

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

**DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**POTENCIAL FORRAJERO EN HIBRIDOS DE MAIZ SIMPLES  
PROVENIENTES DEL CIMMYT**

**POR:**

**LUCIA RANGEL CAMPOS**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**DICIEMBRE 2012**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DE LA C. LUCIA RANGEL CAMPOS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor Principal:

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:

  
DR. JOSE LUIS PUENTE/MANRIQUEZ

Asesor:

  
ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

Asesor:

  
DR. HECTOR JAVIER MARTINEZ AGÜERO

  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2012

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS

TESIS DE LA C. LUCIA RANGEL CAMPOS, QUE SOMETE A LA  
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR Y APROBADA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

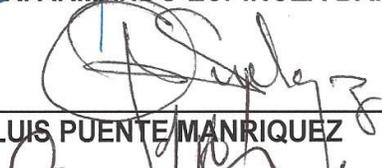
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE: \_\_\_\_\_

  
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

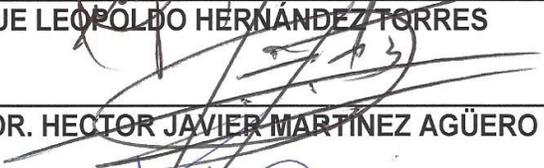
VOCAL: \_\_\_\_\_

  
DR. JOSE LUIS PUENTE MANRIQUEZ

VOCAL: \_\_\_\_\_

  
ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNANDEZ TORRES

VOCAL SUPLENTE: \_\_\_\_\_

  
DR. HECTOR JAVIER MARTINEZ AGÜERO

  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2012

## *AGRADECIMIENTOS*

*A DIOS, Gracias padre santísimo por haberme dado la oportunidad de lograr este paso en mi vida, por haberme acompañado a lo largo de este tiempo y por demostrarme que estas conmigo, te amo dios mío, gracias señor.*

*A mi querida “Alma Terra Mater” con mucho cariño a mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna** por haberme formado no solo como una profesional sino como un mejor ser humano, para ofrecer lo mejor de mí a los demás.*

*Con todo respeto y admiración al **Dr. Armando Espinoza Banda**, por haberme permitido ser su tesista y haberme apoyado en los momentos difíciles de mi carrera, gracias por su amistad y sus consejos los llevare siempre conmigo, lo quiero mucho.*

*A mis asesores que formaron parte de este trabajo: Muchas gracias.*

*Dr. Armando Espinoza Banda*

*Dr. José Luis Puente Manríquez*

*ING. Enrique Leopoldo Hernández Torres:*

*DR. Héctor Javier Martínez Agüero*

*Excelentes catedráticos y grandes seres humanos.*

*A todos mis profesores, a lo largo de mi carrera por sus enseñanzas*

*A mis amigas que quiero muchísimo **Karen, Blanquita, Ori, Elizabeth, Cristina, Chío y Norma**. Gracias por su apoyo incondicional y discúlpeme por todas las molestias que les ocasione, siempre las recordare.*

## DEDICATORIA

*A Dios padre, Hijo y Espíritu santo por levantarme y darme las fuerzas necesarias para salir adelante.*

*A mi madre Santa la Virgencita de Guadalupe te amo madre mía.*

*A mis padres Teresa y José Ángel por darme todo su apoyo incondicional siempre.*

*A mis hijos Jaime, Fernanda, Lucía y Lupita que son mi motor de vida para salir adelante, luchen siempre por lo que deseen en la vida, yo sé que ustedes lograrán siempre lo que se propongan.*

*A mis hermanos José Ángel, Teresa, Felipe y Eduardo; los quiero mucho, gracias por todo su apoyo y tolerancia.*

## CONTENIDO DEL INDICE

<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	i
<i>DEDICATORIA</i> .....	ii
RESUMEN.....	1
I.INTRODUCCIÓN.....	2
1.1    Objetivos.....	5
1.2    Hipótesis .....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
2.1    El maíz como cultivo forrajero .....	6
2.2    Forraje .....	7
2.3    Calidad del forraje .....	9
2.4    Híbridos.....	15
2.5    Tipos de híbridos .....	16
2.6    Rendimiento del maíz forrajero .....	17
2.7    Cosecha .....	18
Etapa de madurez.....	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1    Ubicación geográfica del sitio experimental .....	19
3.2    Material genético .....	20
3.3    Diseño y parcela experimental .....	21
3.4    Manejo agronómico.....	21
3.4.1    Preparación del terreno.....	21
3.4.2    Siembra.....	21
3.4.3    Control de malezas .....	21
3.4.4    Control de plagas .....	21
3.4.6    Riego .....	22
3.5    Variables evaluadas en campo .....	22
3.5.1    Floración masculina (FM).....	22
3.5.2    Floración Femenina (FF).....	22
3.5.3    Altura de planta (AP) .....	22
3.5.4    Altura de mazorca (AM) .....	22
3.5.5    Rendimiento de forraje verde (RFV) .....	23

3.5.6 Materia seca (MS) .....	23
3.5.7 Índice de mazorca (IMZ) .....	24
3.6 Variables evaluadas en laboratorio de calidad forrajera: .....	24
3.6.1 Determinación de fibra detergente acida (%FAD) .....	24
3.6.2 Porcentaje de fibra detergente neutra (%FND) .....	25
3.6.3 Energía neta de Lactancia (ENL) .....	25
3.6.4 Digestibilidad de la materia seca (DMS) .....	26
3.6.5 Determinación de proteína por el método Kjeldahl.....	26
3.6.5.1 Digestión.....	27
3.7 Análisis estadístico.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1 Análisis de varianza .....	28
4.1. Floración masculina (FM).....	29
4.2. Floración femenina (FF) .....	29
4.3 Altura de planta (AP).....	30
4.4 Altura de la mazorca (AM). .....	30
4.5 Fibra detergente acida (FDA).....	31
4.6 Fibra detergente neutra (FND).....	31
4.7 Energía neta de lactancia (ENL).....	31
4.8 Digestibilidad de la materia seca (DMS).....	32
4.9 Materia seca (MS).....	33
4.10 Rendimiento de forraje verde (RFV). .....	33
4.11 Nitrógeno transformado (N).....	34
4.12 Proteína cruda transformada (PC). .....	34
4.13 Índice de mazorca (IMZ) .....	35
V. CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38
VII. APÉNDICE .....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
2.1	Calidad nutricional del maíz forrajero	9
2.2	Criterios de calidad para fuentes forrajeras de acuerdo a los valores de parámetros de calidad. (Herrera, 1999).	9
2.3	Parámetros de Calidad de Forraje (Lozano, 2000).	9
2.4	Variación del Contenido de Nutrientes del ensilaje de maíz (INIFAP, 2010).	10
3.1	Máximas y Mínimas registradas en la Comarca Lagunera en el año de 2011. (UAAAN-UL).	18
3.2	Genotipos de maíz utilizado en el ciclo agrícola primavera- verano 2011.	19
4.1	Significancia de cuadrados medios	28
4.2	Valores medios.	32
7.1	Valores medios.	48
2. A.	Codificación para el diseño de alfa latice en lenguaje SAS 9.1.3.	49

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objeto de caracterizar híbridos por su producción, y Calidad de forraje, se evaluaron en condiciones de riego 28 híbridos experimentales provenientes del CIMMYT y dos testigos regionales, en el campo experimental y en el laboratorio de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. En el ciclo primavera- verano de 2011. Se estableció un diseño Alfa látice, dividida en 18 bloques y 5 tratamientos dentro del bloque con 3 repeticiones. La parcela experimental y la parcela útil se establecieron en 2 surcos de 5 metros a 75 cm entre surcos. Se cuantificó: Floración masculina (FM), Floración Femenina (FF), Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM), Rendimiento de forraje verde (RFV), Materia seca (MS), Peso de planta (PP), Fibra detergente acida (%FAD), Fibra detergente neutra (%FND), Energía neta de Lactancia (ENL), Digestibilidad de la materia seca (DMS) y Proteína cruda (PC). Los híbridos fueron estadísticamente diferentes para las variables de calidad y producción, encontrándose con la mejor Calidad y producción los híbridos-(03, 06, 16, 18, 26, 27 y 30) donde los resultados son aceptables reportados con los del (INIFAP., 2010 y Lozano 2000).

**Palabras clave:** Calidad Forrajera, Rendimiento, Producción.

## I.INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea maíz L.*) es originario de México y América Central. Esta especie tiene una amplia distribución geográfica de los 50° de latitud norte a los 40° de latitud sur y desde los 0 a 3,300 msnm, y es cultivado en regiones tropicales, subtropicales y templadas (Ruíz *et al.*, 1999). El maíz como forraje es muy utilizado y apreciado en la producción animal por su valor energético, además, el ensilaje de este cultivo es una práctica que va ganando popularidad porque al conservarlo de esta forma la Calidad del forraje es muy similar a la que tiene la planta en pie al momento de la cosecha, tiene una alta palatabilidad, y el ensilaje es mas flexible que el henificado porque no depende del clima (Schroeder, 2004; Bates, 1998; Wheaton *et al.*, 1993).

La selección del híbrido o variedad es el inicio para obtener una producción de forraje rentable y un ensilaje de alta calidad. Para condiciones de riego se recomienda sembrar híbridos, porque han sido formados para que buena parte de su biomasa provenga de la mazorca, lo cual es necesario para producir un forraje de alto contenido energético. La selección de la variedad o híbrido se debe basar en los siguientes aspectos: 1) Rendimiento de forraje, se deben escoger los híbridos que produzcan más forraje, 2) Cantidad de mazorca o grano que producen; un buen ensilaje requiere de que la planta lleve una alta cantidad de grano para que ocurra un proceso de fermentación adecuado y el ensilaje presente un alto contenido de energía. Se recomienda escoger híbridos y variedades que produzcan al menos 40% de su peso como mazorca 3) Calidad nutricional, hay que tomar en cuenta la digestibilidad y contenidos de fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, proteína cruda y de energía neta de lactancia que producen cada híbrido o variedad (Bagg, 2001).

Los mejores híbridos son los que tienen bajos valores de fibra y altos en digestibilidad y energía neta de lactancia. Otro aspecto a tomar en cuenta es el costo de la semilla, ya que algunos híbridos son muy caros y su rendimiento es igual a otros más baratos (Anónimo, 2005). La Comarca Lagunera es una de

las cuencas lecheras más importantes a nivel nacional, donde se siembran aproximadamente, 24 000 ha de maíz forrajero (SAGARPA, 2005) y el 90% se siembra con híbridos comerciales para grano de compañías multinacionales desarrollados para otras regiones del país, por lo general se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en Calidad de forraje (Peña *et al.*, 2003). Por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los incrementos en la calidad del forraje. En esta región la producción promedio por hectárea es de 51 t de forraje fresco y 15 t de forraje seco (Reta *et al.*, 2002).

