendimiento de forraje fresco, con 64,620 kg ha⁻¹, así también obtuvo una producción 14,227 kg/ha de materia seca.

Peso húmedo de mazorca, resultó ser el de mayor aportación al peso total de forraje fresco, en comparación con peso húmedo de tallo y peso húmedo de hoja.

Los híbridos superiores en rendimiento de materia seca, fueron HT-9019, G-8222 y HT-7887, con producciones de 16,441, 15,140 y 14,277 kg ha⁻¹

A mayor peso seco de mazorca fue mayor la producción de materia seca, donde los híbridos sobresalientes fueron HT-9019 y G-8222.

Peso seco de mazorca, es el componente de mayor aportación, al peso total de materia seca por hectárea, en comparación con peso seco de tallo y peso seco de hoja, donde sobresale HT-9019, con valores de 9,905, 3,713 y 2,822 kg ha⁻¹, respectivamente.

Los híbridos de mayor producción de materia seca resultaron con bajos contenidos de fibra detergente ácida

Los híbridos con mayor rendimiento de materia seca por hectárea fueron los que mostraron menor porcentaje de fibra detergente neutra, entre los que están HT-9019, HT-7887 y G-8222, con valores de 40, 36 y 37%, respectivamente.

El comportamiento general indica que a menor porcentaje de fibra es mayor la digestibilidad y por lo tanto la calidad del forraje.

A mayor digestibilidad, mayor fue el consumo del alimento y la demanda de materia seca y por lo tanto mayor el valor del alimento, donde sobresalen DAS-2348 y HT-7887, con digestibilidad de 74%.

Los híbridos con mejor respuesta en ENL, fueron HT-7887, G-8222 y DAS-2301, con 1.84 Mcal/kg.

Los híbridos con mayor nivel de consumo de alimento fueron HT-7887, G-8222 y DAS-2301 con de 3.34, 3.27 y 3.28.

Los híbridos de mayor altura de planta fueron HT-9019, HT-7887 y G-8222 con 219, 214 y 215 cm obtuvieron mayores rendimientos de forraje fresco y materia seca, con excepción de SRM-2120 la mayor altura, pero que no presenta buen rendimiento de forraje fresco y materia seca.

A menor porcentaje de plantas horras, mayor fue el rendimiento de forraje fresco y seco.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo H. E, 2005. Fisiología del Rendimiento de Maíz. Universidad de Chile.
- Aldrich R. S., Leng R. Earl., 1974. Producción Moderna de Maíz, Buenos Aires, Argentina.
- Beriola M. L, 2002. El cultivo de Maíz para ensilaje, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Lomas de Zamora 1^{ra} parte.
- Cantú B. J. E. Apuntes de Cultivos Forrajeros, Departamento de Fitomejoramiento, UAAAN – UL. Torreón, Coah. Agosto, 1983, pp. 23-27 y 60.
- Correa C. H. J. 2001. Nutrición y Alimentación de la vaca en transición. Universidad de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias, pp. 8-10.
- Daña V. D. J. F. 2005. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional del Centro, El Maíz como cultivo Forrajero.
- De la loma J. L. 1985 Forrajes. La ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos, editorial continental, 2da edición, México, pp. 375-376.
- Duthil J. Producción de Forrajes. 3ra edición, Mundi-Prensa, Madrid, España, 1980, pp. 268.
- Espinoza B. A., Gutiérrez del R. E, Palomo G. A., Lozano G. J. J. y González C. M. E. 2003. Estimación de los efectos genéticos en híbridos varietales de maíz forrajero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”

