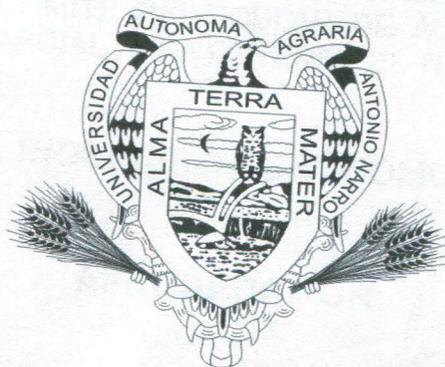


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“SELECCIÓN PARA BAJOS REQUERIMIENTOS DE
NITRÓGENO EN LÍNEAS ÉLITE DE MAÍZ PARA
FORRAJE”.**

P O R:

MATUZALÉN SANTIAGO LÓPEZ

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAH. MÉXICO

DICIEMBRE DE 2008.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

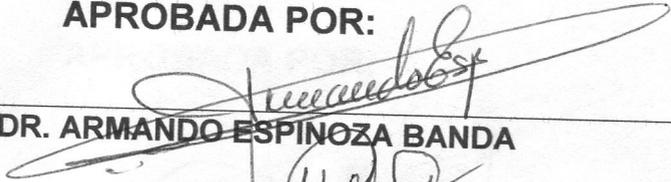
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE EL C. **MATUZALÉN SANTIAGO LÓPEZ**, ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:



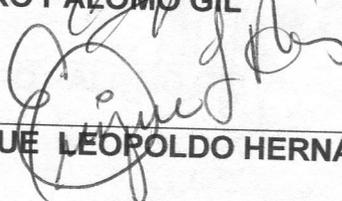
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:



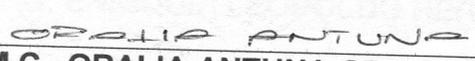
DR. ARTURO PALOMO GIL

ASESOR:



ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

ASESOR:



M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA



MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

DICIEMBRE DE 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

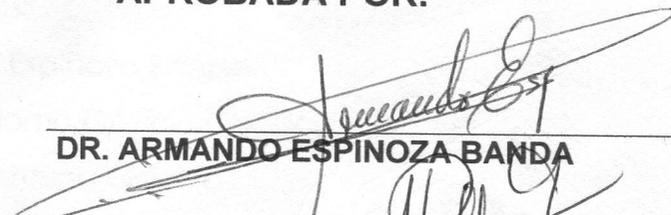
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE EL C. **MATUZALÉN SANTIAGO LÓPEZ**, QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

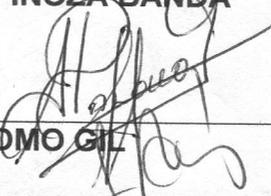
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

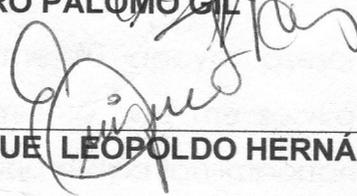
Presidente:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Vocal:


DR. ARTURO PALOMO GIL

Vocal:

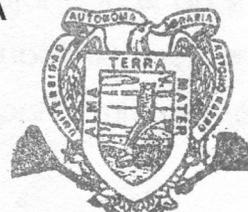

ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

Vocal suplente:


M.C. ORALIA ANTUNA GRIJALVA


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas
Diciembre del 2008

Torreón, Coahuila, México

A Rosalba por su apoyo y disposición incondicional en todos los momentos, también al Ing. Rubén por su ayuda a terminar mi investigación de campo satisfactoriamente.

A mis compañeros de generación: Lucero, Graciana, Elmi, Trinidad, Poblete, Apolinar, Birzabith, Felipe, Abdías, Idahi.

A mis amigos: Gabriel, Hugo, Juan, Rafael, Cesar, Osviel, Jorge, Ismael, Mildon, Benjamín, Marco Polo, Leonel, Javier y claro a mi mejor amiga Rosa María Lizárraga. A cada uno de ustedes por brindarme su amistad y apoyo incondicional muchas gracias.

A todo mis compas de El Tortuguero Oaxaca por su gran apoyo incondicional que me mostraron, muchas gracias.