El maíz es un cultivo adaptado a una gran diversidad de ambientes; es una especie cuya fotosíntesis se realiza mediante el ciclo de carbono C<sub>4</sub> y se caracteriza por tener una alta capacidad de producción de materia seca, que lo hace atractivo como forraje para la producción de leche. Por lo general, los híbridos forrajeros, son seleccionados arbitrariamente por su capacidad productora de materia seca, y poco interés se ha puesto en mejorar su calidad nutritiva (Peña, 2002). El creciente aumento en la producción de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, plantea la necesidad de definir estrategias de trabajo que permitan indicar fuentes de germoplasma y aprovechar el potencial genético existente a través de programas de mejoramiento genético. A la fecha ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México ha sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para mayor producción y Calidad forrajera, sino que fueron seleccionados por rendimiento de grano (Peña *et al.*, 2004).

Los productores de maíz para forraje disponen de diferentes híbridos de maíz formados originalmente para la producción de grano. Estos híbridos son diferentes por su origen (tropicales o templados), altura y ciclo (días a cosecha) entre otras características agronómicas. Actualmente, no existe información sobre el grado de variación de las características agronómicas y químicas y su relación con el valor energético del germoplasma comercial de maíz que se

utiliza para forraje, ya que cada año aparecen nuevos híbridos comerciales en la región (Núñez, 2003).

Estudios han indicado correlaciones inconsistentes entre el rendimiento y variables de calidad nutritiva en maíz forrajero (Coors, 1996). Estos resultados indican la conveniencia de conocer tanto el rendimiento como la calidad nutritiva de los diferentes híbridos de maíz para hacer la mejor elección posible, ya que híbridos con menor rendimiento de materia seca por hectárea pero con una alta digestibilidad pueden llegar a tener un mayor potencial para producción de leche por unidad de superficie que híbridos de alto rendimiento y baja digestibilidad (González *et al.*, 2002). Por otra parte, existe la controversia sobre la importancia relativa del rendimiento de forraje versus la calidad nutricional de los híbridos de maíz. Esto puede depender del escenario que se vive, por ejemplo, donde existe suficiente forraje para cubrir las necesidades del ganado y el costo de alimentación es alto, la calidad de los híbridos pudiera ser importante, pero en otras donde no se completan las necesidades de forraje, el rendimiento de forraje puede ser el criterio más importante. La liberación y siembra de variedades de maíz con mayor potencial de rendimiento y calidad nutricional, trae consigo una mayor extracción de nutrientes del suelo. El cultivo de maíz para ensilaje extrae en promedio 14 kg ha<sup>1</sup> de nitrógeno (N), por cada tonelada de materia seca cosechada (Figuroa *et al.*, 2002).

Es importante buscar mejores alternativas en cuanto a genotipos que aseguren altos rendimientos de forraje tomando en cuenta una mayor relación hoja-tallo, elote-planta, alta producción de materia seca y mayor calidad nutritiva (Clark *et al.*, 2002).

Dada la importancia del cultivo en la alimentación humana y animal es necesario llevar a cabo estudios de selección de híbridos ya sea comerciales y experimentales para las condiciones de manejo del cultivo de maíz en la Comarca Lagunera.

## **1.1 Objetivos**

Cuantificar el potencial de Producción y Calidad de forraje de los híbridos del CIMMYT en la comarca lagunera.

## **1.2 Hipótesis**

Ho: los híbridos son potencialmente iguales en la producción y calidad de forraje en la comarca lagunera.

Ha: los híbridos no son potencialmente iguales en la producción y calidad de forraje en la comarca lagunera.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 El maíz como cultivo forrajero

El maíz (*Zea maíz*), originario de México y Centroamérica, es una excelente opción forrajera que por sus características productivas podría ser utilizada en zonas agrícolas donde, ni aun las especies de pastos más adaptados, permitirán maximizar la capacidad de carga por hectárea (Fuentes *et al.*, 2000).

Es el cereal que se ubica, después del trigo y el arroz, como el cultivo que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y a inicios del XXI. Lo anterior se debe a que en los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados, y recientemente para la producción de etanol, además de su capacidad de adaptarse a condiciones climáticas y edáficas diversas (Colín y Morales, 2011).

En cultivo, para la producción de forraje, el maíz ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y un alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano, Arias y Llanea 1986).

El material genético que normalmente se siembra en la Comarca Lagunera, proviene de otras regiones, donde en la mayoría de los casos se utiliza para producción de grano y sin adaptación. La falta de materiales (híbridos o variedades) específicos para la Región Lagunera, representa un problema actual pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región, donde predominan materiales introducidos. Hace casi diez años aproximadamente el 52% de los agricultores utilizaban materiales mejorados (Gutiérrez, 1992), actualmente se estima que el 93% recurre a este tipo de

tecnología (Gutiérrez *et al.*, 2000). El resto de los productores, utiliza variedades criollas y ocasionalmente semillas de generaciones segregantes, procedentes de progenies de híbridos.

## 2.2 Forraje

En los últimos cinco años (2006-2010) se sembraron en promedio alrededor de 8 millones 368 mil 288 hectáreas en condiciones de riego temporal, de las cuales 95 % corresponde a la superficie destinada a la producción de maíz grano y el resto 5% representa la producción de forraje verde(SIAP., 2011).

En la Comarca Lagunera el maíz forrajero con una superficie cosechada de 31, 164 ha (SAGARPA, 2010) es considerado como uno de los cultivos forrajeros más importantes en la región, debido a su alta productividad, alta eficiencia en el uso del agua y alto contenido energético (Núñez *et al.*, 2003). Considerada como una de las cuencas lecheras más importantes del país, en el 2010 se sembraron 30 mil 306 hectáreas de maíz en condiciones de riego y 858 hectáreas en condiciones de temporal, las cuales presentaron un rendimiento promedio de 44.76 y 18.21 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde respectivamente (SIAP, 2011).

En la Comarca Lagunera de Coahuila durante los últimos cinco años se sembraron 11 mil 956 hectáreas de maíz para forraje verde en condiciones de riego, con un rendimiento promedio de 45.59 t ha<sup>-1</sup>. No se reportaron datos de siembra en temporal. Datos proporcionados por la SAGARPA y el SIAP (2011).

Por lo general se considera que híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Geiger *et al.*, 1992; Peña *et al.*, 2003).

En evaluaciones de diferentes híbridos de maíz para forraje en la Comarca Lagunera, se observó que una buena Calidad del forraje se obtiene seleccionando híbridos que produzcan más de 540 g kg<sup>-1</sup> de mazorca, con lo cual se asegura una digestibilidad *in vitro* de la materia seca mayor a 680 g kg<sup>-1</sup> y una energía neta de lactancia de 1.5 Mega calorías o más por kilogramo de materia seca (Herrera, 1999). Los híbridos con estas características de Calidad forrajera pueden incrementar el nivel productivo de las vacas lecheras y reducir substancialmente el costo de alimentación (Núñez *et al.*, 1999).

De la Cruz (2002) menciona que el contenido de grano en el maíz forrajero es de primordial importancia, siendo esta una de las alternativas con que se cuenta para aliviar la escasez de forraje. Entre las ventajas que presenta el maíz se pueden mencionar las siguientes: un alto potencial respecto a la posibilidad de aumentar su rendimiento de forraje; el cultivo establecido ocupa el terreno durante temporadas cortas dando oportunidad a la rotación de cultivos, además de que el forraje obtenido puede ser ensilado para utilizarse en épocas de sequía o cuando escasea el forraje.

Evaluar la Calidad del forraje es fundamental para la selección de progenitores e híbridos, ya que existen diferencias en contenidos de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca entre los híbridos de maíz para forraje. (Allen *et al.*, 1995).

En México, la producción de maíz para ensilado se caracteriza porque los rendimientos de materia seca por hectárea y contenido de grano son bajos; similarmente, por contenidos altos de fibra que ocasionan que la digestibilidad y energía del forraje sean bajas. La situación se debe en parte, al empleo de híbridos considerados como forrajeros, por su porte alto y gran capacidad para producir forraje, así como aun manejo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea (Núñez *et al.*, 2003).

El uso de maíz para forraje, ya sea como planta en verde, en pie o ensilado es una practica común en los países de agricultura avanzada, ya que

contribuye a resolver el problema que plantea la estacionalidad de la producción forrajera frente a requerimientos de relativa constancia en el ganado. El cultivo de maíz se adapta para la alimentación del ganado debido a tres características principales:

- a) Alto volumen de producción.
- b) Alto contenido de hidratos de carbono.
- c) Amplitud del periodo de aprovechamiento.

La mayor parte de la semilla de maíces forrajeros que se comercializa en varios países comprende a híbridos seleccionados para producción de grano y que se han manifestado como buenos productores de materia seca (Bertoia, 2004).

Se ha encontrado mayor producción de materia seca y mejor calidad en híbridos de regiones templadas que en híbridos de regiones tropicales, cuando son evaluados en regiones templadas (Johnson *et al.*, 1997), pero solo en contadas ocasiones se han seleccionado híbridos de alta calidad forrajera por su estabilidad a través de ambientes (Bertoia *et al.*, 2002).

Reta *et al.*, (2001) indica en resultados de investigación que es posible potencialmente obtener hasta 80 t ha<sup>-1</sup> de forraje fresco y 24 t ha<sup>-1</sup> de forraje fresco (30 % de materia seca), con un contenido de grano de 45.5-50 por ciento.

### **2.3 Calidad del forraje**

Los principales parámetros de Calidad de un forraje son: Proteína Cruda (PC), Fibra Detergente Acido (FDA), Fibra Neutro Detergente (FND), Total de Nutrientes Digestibles (TND), Digestibilidad (*in vitro* o *in vivo*) y Energía Neta de Lactancia (ENL).

Los parámetros para determinar la Calidad del forraje lo indica el (INIFAP, 2012) en el Cuadro 2.1.

### 2.1. Calidad nutricional del maíz forrajero

<b>Características</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
Proteína cruda	> 18	15-18	12-15	8-12
FDN (%)	< 40	40-50	50-60	> 60
Digestibilidad de FDN (%)	> 60	> 50	40-50	< 40
Digestibilidad de la MS (%)	> 80	70-80	65-70	< 65
EN (Mcal/kg de MS)	> 1.5	1.3-1.5	1.1-1.3	< 1.1

### 2.2. Criterios de calidad para fuentes forrajeras de acuerdo a los valores de parámetros de calidad (Herrera, 1999).

<b>Concepto</b>	<b>Baja calidad</b>	<b>Alta calidad</b>
Fibra detergente neutra	> 60%	De 40 a 52 %
Fibra detergente acida	> 35%	De 25 a 32 %
Energía neta de lactancia	< 1.4 Mcalkg <sup>-1</sup>	De 1.45 Mcal kg <sup>-1</sup>
Materia seca	< 25%	> 25%

### 2.3. Parámetros de Calidad de Forraje (Lozano, 2000).

<b>Concepto</b>	<b>Baja calidad</b>	<b>Alta calidad</b>
FDA	> 35%	De 25 a 32 %
FND	> 60%	De 40 a 52 %
ENL	< 1.4 Mcalkg <sup>-1</sup>	>1.45 Mcal kg <sup>-1</sup>
DMS	< 60%	> 65%

#### 2.4. Variación del contenido de nutrientes del ensilaje de maíz (INIFAP, 2010).

Nutriente	Valor promedio	Rango
Proteína cruda (%)	8.0	6 - 17
Fibra detergente ácido (%)	28.0	20 – 40
Fibra detergente neutra	48.0	30 – 50
Total de nutrientes digestibles	67.0	55 – 75
Energía neta de lactancia (Mcal/kg)	1.49	1.27 – 1.62
Calcio (%)	0.26	0.10 – 0.40
Fosforo (%)	0.30	0.10 – 0.40

Valores expresados en porcentaje en base seca, excepto la energía neta de lactancia.