- Funaro, D. L. S. H. A. Paccapelo, 2007. Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa. C. c. 300. 6300, Santa Rosa, la pampa.
- Galvete F. Gonzalo., 2004. Factores que Afectan a la Calidad de Ensilaje de Hierba y a la planta de Maíz Forrajero. Departamento de Producción Animal, Madrid, España.
- García Á., Kalscheur K., 2005. Interpretación del análisis del ensilaje de Maíz, Noviembre 18.
- Guerrero A. 1992. Cultivos herbáceos extensivos 5ª edición, mundi -prensa, Madrid, España, pp. 185-186.
- Gutiérrez M. L., Enrique V. R. 2007. Silaje de la planta entera 1ª parte. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar de Plata.
- Greenpeace, 2000. El maíz en America Latina, contaminación del centro de origen del maíz.
- INIFAP, 2007. Tecnología de Producción para el cultivo de Maíz de temporal en el Altiplano de San Luis Potosí
- Infoagro, 2002. Agricultura. El cultivo del Maíz 1ª parte. El Maíz forrajero.
- Infoagro, 2008. Cereales; arroz, avena, cebada, centeno, maíz. El maíz forrajero.
- Infoagro, 2007. El Ensilaje. Una Alternativa para la Conservación de Forrajes. Boletín técnico. Bucaramanga, Pág., 8-9

Johnson C. R. N. Newton J. P. Wilson L. D. (1997) yield, Composition and in vitro digestibility of temperate and tropical corn hybrids grow as silage crops plantad in summer J Dairy sc: 80: 550-557.

Jugenheimer W. Robert., Maíz, Variedades Mejoradas. Métodos de cultivo y Producción de Semillas, editorial Limusa, 1er edición, México, 1981, pp. 47.

Juscafresa B. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo, editorial AEROS, Barcelona, España, 1974, pp. 166.

Marichai D. J. M. Trujillo A. I. 2008. Digestibilidad, Nutrición Animal, Montevideo, Uruguay.

Margiotta F., Ing. Agro. Reinoso L. 2002. Evaluación de materiales comerciales de Maíz. Silaje de planta entera, Vol. 12 N^o 40.

NRC Tablas (National Research Council)

Núñez H. G. 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional, centro de investigación regional norte centro, campo experimental la laguna.

Núñez H. G., González C. F., Faz C. R., Figueroa V. U. INIFAP, 2006. Tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional, centro de investigación regional norte centro, campo experimental la laguna.

Olague R. J., Montemayor T. J. A., Sánchez B. R., Fortis H. M., Aldaco N. R., 2006 Características Agronómicas y Calidad del Maíz Forrajero con Riego Sub-superficial, México.

- Peña R. A., Gonzáles CF., Núñez, HG., Jiménez G. C., 2004. Aptitud combinatoria de líneas de Maíz para alta Producción y Calidad Forrajera. Rev. Fitotec, México, pp. 1-6.
- Reyes C. P., 1990. El maíz y su cultivo. A. G. T. Editor, S.A de C.V. México.
- Rodríguez H. S. A. Santana R. J. Córdova N. Lozano E. M. Bolaños J. G. (2000) Caracteres de importancia para fitomejoramiento del maíz para ensilaje. Memorias del XVIII Congreso Nacional de Fitomejoramiento, Pág. 148
- Robles S. Raúl, 1983. Producción de Granos y Forrajes 5ª edición, México, pp. 76-77.
- SAGARPA, 2008. Delegación en la Región Lagunera, subdelegación de ganadería. El siglo de Torreón, suplemento especial comarca lagunera.
- Siap. SAGARPA, 2007. Índice de Maíz. Importancia del Maíz en el Sector Agropecuario Nacional
- Torres Ruiz Edmundo, 1995. Agrometeorología, trillas, 1ra edición, México, Pág., 48.
- Thiex N. Interpretación de los Análisis de Ensilaje de Maíz, Extensión. Mayo 2005.
- Tjardes Kent. Interpretación de los Análisis de Henos y Henilajes, COLLEGE OF AGRICULTURE, Mayo 2005.
- Urbano Terrón P. (2008). Fitotecnia. Ingeniería de la producción vegetal, edición mundi-prensa, Barcelona, España, pp., 507-510.

Usach L., Bencardini J., 2003. Cereales. Universidad de Moran. Facultad de Agronomía.

Vergara N. A., Ramírez, M. S., Córdoba N., 2002. Comportamiento de cruas simples y aptitud combinatoria de líneas tropicales de Maíz de grano blanco, Pág.- 52.