Dedicatoria

A mis padres **Dominica Susana López Feria** y **Pascual Ismael Santiago Gonzales** (Finado) por haberme dado la vida, por todo su amor, comprensión, confianza y apoyo en mis decisiones. Por enseñarme a luchar, sobresalir y hacer de mí una buena persona, en las etapas de mi vida. Muchas gracias. Me siento orgullosos de ustedes. **"Papa muy pronto te veré en la Resurrección"**.

A mis hermanos(a) **Libia, Josué, Uzías, Ismael** también querido cuñado **Gabriel**, claro a mis sobrinos(a) **Teresa, Samír, Israel, y Gabriela**. Que estuvieron apoyándome en todo momento que no se cansaron de darme ánimo y por ejercer toda su confianza en mí gracias.

A mis tíos **Josefina Isidra López García** y **Jacobo Humberto López Feria** a mis primos(a) **Hilda, Efraín, Oscar, Madai, Aurora, Gloria** y **Ruth** por apoyarme y darme ánimo para seguir adelante y no desvanecer, gracias a ustedes estoy saliendo adelante.

Esta tesis se la dedico a las personas que mas quiero a ustedes Padres, hermanos, sobrinos, tíos y primos.

INDICE

INDICE DE CUADROS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 El nitrógeno en el maíz forrajero	5
2.2 Líneas puras	7
2.3 Calidad de forraje.....	8
2.4 Contenido de fibras.....	8
2.5 Fibra detergente neutra	9
2.6 Fibra detergente ácida	10
2.7 Digestibilidad	12
2.8 Total de nutrientes digestibles	12
2.9 Energía neta para la producción de leche	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 Área de trabajo	14
3.2 Localización, geográfica y características.....	14
3.3 Material genético	14
3.4 Manejo agronómico	16
3.4.1 Siembra	16
3.4.2 Diseño experimental.....	16
3.4.3 Fertilización.....	16
3.4.4 Riegos.....	16
3.4.5 Control de plagas.....	16
3.4.6 Control de maleza.....	17
3.5 Variables morfológicas evaluadas	17
3.5.1 Floración masculina	17
3.5.2 Floración femenina	17
3.5.3 Altura de planta.....	17

3.5.4	Altura de mazorca.....	17
3.5.5	Lectura de clorofila.....	18
3.5.6	Variable de calidad de forraje	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
4.1	Análisis estadísticos.....	19
4.2	Valores medios de 11 líneas evaluadas con seis variables	20
4.3	Coefficiente de correlación.....	22
4.4	Calidad forrajera.....	23
4.5	Análisis de varianza de las cinco lecturas de clorofila.....	24
4.6	Valores medios de 11 líneas con cinco lecturas de clorofila	25
V.	CONCLUSIONES	27
VI.	RESUMEN	28
VII.	LITERATURA CITADA.....	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Página
2.6.1. Criterios de calidad para fuentes forrajeras	11
2.6.2. Calidad del forraje y porciento de fibra detergente neutro sobre la predicción del consumo de materia seca en rumiantes.....	11
3.3.1. Genealogía de material genético utilizando como progenitores.	15
4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de seis variables evaluadas de maíz para forraje en UAAAN-UL Torreón Coahuila.	20
4.2. Valores medios de 11 líneas en seis variables evaluados en dos niveles de nitrógeno en UAAAN-UL, 2008.	22
4.3. Matriz de correlación de seis variables en la UAAAN-UL.....	23
4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de calidad forrajera.....	24
4.5. Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco lecturas de clorofila en plantas de maíz en la UAAAN-UL.....	25
4.6. Valores medios de 11 líneas en cinco muestreos (SPAD) para clorofila de maíz en UAAAN-UL, 2008.	26

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays L*), representa a nivel mundial un alimento de vital importancia para el consumo humano y para la producción de forraje, tiene su centro de origen en México. El maíz forrajero es cultivado para la alimentación de ganado, se cosecha y se ensila para suministro en épocas de escasez de pasto o para alimentar ganado estabulado. La densidad de plantas por hectárea que se utiliza en la siembra, es de 80 mil a 120 mil p/ha¹.