En la Comarca Lagunera en los últimos 10 años de evaluación de maíces forrajeros, se han incluido 152 híbridos diferentes, de los cuales se han identificado materiales con buenas características de rendimiento y calidad forrajera, que los productores pueden seleccionar con la certeza de obtener un ensilado de alta calidad (Faz *et al.*, 2005).

La Calidad de forraje de maíz esta determinada por la capacidad de proveer los requerimientos nutricionales a los animales incluyendo su aceptabilidad, composición química y digestibilidad (Cantú, 2003). La digestibilidad del maíz esta influenciada tanto por el contenido de grano como por la digestibilidad del tallo y esto depende de la composición del contenido celular y de la pared celular (Argillier *et al.*, 2000). El contenido celular es en su mayor parte digestible, en cambio, la pared celular lo es menos y de digestibilidad variable (Wolf *et al.*, 1993). La pared celular es la fracción fibrosa del forraje, compuesta por la fibra detergente neutra (FDA) y acida (FDA). La FDN constituida por celulosa, lignina y hemicelulosa, en tanto que la FDA por celulosa y lignina; la primera relacionada con la ingesta de materia seca y la

segunda, estrechamente relacionada con la fracción no digestible del forraje. Wolf *et al.*, (1993) señala que se ha encontrado variabilidad en el contenido de FDN en hojas y tallos con valores de 59.9 a 65 % y de 30 a 60 % del total de variaciones en la digestibilidad de las fibras en híbridos que fluctúan de 24.8 a 61.5 %. (Herrera., 1999) y (Olague *et al.*, 2006) indican que un maíz de alta Calidad forrajera es aquel que presenta valores de FDA de 40 a 52 %, total de nutrientes digeribles (TDN) superiores a 65 % y una energía neta de lactancia (ENL) DE 1.45 Mg cal kg<sup>-1</sup> o más. Núñez y Cantú (2000) señalan que ambientes con temperaturas más altas como la región Lagunera de Coahuila, pueden causar disminución en calidad forrajera, debido al aumento en la concentración de fibras y de lignina.

El contenido de fibra es la característica más importante de los forrajes. La fibra es el material estructural de las plantas resistente a la acción de enzimas digestivas de los animales, pero que puede ser digerido por los microorganismos en el rumen. La fibra esta compuesta por las sustancias que componen las paredes celulares de las plantas, como la celulosa, hemicelulosa y lignina. La proporción de estas sustancias es variable, sobre todo en diferentes especies. Por ejemplo en gramíneas la proporción de hemicelulosa-celulosa es mayor que en las leguminosas (Núñez *et al.*, 1997).

La cantidad de fibra esta relacionada con el valor nutritivo de los forrajes. La Fibra Detergente Neutro se relaciona negativamente con el consumo de los animales, con la eficiencia de la utilización de la energía y con la producción de leche. El valor de FDN se emplea para formular raciones para obtener el mayor consumo de materia seca, un porcentaje de grasa adecuado en la leche, y una utilización eficiente de la energía para producción de leche (Núñez *et al.*, 1997).

La Fibra Detergente Acido (FDA), se relaciona negativamente con la digestibilidad y el valor energético de los forrajes. A medida que la FDA disminuye, la digestibilidad y la energía de los forrajes aumentan. Sin embargo,

esta relación no es universal debido a que existen variaciones en la digestibilidad de la fibra misma (Núñez *et al.*, 1997).

La digestibilidad es otro término que se refiere a la fracción del forraje o alimento consumido que no es excretado en las heces fecales. En las excreciones fecales existen sustancias que no son de los alimentos, por lo que este término se denomina digestibilidad aparente. La digestibilidad se puede determinar con animales (*in vivo* o *in situ*) o también en el laboratorio (*in vitro*). Ambas determinaciones están relacionadas entre sí, aunque en ocasiones la digestibilidad *in vitro* es mayor a la digestibilidad *in vivo*, este parámetro es un índice importante, ya que es el principal factor que determina el valor energético de los forrajes (Núñez *et al.*, 1997).

El concepto Total de Nutrientes Digestibles (TND) se desarrollo en Estados Unidos para la evaluación de alimentos para ganado. Sin embargo, el TND realmente no es una medida de nutrientes digestibles, debido a que esta determinación tiende a sobrestimar el valor energético de los forrajes. Las determinaciones de energía digestible, metabolizable y neta, son mas apropiadas para evaluar forrajes y otros alimentos, así como para la formulación de raciones (Núñez *et al.*, 1997).

Los animales obtienen la energía de los forrajes mediante la digestión y metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas. Durante los procesos de digestión y metabolismo de la energía, hay perdidas a través de las heces, en la excreción de nitrógeno en la orina, en la producción de calor durante la fermentación ruminal y en el metabolismo de nutrientes en el cuerpo de los animales (Núñez *et al.*, 1997).

La energía neta es el valor de un alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los animales o para promover el crecimiento de los cuerpos de los mismos, del feto en vacas gestantes o para producción de leche. Los forrajes no tienen un valor de energía neta para todas las funciones productivas, debido a que la energía se utiliza con una eficiencia

diferente para cada una de ellas. Al valor energético de los alimentos para la producción de leche, en el sistema americano se le denomina energía neta de lactancia (ENL) (Núñez *et al.*, 1997).

El Índice de cosecha esta relacionado con la calidad del forraje, de tal manera que un alto contenido de grano en el forraje proporciona características favorables al ensilado, incrementa el contenido de materia seca y palatabilidad, reduce la infiltración de carbohidratos solubles y proteína cruda y el total de nutrientes digeribles (TND) (Phipps,1980).

El uso de altas densidades de población puede reducir la calidad del forraje, debido principalmente al menor contenido de grano en el forraje (índice de cosecha) (Printer *et al.*, 1990; Núñez *et al.*, 1994). Sin embargo, existe una respuesta diferencial de acuerdo a las características de los genotipos. (Tollenaar 1989) consigna que el índice de cosecha no decrece en altas densidades de población. Como resultado de esto, se ha encontrado que densidades de población entre 10 y 15.5 plantas /m<sup>2</sup> no influyeron en el índice de cosecha y el contenido energético del forraje (Karlen y Camp, 1985; Reta *et al.*, 2000).

Núñez *et al.*, (1999) reporto que la calidad nutricional de los ensilados disminuye al aumentar la densidad de plantas y que esto se debe principalmente, a la reducción del contenido de grano.

En contraste (Graybill *et al.*, 1991), reportaron un pequeño efecto de la densidad de población sobre las concentraciones de Fibra Acido Detergente (186-217 g/Kg.) Fibra Neutro Detergente (414-434 g/Kg.) y proteína cruda (72-77 g/Kg.), indicando que la calidad del forraje puede ser mantenida a altas densidades de población. Similarmente, (Reta *et al.*,2000) encontraron que el aumento de la densidad de población (hasta 15.5 plantas/m<sup>2</sup> no afecto el porcentaje de Proteína Cruda, Fibra Acido Detergente, Fibra Neutro Detergente y Total de Nutrientes Digeribles, debido a que IC no vario con aumentos de densidad de población. En contraste (Pinter *et al.*, 1994), mencionan que el

Total de Nutrientes Digestibles (TND) fue afectado por la densidad de población y el genotipo.

Un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen incrementos en la calidad nutritiva del forraje, sin embargo, en algunos casos también se relacionan negativamente con la digestibilidad de la planta sin elote (Peña *et al.*, 2002).

## **2.4 Híbridos**

De los 7.34 millones de hectáreas de maíz que se siembran en México. Aproximadamente el 25% de la superficie es con semillas híbridas o variedades mejoradas de polinización libre y, el resto (75%), con variedades criollas locales (Nadal, 2000).

La hibridación, es un método de mejoramiento genético con mayor eficiencia en la producción de maíz, ya que los resultados reflejan un incremento marcado en productividad sobre los niveles de rendimiento de las variedades de polinización libre, debido que se explota directamente el fenómeno del vigor híbrido o heterosis, (CIMMYT, 1987).

Para mejorar la competitividad de la producción de maíz, los avances en el desarrollo de genotipos híbridos constituyen una tecnología y una opción para elevar la producción y productividad del cultivo, por lo que su adopción es muy crucial para eficientar otras prácticas agronómicas que favorece a mejorar la productividad (Fuentes y Quemé, 2005).

## 2.5 Tipos de híbridos

López y Chávez., (1994) mencionan que el maíz híbrido es la primera generación de la cruce entre líneas endocriadas. La obtención de líneas autofecundadas se obtiene por autopolinización controlada. Presentan la siguiente clasificación de híbridos:

**Simple:** Es un híbrido creado mediante el cruzamiento de dos líneas puras, la semilla de híbridos F1 es la que se vende a los agricultores para la siembra. Por lo común los híbridos simples son más uniformes y tienden a preservar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables.

**Triple:** Se forma con tres líneas autofecundadas, es decir son el resultado de un cruzamiento entre una cruce simple y una línea autofecundada. La cruce simple como hembra y la línea como un macho. Con frecuencia se puede obtener mayores rendimientos como una cruce triple que con una doble, aunque las plantas de una cruce triple no son tan uniformes como las de una cruce simple.

**Doble:** El híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir es la progenie híbrido obtenida de una cruce entre dos cruces simples. Los híbridos dobles no son tan uniformes como las cruces simples, debido a que presentan mayor variabilidad genética: es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y esta a su vez más que una doble.

## 2.6 Rendimiento del maíz forrajero

En México, otro factor que ha ocasionado bajos rendimientos de materia seca y Calidad nutricional es que normalmente las variedades o híbridos de maíz para ensilaje se cosechan cuando el grano esta en estado lechoso-masoso o masoso.(Crokston y Kurle 1988) emplearon el avance de la línea de leche como criterio para monitorear el desarrollo de la madurez del grano de maíz. (Wiersma *et al.*, 1993) reportan que la mayor producción de materia seca por hectárea se obtuvo cuando el grano del maíz presento un avance de  $\frac{1}{2}$  de la línea de leche y la máxima digestibilidad *in vitro* se obtuvo en cosechas efectuadas cuando el grano estuvo de estado dentado a un avance de  $\frac{3}{4}$  de la línea de leche. (Xu *et al.*, 1995) reportan aumentos en la producción de materia seca por hectárea y en la digestibilidad *in vitro* de híbridos de maíz cosechados a  $\frac{1}{3}$  de avance de la línea de leche. Lo anterior indica que es posible aumentar la producción y Calidad nutricional del forraje del maíz cambiando el criterio para la cosecha a un estado mas avanzado del maíz.