En México el Maíz representa la fuente energética de mayor importancia en la dieta de los sectores mayoritarios de la población por su superficie sembrada, valor de producción y por dar empleo al 20% de la población activa (Hernández et al., 1995). La producción nacional de maíz para el año 2006 fue de 21,893,209.25 Ton., siendo los estados de Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas, Michoacán, Guerrero y Guanajuato los que reportan las más alta producción, la cual se han mantenido en los 5 últimos años en el mismo rango de producción, con un rendimiento promedio de 2.3 ton/ha. (SAGARPA 2006).

Considerando un consumo per cápita de 200 kg/año se genera una demanda de 20 millones de toneladas de maíz y un déficit de cerca de 2 millones, el cual se cubre con importaciones año con año (SAGARPA 1998).

En la Comarca Lagunera se siembran cada año cerca de 45 mil hectáreas de maíz, de las cuales 28.5 mil de forraje y el resto para grano, con rendimientos de 45 y 2.8 t ha⁻¹ bajo riego respectivamente (SAGARPA 2006). Bajo condiciones de riego este cultivo se siembra en altas densidades y altos niveles de fertilización nitrogenada, oscilando entre los 200 a 220 unidades de nitrógeno.

En maíces forrajeros es prioritario considerar la calidad, definida por la digestibilidad de la materia seca que aporta principalmente el tallo y que

está relacionada con su composición química y las distintas estrategias de acumulación y translocación de asimilados (Alessandro 2002).

La calidad alimenticia del MS está dada por la proporción de grano y la digestibilidad del resto de la planta al momento de la cosecha. El estado ideal sería aquel que permita al cultivo acumular la máxima cantidad de materia seca digestible, con un nivel de digestibilidad aceptable para ser utilizado en vacas lecheras (60 a 65 %) (Elizalde *et al.*, 1993).

En el momento de madurez fisiológica es cuando el maíz acumula la mayor proporción de grano, pero el resto de la planta pierde calidad por incrementos en la proporción de fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina que disminuyen la digestibilidad de la misma.

En varios trabajos se reporta que aunque el contenido de fibra del tallo aumente con el avance de la madurez, el contenido de fibra del SM se mantiene o disminuye. Esto se da porque la mayor acumulación de grano compensa la caída de calidad del resto de la planta (Flachowsky *et al.*, 1993; Van Soest 1994).

Materia seca es el resultado de la proporción de material libre de agua, en general mantiene directa relación con el grado de madurez del material al momento del picado. Se consideran óptimos valores entre 30-35% (Pieroni 2006).

Deficiencias de Nitrógeno reducen la expansión foliar, provocan su prematura senescencia y afectan la tasa fotosintética, dando como resultado una menor producción de materia seca y grano (Ferraris *et al.*, 2007).

La liberación y siembra de variedades e híbridos con mayor potencial de rendimiento trae consigo una mayor extracción de nutrimentos del suelo. El maíz para ensilaje extrae en promedio 14 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) por cada tonelada de materia seca cosechada (Figuroa *et al.*, 2002) además de otros nutrimentos, esto sin considerar la eficiencia y pérdidas de fertilizantes.

Al aumentar la eficiencia del uso del fertilizante, se pueden disminuir los costos de producción y reducir los riesgos de contaminación.

Se ha observado variación genética en respuesta a bajos niveles de nitrógeno tanto en líneas (Balko y Russell 1980) como en variedades ó poblaciones (Lafitte y Edmeades 1994) de maíz y al parecer esto posibilita el mejoramiento de variedades e híbridos con tolerancia a bajos niveles de nitrógeno. No se han observado relaciones negativas entre la selección para rendimiento de grano en condiciones de bajo y alto niveles de suplementación con nitrógeno. Lo anterior sugiere que, para obtener altos rendimientos de grano a bajos niveles de N con al menos un modesto incremento en rendimiento en altos niveles de N, la selección deberá conducirse bajo ambas condiciones.

Las estrategias en el desarrollo de híbridos deben evolucionar a través del tiempo para satisfacer la necesidad de identificar y liberar híbridos de maíz superiores. Deben usarse procedimientos innovadores que puedan hacer el esfuerzo dedicado al desarrollo de híbridos más eficiente, mediante la reducción de las etapas de evaluación, así como el período de tiempo necesario para la identificación de genotipos superiores.

El procedimiento estándar para el desarrollo de híbridos involucra pasos definidos que deben seguirse en la evaluación de líneas para aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) y, en la predicción del comportamiento en cruza usando datos provenientes de híbridos simples, (Vasal *et al.*, 1997^a) lo cual requiere mucho tiempo y recursos económicos.

El programa de mejoramiento de maíz de la UAAAN-UL, cuenta actualmente con un grupo de líneas élite las cuales han demostrado tener buen comportamiento tanto en ACG como en ACE y son el motivo del presente estudio.

Objetivos

Seleccionar líneas con tolerancia a bajos niveles de nitrógeno con características de alto rendimiento de forraje.

Hipótesis

Existe diversidad en las líneas élite del programa de maíz de la UAAAN-UL, con características de alto rendimiento de forraje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El nitrógeno en el Maíz Forrajero

El nitrógeno es el elemento clave para la diferenciación de la agricultura de bajos y altos recursos, pues es el elemento más limitativo en la mayoría de las áreas de cultivo (Brewbaker 1985) además el N forma parte de los metabolitos esenciales de la planta, por lo tanto está presente en la mayoría de las reacciones fisiológicas y bioquímicas (Clark 1987).

Lafitte y Edmeades (1987) indican que en maíz el rendimiento de grano puede reducirse 50% ó menos dependiendo de la baja ó alta disponibilidad de N en el suelo. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. La pérdida de N se produce por diferentes vías de distinta magnitud e importancia.

Garcés *et al.*, (1996) afirma que entre las respuestas morfológicas y fisiológicas sobresalientes del maíz al estrés por falta de N están: reducción de la altura de planta, disminución de la eficiencia para usar la radiación fotosintéticamente activa (PAR), aceleración de la senectud, incremento en la translocación del N para el llenado de grano y disminución de la concentración del N en todas las partes vegetativas (Muchow 1988^a; Muchow 1988^b; Muchow y Davis 1988; Gallais¹ and Hirel 2004).

Los estreses abióticos particularmente aquellos relacionados con el agua y el nitrógeno están ampliamente distribuidos y pueden ocurrir prácticamente en todas las etapas del cultivo de maíz.

Por otra parte, Cox *et al.* (1993) señalaron que la producción económica máxima de MS en maíz ocurre con dosis sobre 150 kg de N ha⁻¹, sin embargo, la calidad del maíz para ensilaje se incrementa con dosis de 0-200 kg de N ha⁻¹.

Al respecto, Carlone y Russel (1987) señalaron también un aumento en la producción de forraje de maíz a medida que se aumenta la fertilización nitrogenada, señalando incrementos de un 78% en la producción de forraje para niveles de 0 a 80 kg de N ha⁻¹, y 16% para niveles de 80 a 160 kg de N ha⁻¹.

Por otra parte, la energía metabolizable no es afectada por el aumento en la dosis de N, presentando un rango promedio de 1,0 - 1,5 Mcal Kg⁻¹ en todos los tratamientos, lo que concuerda con los valores señalados por Ruiz (1993) y Soto *et al.* (2002) para maíz de ensilaje.

El estrés para sequía es mas impredecible que para el estrés para bajo niveles de nitrógeno, dado que se puede tener o conocer el nivel ó estado del nitrógeno del suelo. Un mejorador tiene la opción de aplicar dosis uniformes de nitrógeno para crear ambientes óptimos para la selección y discriminar genotipos, (Garcés *et al.*, 1996).