La producción de maíz forrajero esta fuertemente influenciada por la fecha de siembra. Lo anterior se debe a la estrecha relación que existe entre el cultivo y los factores del clima. Por ejemplo, días mas largos promueven la fotosíntesis de las plantas y altas temperaturas durante la noche reducen la producción de forraje (Widstrom *et al.*, 1984).

Algunas de las características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje son:

- Alto rendimiento de materia seca (mas de 19 ton/ha).
- Alto porcentaje de mazorca (mas de 45%).
- Concentración baja de fibra detergente neutro (menos de 55%)
- Alta digestibilidad *in vitro* (mas de 73%).

- Alta concentración de energía neta de lactancia (mas de 1.4 Mcal/kg de materia seca) (Núñez, 2006).

Dos factores determinantes del rendimiento y calidad del maíz forrajero son la densidad de población (Reta *et al.*, 2000) y la dosis de fertilización nitrogenada (Muchow, 1988).

## **2.7 Cosecha**

### **Etapa de madurez**

Una vez que el cultivo se ha desarrollado se debe tomar la decisión de cuando cosechar el forraje, y para ello se considera el estado de madurez porque determina el contenido de grano, la digestibilidad y contenido de humedad del forraje (Schoerder, 2004). La cantidad de agua que contiene el forraje al momento de ser cosechado es el factor más importante en determinar la calidad del ensilaje, si el maíz se cosecha con un alto contenido de agua (>70%) se produce una fermentación indeseable porque es dominada por bacterias formadoras de ácido butírico y también hay fuertes pérdidas de nutrientes digestibles por efecto del escurrimiento del agua del forraje que los arrastra. Por el contrario, si el forraje se cosecha muy seco (< 60% de humedad) se dificulta la compresión del mismo produciendo calentamiento del forraje, la producción de mohos y retarda la fermentación 33 anaeróbica, que es la deseable, así mismo se reduce la capacidad de almacenamiento del silo (Muller *et al.* 2001).

El forraje de debe cosechar con un contenido de 65% de humedad, en este punto se maximiza el rendimiento de materia seca y las pérdidas de forraje durante la cosecha, almacenaje y alimentación del ganado se minimizan (Roht y Heinrich, 2001), este contenido de humedad se obtiene cuando la línea de leche esta a la mitad del grano; la línea de leche es la interface que marca en el grano la división entre la porción líquida o suave del grano y la sólida.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación geográfica del sitio experimental

El experimento se realizó el 03 de abril 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), en Torreón Coahuila, México, en la Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1120 msnm. Las temperaturas medias mensuales, unidades calor (UC) y precipitación que se presentaron durante la conducción de los experimentos, se muestran en el Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1** Máximas y Mínimas registradas en la Comarca Lagunera en el año de 2011. (UAAAN-UL).

2011					
Mes	Máxima °C	Mínima	Media	UC mm	Precipitación
Abril	35.07	15.03	25.84	475.20	0.00
Mayo	35.37	18.02	27.24	534.44	0.60
Junio	36.29	21.53	29.76	592.80	0.00
Julio	34.35	22.05	28.38	569.78	0.80
Agosto	35.94	22.72	29.67	609.77	6.40
Septiembre	33.18	18.34	26.38	491.40	1.20
Octubre	30.92	14.16	22.67	392.77	0.00
Noviembre	26.19	7.88	17.09	212.70	0.20
Totales	33.41*	17.47*	25.88	0.879*	9.20*

\* Promedios, +Acumulados

Fuente: Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas: Campo Experimental La Laguna 2011

### 3.2 Material genético

El material genético utilizado en este proyecto de investigación fue proporcionado por el Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) el cual consistió en 28 híbridos experimentales (CIMMYT) y dos testigos de origen comercial los cuales fueron sometidos a condiciones de riego completo.

**Cuadro 3.1 Genotipos de maíz utilizado en el ciclo agrícola primavera-verano 2012.**

No.	PEDIGREE
1	DTPWC9-F104-5-4-1-1-B-B-B/CML-312 SR
2	La Posta Seq C7-F71-1-2-1-1-B-B-B/ CML-312 SR
3	CLA309/ CML-312 SR
4	CLA 222/CML-312 SR
5	DTPWC9-F67-2-2-1-B-B-B/ CML-312 SR
6	CLA37/ CML-312 SR
7	[S99SIWQ]-124-2-B-B-B-B/ CML-312 SR
8	La Posta Seq C7-F7103-2-2-2-1-B-B-B/ CML-312 SR
9	DTPWC9-F55-1-1-1-3-B-B
10	La Posta Seq C7-F33-1-4-1-1-B-B-B/ CML-312 SR
11	CLA56/ CML-312 SR
12	La Posta Seq C7-F10-3-3-1-1-B-B-B/ CML-312 SR
13	S99TLWQ-B-8-1-B*5/ CML-312 SR
14	CML311/MBR C3 Bc F12-2-2-2-B-B-BB/ CML-312 SR
15	P44 C10MH8-30-4-B-4-1-B-B-B-B-/CML-312 SR
16	CL-SPLW04=SPLC7F254-1-2-3-2-1-B*6-B/CML-312 SR
17	[(CML395/CML444)-B-4-1-3-1-B/CML395//DTPWC8F31-1-1-2-2]-5-1-2-2-BB/CML-312 SR
18	DTPWC9-F67-1-2-1-2-B-B-B/CML-312 SR
19	CML-330/CML-312 SR
20	[Cuba/Guad C3 F34-2-1-1-B-B-B x CML264Q]-1-1/CML-312 SR
21	CML311/MBR C3 Bc F112-1-1-1-B-B-B-B-B/ CML-312 SR
22	POB.502c3 F2 26-12-1-2-B-B-B-B/ CML-312 SR
23	La Posta Seq C7-F32-2-1-1-1-B-B/CML-312 SR
24	CL-RCW87=(CL-04321 Xcml-401)-B-19-2-1-BB-B/CML-312 SR
25	CLA91/CML-312 SR
26	LA POSTA SEQ. C7 F64-2-6-2-2-B-B-B/CML-495
27	DTPY C9 F74-1-1-1-1-B-B-B/CML-451
28	DTPYC9-F65-2-2-1-1-B-B-B/CML-451
29	TESTIGO 3 RIOS

### **3.3 Diseño y parcela experimental**

Para el establecimiento del experimento en campo se utilizó el diseño Alfa látice, dividida en 18 bloques y 5 tratamientos dentro del bloque con 3 repeticiones. La parcela experimental y la parcela útil se establecieron en 2 surcos de 5 metros a 75 cm entre surcos para una densidad de población de 66,500 plantas ha<sup>-1</sup>.

### **3.4 Manejo agronómico**

#### **3.4.1 Preparación del terreno**

Se realizó un barbecho entre 30 y 40 cm seguido de dos rastreos con el propósito de eliminar los terrones; posteriormente se niveló con la escrepa para dejar el suelo uniforme.

#### **3.4.2 Siembra**

Se realizó el 3 de Abril y la siembra fue en seco; se aplicaron 2 semillas por golpe a una distancia de 0.20 m entre plantas y la distancia entre surcos fue de 0.75 m.

#### **3.4.3 Control de malezas**

Se aplicó un pre-emergente a los 8 días después de la siembra con el herbicida Primagram Gold a una dosis de 4 L ha<sup>-1</sup>; posteriormente fue manual y mecánicamente.

#### **3.4.4 Control de plagas**

La principal plaga que atacó el cultivo fue el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se controló con Clorpyrifos en dosis de 1.0 L/ha.

### **3.4.5 Fertilización**

La dosis de fertilización utilizada fue 180-100-00, el cual se aplicó en dos fracciones: la primera se realizó cuando el cultivo estaba en la etapa de crecimiento, y la segunda en la etapa de la floración, con el objetivo de favorecer el crecimiento, desarrollo de planta y llenado de grano, a base de urea (46% N<sub>2</sub>) disuelta en el agua de riego (fertirrigación).

### **3.4.6 Riego**

El sistema de riego utilizado fue goteo superficial, concintilla calibre 6000 con emisores a 20 cm y, con un gasto de 500 litros por hora por metro lineal.

## **3.5 Variables evaluadas en campo**

### **3.5.1 Floración masculina (FM)**

Se expresó como el número de días, desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela comenzó a liberar polen (periodo de antesis).

### **3.5.2 Floración Femenina (FF)**

Se midió desde los días transcurridos después de la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela mostraba estigmas de más 1cm de longitud, fuera de brácteas y se expreso en días.

### **3.5.3 Altura de planta (AP)**

Distancia en metros desde la superficie del suelo al punto superior de la espiga, se midió desde la base del suelo hasta donde se encuentra el nudo de la panoja. Se consideraron tres plantas con competencia completa por parcela.

### **3.5.4 Altura de mazorca (AM)**

Distancia en metros de la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal donde midió desde la base del suelo hasta donde emergió la

mazorca principal, Considerando para esta variable tres plantas con competencia completa.

### **3.5.5 Rendimiento de forraje verde (RFV)**

Se tomó una muestra de tres plantas por parcela por repetición con competencia completa de cada material. Se separó la mazorca del resto y se pesaron por separado, para finalmente obtener por adición el RFV. Las tres plantas se trituraron en un molino marca Krups M-X, del cual se tomó una muestra de 500g para estimar la materia seca.

Evaluando el rendimiento mediante la siguiente formula:

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

Donde: RP= Rendimiento por parcela

SC=Superficie cosechada

### **3.5.6 Materia seca (MS)**

Se tomaron tres plantas de la parcela de cada híbrido, cuando se encontraba la mazorca en el estado masoso-lechoso, posteriormente se llevaron a moler en un molino marca NOGUIERA Modelo DPM junior 3 HP con rotación de 2,500 RPM. Una vez realizado lo anterior se tomo una muestra fresca homogénea representativa de la muestra de 500 g se dejaron secar a temperatura ambiente con el fin de eliminar el exceso de humedad, para luego secarlas en una estufa de aire forzado marca FELISA modelo FE-293AD a una temperatura de 65° C por 24 hr. Las muestras se pesaron en seco y este peso se utilizó para estimar el % de materia seca. Con este porcentaje se estimó la producción de materia seca, en base al RFV.

Una vez secas, se tomaron 100g para molienda fina para análisis de fibras en el laboratorio.

Se determino con la formula.

$$MST = \frac{\%MS \cdot RFV}{100\%}$$

Donde: **%MS**= por ciento de materia seca

**RFV**: rendimiento de forraje verde.

### 3.5.7 Índice de mazorca (IMZ)

El índice de mazorca se estimó como la relación entre las variables de elote y rendimiento de forraje, se tomaron tres plantas al azar, se separaron las mazorcas de plantas y se tomó únicamente el peso de planta en una báscula digital de gancho marca REVUELTA modelo ERCG, se expresó en kilogramos.

### 3.6 Variables evaluadas en laboratorio de calidad forrajera:

La calidad de forraje se determinó a partir de una muestra de materia seca (MS) de cada repetición de todos los híbridos.

#### 3.6.1 Determinación de fibra detergente ácida (%FAD)

El análisis bromatológico se determinó bajo el principio de Van Soest (1967). Para el análisis de esta variable se pesó 1g de la muestra seca en una balanza analítica marca ADVENTURER OHAUS Modelo AR2140. Posteriormente se colocó la muestra en una bolsa filtrante F57 filter bags marca ANKOM TECHNOLOGY; fueron selladas con un sellador eléctrico AMERICAN INT NL ELECTRIC modelo AIE-200. Después se llevaron a un analizador de fibras ANKOM TECHNOLOGY modelo 200 y se agregaron 2 litros de la solución y se dejaron digerir las muestras por un espacio de 1 h a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , una vez cumplido este tiempo se dieron tres enjuagues con agua destilada caliente. Se quitó el exceso de agua a las muestras y se colocaron en un vaso de precipitado de 600 ml y se agregaron

200 ml de acetona para eliminar posibles residuos de la solución, posteriormente se llevaron las muestras a una estufa de aire forzado marca FELISA modelo 242A por un espacio de 12 h a una temperatura de  $70^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ .

### **3.6.2 Porcentaje de fibra detergente neutra (%FND)**

Para el análisis de esta variable se peso 1g de la muestra seca en una balanza analítica marca ADVENTURER OHAUS Modelo AR2140. Posteriormente se coloco la muestra en una bolsa filtrante F57 filter bags marca ANKOM TECHNOLOGY; fueron selladas con un sellador eléctrico AMERICAN INT NL ELECTRIC modelo AIE-200. Después se llevaron a un analizador de fibras ANKOM TECHNOLOGY modelo 200 y se agregaron 2 litros de la solución con 20 g de sulfato de sodio anhidro ( $\text{SO}_4\text{Na}_2$ ) y 4 ml de Alpha Amylase heat stable marca ANKOM TECHNOLOGY. se dejaron digerir las muestras por un espacio de 1 h a una temperatura de  $100^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ , una vez cumplido este tiempo se dieron tres enjuagues con agua destilada caliente, donde a dos enjuagues se le agregaron 4 ml de Alpha Amylase heat stable marca ANKOM TECHNOLOGY. Después se elimino el exceso de agua a las muestras y se colocaron en un vaso de precipitado de 600 ml y se agregaron 200 ml de acetona para eliminar posibles residuos de la solución, posteriormente se llevaron las muestras a una estufa de aire forzado marca FELISA modelo 242A por un espacio de 12 h a una temperatura de  $70^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ .

Con los resultados obtenidos, se determino el porcentaje de FAD y FND con la formula:

$$\% \text{ FAD Y FND} = \frac{\text{peso final de la muestra} * \text{peso de la bolsax } 100}{\text{peso de la muestra}}$$

### **3.6.3 Energía neta de Lactancia (ENL)**

Se realizo bajo la siguiente formula:

$$ENL = \frac{0.024 * FND}{1.044}$$

se determino en porcentaje Mcal kg<sup>-1</sup>

#### **3.6.4 Digestibilidad de la materia seca (DMS)**

Para esta variable se utilizo la siguiente fórmula:

$$DMS = \frac{0.779 * FNA}{88.9}$$

Equivalente en (%)

#### **3.6.5 Determinación de proteína por el método Kjeldahl**

Para la determinación de proteína se utilizó el método Kjeldahl (Bremner, 1965), se realizaron tres repeticiones por tratamiento y se efectuó un ensayo en blanco.

Digestión. Se pesaron 0.1 g de muestra y se colocaron en un matraz microkjeldahl o en tubos. Se adicionaron 4 ml de la mezcla de ácido sulfúrico-salicílico, cuidando que ésta se disolviera con íntimo contacto con la muestra. El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es un mal agente mojante por lo que la impregnación de la muestra se debe favorecer agitando suavemente el contenido del tubo. Simultáneamente se corrieron blancos de reactivos.

Se dejaron en reposo 12 horas. Posteriormente se añadieron 0.5 g de tiosulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a través de un embudo de tallo largo para alcanzar el bulbo del matraz. Se debe evitar que la espuma suba por el cuello del matraz. Esto se logra mezclando bien el Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> con el ácido y calentando suavemente al inicio de la digestión una vez terminada esta fase, para la cual bastan de 5 a 15 minutos, se adicionaron 1.1 g de mezcla catalizadora.

Se digirió nuevamente y se aumento la temperatura. Después de una corta ebullición la mezcla se aclaró.

Cuando la digestión se completo se dejo enfriar y se agregaron 3 ml de agua destilada y se agito vigorosamente para disolver el material soluble.

### 3.6.5.1 Digestión

Se transfirió el contenido de la muestra al bulbo del micro destilador kjeldahl. Se lavo el tubo con pequeñas cantidades de agua para obtener aproximadamente 7 ml de la muestra. Se colocó en el tubo de salida del micro destilador kjeldahl un vaso de precipitado de 100 ml con 10 ml de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) con indicador. Se adicionaron 10 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 de normalidad. Se conectó el flujo de vapor y se inició la destilación. Se destilaron 50 ml aproximadamente de la muestra.

El nitrógeno amoniacal se determinó por titulación con ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  al 0.5 N. se utilizó una microbureta de 10 ml. El punto de equivalencia de la titulación ocurrió cuando la solución viró de verde a rosa.

El porcentaje de proteína se calculó con la siguiente fórmula y se multiplicó por el factor proteico de 6.25:

$$\% N = \frac{(\text{Vol muestra} - \text{Vol Blanco})(\text{Normalidad ácido})(14)}{\text{peso de muestra}}$$

Donde: vol. muestra: volumen de la muestra, volumen del blanco.

### 3.7 Análisis estadístico

El diseño fue alfa latice en lenguaje SAS y los datos de todas las variables fueron por genotipo y repetición, los cuales se concentraron en el formato para el análisis de varianza con el paquete estadístico SAS v 9.1.3 (2002).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación, de acuerdo con los objetivos planteados, permitirán más adelante identificar los mejores híbridos con potencial de rendimiento y características de Calidad forrajera ya que vienen a significar nuevas alternativas en los sistemas de producción de forraje de alta calidad. Dichos resultados se presentan a continuación.

#### 4.1 Análisis de varianza

En el Análisis de varianza se observan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en 10 de las trece variables en Repeticiones (Rep.), en tanto que en la fuente de variación blo (Rep.) no se observaron. Para tratamientos (TRAT) presentaron efectos significativos ( $P \leq 0.01$ ) para las variables FM, FF, AP, AM, mientras tanto para las variables FND, MS, ENL, RFV y RE fueron significativas ( $P \leq 0.05$ ). En el resto no se observan diferencias estadísticas.

Lo anterior implica que los tratamientos (Híbridos) difieren en las características agromorfológicas así como en el potencial de rendimiento y calidad de forraje.

Los mayores coeficientes de variación los presentaron las variables, rendimiento de forraje verde (RFV), nitrógeno (Nt), proteína cruda (PCt.) y relación peso de la mazorca y planta (IMZ). En el resto de las demás variables los coeficientes oscilaron de 2.3 a 6.8%.

#### Cuadro 4.1. Significancia de cuadrados medios

---

FV	REP	BLO(REP)	TRAT	E.E
----	-----	----------	------	-----

GL	2	36	29		C.V	MEDIA
FM	2.8	2.4	6.1**	3.3	2.4	75.2
FF	0.9	3.9	9.8**	2.9	2.3	76.0
AP	1661.1**	124.3	478.0**	80.2	3.7	240.8
AM	482.0**	100.4	471.5**	90.8	6.8	140
FAD	78**	17.3	21.00	14.8	1.6	28.9
FND	65.8*	26.4	34.10*	18.6	7.9	54.6
MS	0.0	0.0	0.00	0.00	9.3	0.27
ENL	0.03*	0.01	0.01*	0.01	7.4	1.3
DMS	50.3**	10.9	13.30	9.3	4.6	66.2
RFV(x10 <sup>7</sup> )	42.6*	17.1	26.4*	13.7	21.2	55176.3
Nt	2.41**	0.26	0.27	0.22	21.0	2.2
PC	16.5**	1.9	1.90	1.5	23.4	5.3
IMZ	0.01	0.01	0.01*	0.01	22.1	0.4

\*, \*\*: Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad 0.05 y 0.01 respectivamente; ns= no significativo; tratamiento; repeticiones; GL= grado de libertad; FM= floración femenina, FF= floración femenina, AP= altura de la planta, AM= altura de La mazorca, FAD= fibra detergente acida, FND= fibra detergente neutro, MS= materia seca, ENL= energía neta de lactancia, DMS= digestibilidad de la materia seca, RFV= rendimiento de forraje verde, Nt= nitrógeno transformado, PC= proteína cruda transformada, RE= relación peso de la planta y la mazorca.

#### 4.1. Floración masculina (FM).

Los resultados para floración masculina, indican que el promedio general fue 75 días después de la siembra (dds) y oscilo de 73 a 81 días. Se observo que el tratamiento 29-(Testigo Tres Ríos) fue el que tardo mas días en mostrar la aparición de la espiga con 81.3 días. En contraste, el tratamiento con mayor precocidad fue con el Tratamiento-1 (DTPWC9-F104-5-4-1-1-B-B-B/CML-312SR) con 73.3 días.

#### 4.2. Floración femenina (FF)

El periodo de floración oscilo de 73 a 82 días, con un valor medio de 76 días. Se observo que el Tratamiento 30-(Testigo Río Grande) fue el que más

días tardo en mostrar la aparición de la espiga con 82.3. En contraste, el tratamiento con mayor precocidad fue el Tratamiento 1-(DTPWC9-F104-5-4-1-1-B-B-B/CML-312SR), con 73 dds. Quizás a este intervalo tan estrecho se explique la superioridad, puesto que diversos autores han encontrado una relación entre el rendimiento, con el menor intervalo entre FM y FF (CIMMYT).

#### **4.3 Altura de planta (AP).**

Características como altura de planta y mazorca son importantes dado que permiten identificar híbridos capaces de tolerar altas densidades de población de plantas, ya que híbridos de porte medio, permiten el establecimiento de siembras a densidades hasta 11.000 plantas sobre hectárea, a través de lo cual es posible incrementar los niveles de producción en un 25 o 30 % (Reta y Gaytán, 1999).