El nitrógeno esta compuesto enteramente por un 16 porciento de proteínas. El nitrógeno se encuentra en la atmosfera con una cantidad aproximada del 80 porciento en formas de gas (Arrend 1988). El nitrógeno es el elemento que mayor cantidad absorben las plantas, es de vital importancia en la nutrición, aumenta el contenido de proteínas en los cultivos de granos y forrajes, participa en la floración y fructificación y es un elemento móvil. Las formas de nitrógeno que son asimilables para las plantas son: los nitratos, amonio y urea (Rodríguez 1982). El nitrógeno es un componente importante en el manejo de cultivos para incrementar la producción y calidad de materia seca; la adicción de N₂, juega un papel relevante en el metabolismo de la formación de aminoácidos, proteínas y ácido nucleico. Cuando hay suficiente cantidad de nitrógeno repercute en: mayor cantidad de clorofila, mayor asimilación. El nitrógeno promueve un crecimiento rápido como tallos, hojas y frutos (León 1991).

En resumen el nitrógeno es el nutrimento más limitante de la producción de los cultivos, pues una deficiencia, causa una reducción en la producción de materia seca (Gardner *et al.*, 1990).

El nitrógeno es necesario principalmente para el crecimiento de la planta y la diferenciación y desarrollo de sus órganos. La planta necesita disponer de casi todo el nitrógeno que va a consumir antes de la floración. El nitrógeno, transformado por la planta en compuestos orgánicos, se acumula al principio en los tallos y hojas para pasar después, en gran parte a las semillas. Una buena nutrición nitrogenada promueve un buen desarrollo foliar antes de la floración y el mantenimiento de la actividad fotosintética de las hojas después de la floración, así como la redistribución de los compuestos nitrogenados de la planta hacia las semillas (Alba 1990).

El mismo autor señala, que una carencia de nitrógeno, en primer lugar retrasa y reduce el crecimiento de la planta. El síntoma más normal es una clorosis general que puede aparecer en cualquier fase del desarrollo. La clorosis se presenta igualmente en las hojas jóvenes que en las viejas. Las hojas más viejas pueden aparecer necróticas en estados más avanzados de carencia.

El nitrógeno es el elemento más abundante en la materia orgánica. Es componente de innumerables compuestos orgánicos en la planta (ácidos nucleicos, proteínas, pigmentos, etc.), su deficiencia es la más conocida, sus síntomas son la clorosis generalizada, plantas poco desarrolladas, aceleración de los estados fisiológicos, etc. La deficiencia de nitrógeno afectará directamente a la fotosíntesis ya que es componente esencial de la clorofila, su deficiencia colapsa a los cloroplastos (Rodríguez 1996)

2.2. Líneas Puras

Chávez y López (1995) mencionan que una línea autofecundada es aquella que es originada generalmente por autofecundaciones sucesivas y selección hasta obtener plantas aparentemente homocigotas esto requiere de cinco o siete generaciones sucesivas y se puede diferenciar fácilmente; cuando esto sucede se dice que la línea es altamente homocigota o sea que todas las plantas de esta línea tienen la misma constitución genética en lo

referente a las unidades de herencia, estas unidades se transmiten en un 100 por ciento tanto a través de su polen como de sus óvulos.

2.3. Calidad de forraje

Desde el punto de vista nutricional es la relación que existe entre el valor nutritivo de un ingrediente y la habilidad de los animales para convertirlos en leche, carne y grasa. Está en función del consumo de dicho ingrediente y del grado de digestibilidad del mismo. La calidad del forraje se determina por la capacidad de proveer los requerimientos nutricionales a los animales, incluye la aceptabilidad del forraje, la composición química y la digestibilidad de los alimentos (Cantú 2003).

La disminución en la calidad del forraje está condicionada por la aceleración en la maduración debido a las condiciones cálidas y húmedas. Esta interacción ocasiona que el rendimiento máximo de forraje utilizable y digerible se presente antes que el rendimiento total.

2.4. Contenido de fibras

Van Soest (1996) define la fibra como el material estructural en las plantas resistentes a la acción de las enzimas digestivas de los animales, pero que puede ser digerida por los microorganismos del rumen.