En el presente trabajo los resultados indican un promedio para altura de planta de 2.40 metros, donde se observa que la mayor altura la presentó el Tratamiento 6-(CLA37/ CML-312 SR) con 271.1 cm en promedio, estadísticamente igual a los Tratamientos-14 y 30; así mismo, es diferentes al resto. En contraste, el tratamiento 3- (CLA309/ CML-312 SR) con menor altura con 222.8 cm, estadísticamente igual a siete genotipos mas.

#### **4.4 Altura de la mazorca (AM).**

Los híbridos evaluados alcanzaron una altura promedio de 140 cm y oscilaron de 117 a 182 cm. Se detecto que la altura de mazorca mas alta en promedio fue el tratamiento 6-(CLA37/ CML-312 SR) con 182.3 cm. En cuanto que el tratamiento 27-(DTPY C9 F74-1-1-1-1-B-B-B/CML-451) presentó la menor altura con 117 cm.

#### **4.5 Fibra detergente acida (FDA).**

Esta fracción fibrosa esta relacionada con la no-digestible del forraje y es un factor muy importante del contenido energético del alimento. A mayor contenido, menor es la digestibilidad del alimento y la energía que contendrá (García *et al.* 2005).

El contenido de fibra detergente acida (FDA) de los materiales evaluados, mostro un promedio de 28.2% con un rango de variación de 23.5 a 33.1%, que de acuerdo a Lozano (2000). Se clasifican como de “alta calidad”. Se observa que el hibrido que presento menor porcentaje fue el Tratamiento 27 (DTPY C9 F74-1-1-1-1-B-B-B/CML-451) con 23.5% y el mas alto el hibrido-(30 Testigo Río Grande), con 33.1%; por tanto en promedio todos los materiales son de alta calidad.

#### **4.6 Fibra detergente neutra (FND).**

Esta fracción contiene celulosa, hemicelulosa y lignina. Suministra la mejor estimación del contenido total en fibra del alimento y está estrechamente relacionada con el consumo de alimento. Al aumentar la FDN, el consumo disminuye (García *et al.* 2005).

El rango para fibra detergente neutra (FDN) en los híbridos oscila de 47 a 61% con una media general de 55. Este rango de acuerdo a INIFAP (2012) ubica la calidad de los genotipos entre “buenos-regular y malos”. Dentro de lo que se clasifican como buenos están cinco híbridos: hibrido-(03, 06, 18, 21 y 27) con porcentajes de 49.7, 49.7, 46.5, 48.9 y 48.3 respectivamente.

#### **4.7 Energía neta de lactancia (ENL).**

La energía neta de lactación (ENL)es el término usado por el NRC (National Research Council) para estimar los requerimientos energéticos de los alimentos para vacas lecheras. Se expresa como mega-calorías por libra (Mcal/lb) o mega calorías por kilogramo (Mcal/kg). (García *et al.* 2005).

En cuanto a energía neta de lactancia (ENL) oscila de 1.2 a 1.5 Mcal kg<sup>-1</sup> con una media general de 1.4 Mcal kg<sup>-1</sup>. Estos valores, se consideran en una clasificación de “malo a Alta calidad” según Herrera (1999) y Lozano (2000); en cambio dentro de la clasificación de INIFAP (2012), entre excelente y regular.

Se clasifican como “excelentes”, a los Híbridos 03- (CLA309/ CML-312 SR), H-06 (CLA37/ CML-312SR9), H-18(DTPWC9-F67-1-2-1-2-B-B-B/CML-312SR), H-21(CML311/MBRC3BcF112-1-1-1-B-B-B-B-B/CML-312SR) y H27(DTPY C9 F74-1-1-1-1-B-B-B/CML-451) con porcentajes de 1.5 Mcal kg<sup>-1</sup>; (Lozano, 2000). Estos materiales son estadísticamente iguales a nueve híbridos con 1.4 clasificados como “Buenos” (INIFAP, 2012). El resto se clasifican de regular a malo.

#### **4.8 Digestibilidad de la materia seca (DMS)**

La digestibilidad es una medición de uso común para conocer la utilización de los nutrientes, alimentos o dietas, permite conocer el grado de aprovechamiento por el animal. Los criterios para la clasificación de digestibilidad de acuerdo a diversos autores (Herrera, 1999; Lozano, 2000; INIFAP, 2012) oscilan de un rango de baja calidad <60% a > 68%.

Esta variable mostro un promedio de 65%, con un rango de variación de 62 % a 70%. Estos valores de acuerdo a INIFAP. (2012) se clasifican como de “regular” calidad. Se encontró que los híbridos-(16 y 27) muestran los valores con mayor porcentaje con 70 % de DMS, estadísticamente iguales a 27 híbridos hasta con un valor de 65%. El testigo (H30) RIO GRANDE con 62.4% de acuerdo a los parámetro de calidad indicados por INIFAP (2012) se clasifica como “malo”.

#### **4.9 Materia seca (MS).**

La materia seca es una de las características de mayor importancia económica, así también es la resultante de todos los procesos fisiológicos y bioquímicos intrínsecos de la planta. Es el porcentaje del alimento que no es agua. Conocer el contenido de humedad del ensilaje de maíz es crítico para poder balancear las dietas en forma adecuada. Contenidos de humedad mas bajos están asociados con plantas mas maduras, las cuales pueden alterar la digestibilidad y el contenido energético de este forraje de forma significativa.

En cuanto al porcentaje de materia seca en los 30 híbridos evaluados, se observa que el promedio general fue de 0.27 % y una variación de 9.3 % donde el tratamiento con mayor rendimiento fue el con 26 y 30 con 0.4 % el cual resultado estadísticamente diferente a los 28 tratamientos evaluados que fueron estadísticamente iguales con un valor mínimo de 0.3%. El rendimiento promedio de MS obtenido en el ciclo de verano en este estudio (13,648 kg ha<sup>-1</sup>) coincide con lo reportado por Peña *et al.*, (2006) quienes obtuvieron 13,40 kg ha<sup>-1</sup> al evaluar la estabilidad forrajera de siete híbridos comerciales de maíz con diferente adaptación, y apoya las aportaciones de Reta *et al.* (2000).

#### **4.10 Rendimiento de forraje verde (RFV).**

Un buen maíz forrajero debe poseer un rendimiento de forraje en verde o fresco de 50 t ha<sup>-1</sup> según (Vergara, 2002).

En el RFV, la media fue de 55,076 kg/ha. El HÍBRIDO H-16 (CL-SPLW04=SPLC7F254-1-2-3-2-1-B\*6-B/CML-312SR) presento la mayor producción con 78,222 t ha<sup>-1</sup>, estadísticamente igual a un valor 58,952 t ha<sup>-1</sup> que considera a 12 híbridos. Al hacer el comparativo sobre los resultados obtenidos en el presente trabajo se tiene que 13 de los híbridos evaluados superan las 50 tha<sup>-1</sup> que representan el promedio regional, esto indica que son maíces de buena calidad y producción.

#### **4.11 Nitrógeno transformado (N).**

El nitrógeno (N) es generalmente el factor más limitante para la producción de cultivos. El contenido promedio en la biomasa es del 1 al 3 % de nitrógeno y puede contener hasta 4-6 %. El requerimiento de N de un cultivo se estima mediante la extracción de N del suelo en kg/ha por cada toneladas de MS producida. El maíz forrajero requiere un promedio de 14 kg N/ha/ton MS (Figuroa *et al.*, 2002).

En los tratamientos evaluados se presentó una media en nitrógeno de 2%, con un rango de 1 a 3%, lo cual coincide con Figuroa *et al.* (2002), donde dos sobresalen los híbridos H12 y H20 (La Posta Seq C7-F10-3-3-1-1-B-B-B/CML-312 SR) y ([Cuba/Guad C3 F34-2-1-1-B-B-B x CML264Q]-1-1/CML-312 SR).

#### **4.12 Proteína cruda transformada (PC).**

La proteína cruda es denominada “cruda” ya que no es una medición directa de la proteína sino una estimación de la proteína total basada en el contenido en nitrógeno del alimento (Nitrógeno x 6.25= proteína cruda). La proteína cruda incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no-proteico (NPN) tales como el nitrógeno ureico y el amoniacal. El valor de proteína cruda no suministra información acerca de la composición en aminoácidos, la digestibilidad intestinal de la proteína o cuan aprovechable es en el rumen. (García *et al.* 2005).

Los resultados para proteína cruda, indican que el promedio general fue de 5.33 % y osciló de 7.7 a 4 %. Se observó que el tratamiento H27 y H28 fueron los que presentaron el valor más elevado con 7.7 %. En cereales cosechados en etapa floración pueden llegar a 16%.(Flores y Sánchez) En contraste el tratamiento, con menor cantidad de proteína fue el híbrido H16 (CL-SPLW04=SPLC7F254-1-2-3-2-1-B\*6-B/CML-312 SR) fue el que presentó el

valor mas bajo con 4%. Estadísticamente igual a siete genotipos más. Con un valor menor a 0.03 % (Núñez., 2003)

#### **4.13 Índice de mazorca (IMZ)**

En la región lagunera los híbridos sobresalientes tienen más de 50% de mazorca, siendo considerados como de alto valor energético (Núñez., 2000). Por lo que un alto porcentaje de mazorca o un alto índice de cosecha favorecen los incrementos en la calidad del forraje. En esta región la producción promedio por hectárea es de 51 t de forraje fresco y 15 t de forraje seco (Reta *et al.*, 2002).

Los resultados para índice de mazorca (IMZ), indican que el promedio general fue de 0.43 kg y oscilo de 0.60 a 0.30 kg. Se observa que el hibrido 15 y 22-(P44 C10MH8-30-4-B-4-1-B-B-B-B-/CML-312 SR y POB.502c3 F2 26-12-1-2-B-B-B-B/ CML-312 SR) obtuvieron los valores mas altos con 0.6. En contraste, el que presento menor valor fue el hibrido-08(La Posta Seq C7-F7103-2-2-2-1-B-B-B/ CML-312 SR), siendo estadísticamente igual a los híbridos 10,14 y 30, con 0.30 kg.

## Cuadro 4.2. Valores medios

Híbridos	FM	FF	AP	AM	FAD	FND	MS	ENL	DMS	RFV	Nt	PCt	IMZ
1	73.3	73.3	229.4	132.2	27.7	52.7	0.3	1.4	66.7	45511	1.8	4.2	0.5
2	74.6	75.3	225.5	129.4	29	55.7	0.3	1.3	65.7	56178	2.5	6.1	0.4
3	74.3	74	222.8	132.8	26.4	49.7	0.3	1.5	67.8	41600	2.4	5.9	0.5
4	74.3	75.3	223.8	132.3	25.1	51.1	0.3	1.4	68.3	46578	2.1	4.9	0.5
5	73.6	75.3	253.3	149.4	28.3	54	0.3	1.4	66.2	60089	2.1	5	0.5
6	76	77	271.1	182.3	29.5	49.7	0.3	1.5	65.2	62934	1.9	4.5	0.4
7	74	74.3	243.3	140	25	59.6	0.3	1.2	68.9	48355	1.9	4.4	0.4
8	74.6	74.6	250	144.4	29.3	53.6	0.3	1.4	65.3	47289	2	4.9	0.44
9	76.3	76.3	239.4	139.4	29.4	55	0.3	1.3	65.3	61867	1.9	4.4	0.3
10	76	77.6	250	143.9	30.9	57.2	0.3	1.3	64.2	77156	2.6	6.3	0.3
11	75.3	76.3	241.1	136.6	26.4	52.2	0.3	1.4	67.7	56889	2.2	5.3	0.4
12	74.3	75	246.6	152.7	32.8	59.3	0.3	1.2	62.7	62578	2.7	6.6	0.4
13	74.3	75.6	236.1	141.7	26.7	54.8	0.3	1.3	67.5	43378	1.9	4.5	0.4
14	75.6	76	266.6	167.2	29.5	56.4	0.3	1.3	65.3	67556	2.6	6.4	0.3
15	74.6	75.6	237.7	143.3	27.2	53.5	0.3	1.4	67.2	50844	1.8	4.2	0.6
16	75	75.6	222.8	133.3	23.6	57.5	0.3	1.3	70	78222	1.7	4	0.4
17	75.3	76.6	227.8	132.7	29.4	55.8	0.3	1.3	65.4	48711	2.2	5.2	0.4
18	74	73.6	236.1	133.3	25.1	46.5	0.3	1.5	68.8	51200	2.1	4.9	0.5
19	73.6	74.3	236.1	137.7	27.2	54.3	0.3	1.4	67.1	49067	2	4.8	0.5
20	76	77	255.5	145	31.8	57.9	0.3	1.3	63.4	68089	2.7	6.5	0.41
21	75.6	77	250	138.9	24.6	48.9	0.3	1.5	69.1	50133	1.8	4.2	0.5
22	75.3	75.6	233.3	130.0	32.5	55.2	0.3	1.4	62.8	34489	2.1	4.2	0.6
23	77	78	259.4	143.9	31	59.1	0.3	1.2	64.1	70756	2.3	5.5	0.4
24	75.6	79.6	232.7	149.4	28.5	56.8	0.2	1.3	66.1	58311	2.4	5.9	0.4
25	75	77.6	243.9	142.8	30.5	58.1	0.3	1.3	65.5	49778	2	4.8	0.4
26	75.3	77	230	130	26.9	52.7	0.4	1.4	67.4	46067	2.5	6.1	0.5
27	74.6	74.6	227.7	117.2	23.5	48.3	0.3	1.5	70	54044	2.3	7.7	0.4
28	76	73.6	238.9	123.8	26.7	52.8	0.3	1.4	67.5	49422	0.1	7.7	0.4
29	81.3	75.6	223.3	120.5	30.4	57.8	0.3	1.3	64.5	44089	2.4	5.7	0.5
30	76.3	82.3	269.4	153.3	33.1	61.3	0.4	1.2	62.4	71111	2.1	5.1	0.3
M	75	76	241	140	28	55	0.2	1.4	66	55076	2.10	5.33	0.43
Max	81	82	271	182	33	61	0.4	1.5	70	78222	2.70	7.70	0.60
Min	73	73	222	117	23	47	0.2	1	62	34489	0.10	4.00	0.30
DMS	<b>3</b>	<b>2.8</b>	<b>14.7</b>	<b>15.6</b>	<b>6.3</b>	<b>7.1</b>	<b>0.04</b>	<b>0.1</b>	<b>5</b>	<b>19270</b>	<b>0.70</b>	<b>2.00</b>	<b>0.10</b>

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

TRAT= tratamiento = media; Max = máxima; Min = mínima; DMS = diferencia mínima significativa

## V. CONCLUSIONES

### 5.1 Los híbridos fueron estadísticamente diferentes:

Floración y altura de planta  
Fibra neutra detergente  
Materia seca  
Rendimiento de forraje verde  
Índice de mazorca.

### 5.2 En Calidad de forraje:

Para fibra neutro detergente cinco de los 30 híbridos estuvieron en los rangos aceptables;  
Para ENL cinco fueron excelentes;  
Respecto a Proteína Cruda se observó que el tratamiento H27 y H28 fueron los que presentaron el valor más elevado.

### 5.3. En producción de forraje verde, y Materia Seca:

Se clasifican como “excelentes”, a cinco Híbridos, con porcentajes de 1.5 Mcal kg<sup>-1</sup>.

### 5.4. En Índice de Mazorca (IMZ):

En índice de mazorca sobresalieron dos híbridos con porcentajes de 0.6 considerándose así como buenos para híbridos de alto valor energético.

## BIBLIOGRAFÍA

Anónimo (2005) Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera. Fichas por Estado. SAGARPA. Avances reportados de siembras y cosechas, superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción.

Allen M, Ford S, Harrison J, Hunt J, Lauer J, Muck R, Soderlund S (1995) Corn Silage Production, Management and Feeding. G Roth, D Undersander, M Allen, DJ Undersander (Eds). American Soc. of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Sci. Of América. Madison, WI. 42 pp.

Arguillier O, Méchin V, Barriere Y. 2000 Inbred line evaluation and breeding for digestibility related traits in forage maize. Crop Sci. 40:1596-1600.

Bagg, J. 2001. Selecting corn silage hybrids. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Disponible en línea: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.htm>

Bertoia, L. M., R. Burak, and M. Torrecillas. 2002. Identifying inbred lines capable of improving ear and cell Wall composition in three maize populations. Crop Sci: 505-510.

Bertoia, L. M. 2004. Algunos conceptos sobre ensilados. Consideraciones generales sobre maíces para silaje y su cultivo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Verificado en marzo de 2006.

Chávez J. L. y López E. (1994) Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de plantas alegamas. Editorial Trillas, S. A. de C. V. 50 p.

Centro de Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) 1987. Hechos y tendencias mundiales relacionadas con el maíz 1986: Aspectos económicos en la producción de semilla de variedades comerciales de maíz en los países en desarrollo. México. p. 210-223.

Cantú B J E. Principios de bromatología animal. Quinta Edición. Pp. 224-247.

Colín, S. A. y Morales, J. M. 2011. ESTADÍSTICA: La productividad y competitividad del cultivo de maíz en el Estado de México. Adscritos a la Dirección General de Estudios y Publicaciones, Procuraduría Agraria. Estudios Agrarios. Pp. 125.

Coors, J. G. 1996. Findings of Wisconsin corn silage consortium. Proc Cornell nutrition conference for feed manufacturers. Rochester, NY. 20-28.

Crookston, R.K. and J.E. Kurle. 1988. Using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage. J Prod Agric. 1:293-295.

Clark, PW; Kelm, S; Endres, ML. 2002. Effect of feeding a corn hybrid selected for leafiness as silage or grain to lactating dairy cattle. J. dairy Sci. 85:607-612.

De la Cruz L. E., S. H. Rodríguez, I.C. Calvo, L. M. Latournie, M. E. Mendoza, N.A. Vergara y C. M Ramírez. 2002. Producción de forraje de maíz en temporal. *In: Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. Saltillo Coahuila, México. 357 p.

Faz C R, García J, Núñez G (2005) Onceava demostración sobre tecnología para la producción de maíz, sorgo, forrajeros y alfalfas. INIFAP. PIAL. Campo Agrícola Experimental La Laguna. Matamoros, Coah. 32 pp.

Fuentes L. M. R. y Quemé W. 2005. Informe Ensayo regional de maíz PCCMCA 2005. ICTA-PRM. 18p.

Figueroa-Viramontes, U., J, A Cueto-Wong, J.A. 2002. Delgado. Recuperación Aparente de nitrógeno en maíz forrajero.

Flores O., M.A. y R.A. Sánchez G. 2010. Producción y calidad de forraje de cereales menores. En: Memorias del 1er Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, del 13 al 15 de Octubre del 2012.

Garcia et al., College of Agriculture&BiologicalSciences / South Dakota StateUniversity / USDA.2005.Interpretation de los Analisis de Henos y Silajes.

Garcia A, N. Thiex, K Kalscheur, K Tjardes 2005. Interpretación del análisis del ensilaje de maíz. College of agricultura. Dakota.

Geiger H.H, G Seitz, A.E Melchinger, G.A Schimidt 1992 Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. Maydica 37:95-99.

González, C.F., G. Núñez H, y A Peña R. 2002. Rendimiento, Calidad y Potencial de producción de leche de 21 híbridos comerciales de maíz, Aguascalientes [resumen]. XXXVIII. Reunión Nacional de investigación Pecuaria. Puebla, Puebla.88.

Gutiérrez D. R. E. 1992. Mejoramiento genético de maíz (*Zea Mays*) a partir de una población nativa. SOMEFI. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. P.

Herrera S R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. 2° Taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN Saltillo, Coahuila, México. 133-137.

Jesús Santamaría César<sup>1</sup>‡, David G. Reta Sánchez<sup>1</sup>, Rodolfo Faz Contreras<sup>1</sup> e Ignacio Orona Castillo<sup>2</sup>. Reducción del rendimiento potencial en maíz forrajero en calendarios con tres y cuatro Riegos.

Jollife, P.A, P.G. tarimo, and W. Eaton.1990.Plant growth analysis. Growth and yields component. Responses to population density in forage maize. *Annals of Botany* 65:139-147.

Johnson, J. C., Jr, R. N. Newt, J. P. Wilson, L. D..Chandler and P.R. Utley. 1997. Yield, composition, and in vitro digestibility of temperate and tropical corn hybrids grown as silage crops planted in summer. *J. Dairy Sci.* 80:550-557.

Johnson, D. L. and Jha, M. N. 1993. Blue corn. p. 228-230. In: Janick, J. and Simon, J. E. (eds.), *New crops*. Wiley, New York. 2-228.html. Fecha de consulta: 05 de junio de 2009

Karlen, D.L. and C.R. Camp. 1985. Plant density, distribution, and fertilizer effects on yield and quality of irrigated corn silage. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 16:55-70.

Nadal, A. 2000. El caso del maíz mexicano en el NAFTA: Variabilidad genética y liberalización comercial. *Biodiversidad* 24:3–12.

Núñez, G.F.G, S. Martin del Campo y A.A. De Alba. 1994. Efecto de densidad de planta en la productividad y calidad de maíz híbrido de hojas erectas para ensilaje. *Avances en investigación agropecuaria*. 3:25-30.

Núñez, H. G., F.E. Contreras G., R. Herrera y Saldaña y R. Faz c. 1997. Evaluación de híbridos de maíz y sorgo para la producción de ensilaje de alta calidad nutritiva. Folleto técnico Núm. 3: INIFAP-CIRNOC-CELALA.

Núñez, H. G., F. Contreras G, R. Faz C., y R. Herrera. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. *In: Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo*. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA.Pp: 2-5.