El contenido de fibra cruda es la característica más importante de los forrajes (Oba and Allen 1999). Las fibras son el material estructural de las plantas resistentes a la acción de las enzimas digestivas de los animales, pero que pueden ser digeridos por los microorganismos en el rumen. La fibra está compuesta por las sustancias que componen las paredes celulares de las plantas, como la celulosa, hemicelulosa y la lignina. La proporción de estas sustancias son variables, sobre todo entre especies. Por ejemplo en gramíneas la proporción de hemicelulosa-celulosa es mayor que en leguminosas. Los forrajes son la fuente más importante de la dieta diaria en vacas. La NCR, recomienda que al menos el 25% de la materia seca (MS)

debería ser FND para vacas al inicio de la lactancia (Oba and Allen 1999), y el 75 por ciento de ésta deberá ser proporcionada del forraje (Slater *et al.*, 2000). Consecuentemente la fibra del forraje contribuye a un aumento sustancial de la energía diaria de las vacas.

2.5. Fibra detergente neutra (FDN)

La fibra neutra detergente (FDN) la parte soluble esta compuesto por lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, pectinas y otros minerales solubles en agua, que son casi completamente digeribles y, la parte insoluble esta compuesta por la lignina, celulosa, hemicelulosa y nitrógeno unido a la fibra.

La fibra detergente neutra 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 fibra detergente neutro se emplea para formular raciones para obtener el mayor consumo de materia seca, un porcentaje de grasa en la leche y una utilización eficiente de la energía para la producción de leche. (Ruiz *et al.*, 1995; Clark and Armentano 1997).

La concentración de fibras en el rastrojo de maíz es alta, como en la mayoría de las especies C-4 de climas calurosos (Buxton *et al.*, 1996), la temperatura tiene un efecto importante en la calidad del forraje (Nelson y Moser 1994) citados por Cantú (2000) menciona que los materiales depositados a bajas temperaturas tenían niveles bajos de lignina y por consiguiente se elevo la digestibilidad, mientras que a alta temperatura la síntesis de lignina se incrementa preferentemente, causando que el forraje producido sea de menor digestibilidad. El contenido de fibras de la planta total y en especial el contenido de fibra detergente neutra (FDN) de la planta sin elote ha sido considerado igual de importante que el contenido de grano en la calidad del forraje (Peña *et al.*, 2003).

El contenido de la fibra detergente neutra del forraje es un factor determinante de la calidad del alimento que consume un animal, a mayor contenido de fibras menos alimento consumido (Herrera 1999).

Widdicombe *et al.*, (2002); Rodríguez *et al.*, (1999) menciona que el contenido de grano en el forraje aumenta la palatabilidad, el nivel de energía neta de lactancia y el contenido de fibras. Wolf *et al.*, (1993) menciona que existe una amplia variabilidad en el contenido de fibra detergente neutra en hojas y tallos, con valores de 57.9 a 65 y de 30 a 60 por ciento del forraje total. Otros autores comentan que las variaciones en la digestibilidad de la fibra detergente neutra fluctúan entre 24.8 a 61.5 por ciento en híbridos (Weiss 1998); esto significa que los híbridos con la misma concentración de fibra neutra detergente pueden tener valores de energía neta de lactancia diferente debido a que la digestibilidad de FDN no es la misma (Núñez 2003).

2.6. Fibra detergente ácida (FDA)

La fibra detergente acida es el residuo insoluble y esta contiene celulosa, lignina, cutina, nitrógeno unido a la fibra y sílice. La FDN es la porción que queda después del tratamiento con detergente ácido e incluye la celulosa, lignina y sílice (Hollaénd y Kezear 1990).

La fibra detergente ácida, 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 (Reeves 1997).

La fibra detergente ácida (FDA) y la lignina son frecuentemente empleado con el propósito de predicción del valor energético de los forrajes (Van Soest 1996) debido a que presenta los componentes menos digeribles de las paredes celulares (Peña *et al.*, 2003).

Moreno – González *et al.*, (2000) menciona que la fibra detergente ácida varia entre 34.2 a 41.1 por ciento de acuerdo a estudios realizado en poblaciones de maíz. Peña *et al.*, (2003) realizó estudios sobre el mismo tema y concluyo que la variabilidad estuvo entre 29.5 y 40.4 por ciento.

Algunos autores indica que las variaciones pueden utilizarse como indicadores de la calidad del maíz, (Cox *et al.*, 1994; Peña *et al.*, 2002). La disminución de la concentración de fibras del forraje o aumentar la digestibilidad de las fibras puede incrementar la ingestión de materia seca y el desarrollo del animal (Buxton *et al.*, 1996).