Núñez H G, B J E Cantú. 2000. Producción, composición química y digestibilidad de forraje de sorgo x Sudán de nervadura café en la región norte centro de México. *Téc. Pec. Méx.* 3:177-188.

Núñez, H. G., F. Contreras G, y R. Faz C. 2003b. Características agronómicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc Pecu Méx.* 41(1):37-48

Núñez-Hernández, G., R. Faz-Contreras, F. González-Castañeda y A. Peña-Ramos. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción.

Núñez-Hernández, G., A. Peña-Ramos, F. González-Castañeda y R. Faz-Contreras. 2006. Características de híbridos de maíz de alto rendimiento y calidad nutricional de forraje. pp. 45-97. In: Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Libro Científico No. 3. Matamoros, Coah. México.

Núñez-Hernández, G., A. Peña-Ramos, F. González-Castañeda y R. Faz-Contreras. 2006. Tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Folleto técnico. INIFAP

Muchow R.C. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment: I. Leaf growth and leaf nitrogen. Field Crops Research 18:1-16.

Mueller, J.P., J.T. Green, and W.L. Kjelgaard. 2001. Corn silage harvest techniques. In: National Corn Handbook- 49.

Peñagaricano, J.; Arias, W.; Llana, N, 1986. Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 p.

Peña R.A, G. H. Núñez y C. F González 2002 potencial forrajero de híbridos de maíz y relación entre atributos agronómicos con calidad forrajera. Tec Pecu. Mex. 40: 215-228.

Peña, R. A., G. Núñez H, y F González C. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Tec. Pec. Méx. 41:63-74.

Peña R., A. F. González C., G. Núñez H. y C. Jiménez G. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fito tec. Mex. 27: 1.6.

Peña R. A., González C. F., Núñez H, G., Tovar G. M del R., Preciado O. R E., Terrón I. A., Gómez M. N., y Ortega C. A. 2006. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 29. No. especial 2. Chapingo, México. Pp. 109-114.

Phipps, R.H. 1980. A review of the carbohydrate content and digestibility value of forage maize in the cool conditions of the UK and their relevance to animal production. P 291-315. In W. G. Pollmer and R.H. Phipps (Ed.). Improvement of quality traits of maize for grain silage use. Maritunus Nijhoff. The Hague. The Netherlands.

Pinter, L., J. Schmidt S, Josza, J. Szabo and A. Kelem. 1990. Effect of plant density on the value of foraje maize. Maydica 35:73-79.

Reta S D y Gaytan M A (1999) Sistema de produccion para incrementar la productividad y sustentabilidad de maiz, para grano y forraje. Publicación especial.

CELALA-INIFAP-SAGARPA.

Pinter, L., Z. Alfoldi, Z. Burucs, and E. Paldi.1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. Agron. J.86: 799-804.

Reta S.D.G., A. Gaytán M. y J.S. Carrillo a. 2000. Respuesta del maiz a densidades de población y métodos de siembra. i. rendimiento y sus componentes. Ciencia Agropecuaria, FAUANL. 8(1): 11-16.

Reta, S. D. G., Carrillo A. J. S., Gaytán M. A. Y Cueto W. J. A. 2001. Sistemas de productividad y sustentabilidad del maíz en la comarca lagunera. CELALA-CIRNOC-INIFAP; CENID-RASPA-INIFAP.21 p.

Reta SDG, Carrillo JS, A Gaytán ME, Castro M, JA Cueto W (2002). Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. INIFAP, CIRNOC, CAELALA. Matamoros, Coahuila, México.

Roth, G.W and A.J. Heinrichs.2001. Agronomy Facts 18. College of Agricultural Sciences. Agricultural Research and Cooperative Extensión. Pennsylvania State University 7p

Ruíz C., J.A., G. Median G., C. Ortiz T., R. Martínez P., I.J. González A., H.E. Flores L. y K.F. Byerly M. 1999. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico 41 No. 3. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro-INIFAP.

Schoerder, J.W. 2004. Corn silage management. AS-1253. North Dakota State University Cooperative Extension Service. Disponible en línea: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1253w.htm>.

Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera. Fichas por Estado. SAGARPA. Avances reportados de siembras y cosechas, superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción

[http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar\\_comfichedos.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comfichedos.html). 14 de noviembre de 2005.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Resumen agrícola de la Región Lagunera durante 2006. Suplemento Especial 2007. Siglo de Torreón. Torreón, Durango, México.

SAGARPA. 2011. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Delegación Laguna. Producción de cultivos forrajeros y granos básicos.

SIAP<sup>a</sup>, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

<sup>a</sup> Inicio/producción mensual/resumen nacional por estado. Consultado el 15 de junio del 2011 en:

[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=347](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=347).

Schoerder, J.W. 2004. Corn silage management. AS-1253. North Dakota State University Cooperative Extension Service. Disponible en línea <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1253w.htm>.

Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of comerial maize hybrids grown in Ontario form 1959 to 1988. Crop. Sci. 29: 1365-1371.

Vergara N. A., Ramírez, M. S., Córdova N., 2002. Comportamiento de cruzas simples y aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz de grano blanco, Pág.- 52.

Widstrom, N.W, J.R. Young, K. Martin, and D.L. Shaver. 1984. Grain and forage fields of Irrigated Second-Crop Corn Seeded on Five Planting Dates. *Agron. J.* 76:883-886.

Wiersma, D. A., P.R. Carter, K.A.Albrech, and J.G. Coors. 1993. Kernel milk line stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod Agric.* 6:94-99.

Wolf D P, G Coors, K A Albrecht, D J Undersander, P R Carter. 1993. Agronomic Evaluations of Maize Genotypes Selected for Extreme Fiber Concentrations. *Crop Sci.* 33: 1395-1365.

Xu. S., J. H. Harrison., W. Kezar., N. Entrikin., K. A. Loney, and R.E. Riley.1995.Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof. Anim. Sci.* 11:157-165.

## VII. APÉNDICE

**Cuadro 7.1. Valores medios**

Híbridos	FM	FF	AP	AM	FAD	FND	MS	ENL	DMS	RFV	Nt	Pct	IMZ
1	73.3	73.3	229.4	132.2	27.7	52.7	0.3	1.4	66.7	45511	1.8	4.2	0.5
2	74.6	75.3	225.5	129.4	29	55.7	0.3	1.3	65.7	56178	2.5	6.1	0.4
3	74.3	74	222.8	132.8	26.4	49.7	0.3	1.5	67.8	41600	2.4	5.9	0.5
4	74.3	75.3	223.8	132.3	25.1	51.1	0.3	1.4	68.3	46578	2.1	4.9	0.5
5	73.6	75.3	253.3	149.4	28.3	54	0.3	1.4	66.2	60089	2.1	5	0.5
6	76	77	271.1	182.3	29.5	49.7	0.3	1.5	65.2	62934	1.9	4.5	0.4
7	74	74.3	243.3	140	25	59.6	0.3	1.2	68.9	48355	1.9	4.4	0.4
8	74.6	74.6	250	144.4	29.3	53.6	0.3	1.4	65.3	47289	2	4.9	0.44
9	76.3	76.3	239.4	139.4	29.4	55	0.3	1.3	65.3	61867	1.9	4.4	0.3
10	76	77.6	250	143.9	30.9	57.2	0.3	1.3	64.2	77156	2.6	6.3	0.3
11	75.3	76.3	241.1	136.6	26.4	52.2	0.3	1.4	67.7	56889	2.2	5.3	0.4
12	74.3	75	246.6	152.7	32.8	59.3	0.3	1.2	62.7	62578	2.7	6.6	0.4
13	74.3	75.6	236.1	141.7	26.7	54.8	0.3	1.3	67.5	43378	1.9	4.5	0.4
14	75.6	76	266.6	167.2	29.5	56.4	0.3	1.3	65.3	67556	2.6	6.4	0.3
15	74.6	75.6	237.7	143.3	27.2	53.5	0.3	1.4	67.2	50844	1.8	4.2	0.6
16	75	75.6	222.8	133.3	23.6	57.5	0.3	1.3	70	78222	1.7	4	0.4
17	75.3	76.6	227.8	132.7	29.4	55.8	0.3	1.3	65.4	48711	2.2	5.2	0.4
18	74	73.6	236.1	133.3	25.1	46.5	0.3	1.5	68.8	51200	2.1	4.9	0.5
19	73.6	74.3	236.1	137.7	27.2	54.3	0.3	1.4	67.1	49067	2	4.8	0.5
20	76	77	255.5	145	31.8	57.9	0.3	1.3	63.4	68089	2.7	6.5	0.41
21	75.6	77	250	138.9	24.6	48.9	0.3	1.5	69.1	50133	1.8	4.2	0.5
22	75.3	75.6	233.3	130.0	32.5	55.2	0.3	1.4	62.8	34489	2.1	4.2	0.6
23	77	78	259.4	143.9	31	59.1	0.3	1.2	64.1	70756	2.3	5.5	0.4
24	75.6	79.6	232.7	149.4	28.5	56.8	0.2	1.3	66.1	58311	2.4	5.9	0.4
25	75	77.6	243.9	142.8	30.5	58.1	0.3	1.3	65.5	49778	2	4.8	0.4
26	75.3	77	230	130	26.9	52.7	0.4	1.4	67.4	46067	2.5	6.1	0.5
27	74.6	74.6	227.7	117.2	23.5	48.3	0.3	1.5	70	54044	2.3	7.7	0.4
28	76	73.6	238.9	123.8	26.7	52.8	0.3	1.4	67.5	49422	0.1	7.7	0.4
29	81.3	75.6	223.3	120.5	30.4	57.8	0.3	1.3	64.5	44089	2.4	5.7	0.5
30	76.3	82.3	269.4	153.3	33.1	61.3	0.4	1.2	62.4	71111	2.1	5.1	0.3
M	75	76	241	140	28	55	0.2	1.4	66	55076	2.10	5.33	0.43
Max	81	82	271	182	33	61	0.4	1.5	70	78222	2.70	7.70	0.60
Min	73	73	222	117	23	47	0.2	1	62	34489	0.10	4.00	0.30
DMS	<b>3</b>	<b>2.8</b>	<b>14.7</b>	<b>15.6</b>	<b>6.3</b>	<b>7.1</b>	<b>0.04</b>	<b>0.1</b>	<b>5</b>	<b>19270</b>	<b>0.70</b>	<b>2.00</b>	<b>0.10</b>

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

TRAT= tratamiento = media; Max = máxima; Min = mínima; DMS = diferencia mínima significativa

**Cuadro 2. A.** Codificación para el diseño de alfa latice en lenguaje SAS 9.1.3.

---

```
options nodate pageno=1;
data a;
input blo rep trat FM FF AP AM FAD FND MS ENL DMS RFV Nt PCt
IMZ rend ;
cards;
```

DATOS

```
proc glm data=a;
class blo rep trat;
model ap--rend=rep blo(rep) trat/ss3;
random rep blo(rep)/test;
means trat/lsd;
Run;
```

---