Cuadro 2.6.1. Criterios de calidad para fuentes forrajeras (Herrera 1999).

Concepto	Baja calidad	Alta calidad
Contenido de FDN	Mas de 60 %	De 40 a 52 %
Contenido de FDA	Mas de 35 %	De 25 a 32 %
Contenido de ENL	Menos de 1.4 Mcal Kg ⁻¹	Mas de 1.45 Mcal Kg ⁻¹
Digestibilidad de MS	Menos de 60 %	Mas de 65 %

Tanto la FDN como la FDA están asociados con el consumo y con la digestibilidad y por consiguiente con la producción de los animales, es importante señalar que ha mayor contenido de FDN menor consumo y a mayor contenido de FDA menor digestibilidad.

Cuadro 2.6.2. Calidad del forraje y porcentaje de fibra detergente neutro sobre la predicción del consumo de materia seca en rumiantes (Mertens 1985 citado por Hollad y Kezar 1990).

Calidad de forraje	% de fibra	(Base consumo de MS del peso del animal)
Excelente	38	3.16
	40	3.00
	42	2.86
	44	2.73
	46	2.61
	48	2.50
	50	2.40
	52	2.31
Pobre	54	2.22

2.7. Digestibilidad

Es un término que se refiere a la fracción del forraje ó 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 termino se denomina digestibilidad aparente (DA). La digestibilidad se puede determinar con animales y se denomina *digestibilidad in vivo ó in situ*, ó en el laboratorio, denominada *digestibilidad in vitro*. Ambas determinaciones están relacionadas entre sí, aunque en ocasiones la digestibilidad *in vitro* puede ser mayor que la determinación *in vivo*. La digestibilidad es un índice importante, ya que es el principal factor que determina el valor energético de los forrajes.

2.8. Total de nutrientes digestibles (TND)

Este concepto se desarrollo en los Estados Unidos de América para evaluar alimentos para ganado. Sin embargo no es una medida de nutrientes digestible, debido a que esta determinación tiende a sobrestimar el valor energético de los forrajes. Las determinaciones de energía digestibles, metabolizable y neta, son más apropiadas para evaluar forrajes y otros alimentos, así como para la formulación de raciones.

2.9. Energía neta para la producción de leche

Los animales obtienen la energía de los forrajes mediante la digestión y metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas. Durante estos procesos, hay perdida 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.

La energía neta es el valor de un alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los animales ó para promover el crecimiento del cuerpo de los mismos, de las vacas gestantes ó para producción de leche. Los forrajes no tienen un único valor de energía neta

para todas las funciones productivas, debido a que 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 la denomina *energía neta de lactancia (ENL)*. La interacción entre grano y forraje en la dieta contribuye al total de energía y proteína para las vacas. La energía de la dieta se complementa utilizando normalmente maíz grano. La contribución energética depende del contenido de humedad del grano. La humedad contribuye a un mejor metabolismo de los carbohidratos (Orskov 1986; Nocek and Tamminga 1991).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de trabajo

El presente trabajo de investigación se llevo acabo en el año 2008 en el Campo Experimental de la UAAAN UL, en Torreón Coahuila como parte del programa de mejoramiento genético de maíz que realiza el departamento de Fitomejoramiento de la Universidad.

3.2. Localización, geográfica y características.

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los 24° 30' y 27° de la latitud norte, y entre los 102° y 104° 40' de longitud oeste, a una altitud de 1120 msnm, su clima se clasifica como muy seco con deficiencias de lluvias durante todas las estaciones del año, además de que cuenta con temperaturas semicalidas con inviernos benignos.

3.3. Material genético

El material genético que se utilizó estuvo constituido por 12 líneas (Cuadro 3.3.1), pertenecientes al Departamento de Fitomejoramiento Unidad Laguna.

3.3.1.- Evaluación de las líneas.

Cuadro 3.3.1. Genealogía de material genético utilizado como progenitores.

Líneas	Descripción
L2; L-AN 447	Línea de 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas. Del híbrido AN-447 con características de amplia adaptabilidad
L3; L-AN 360PV	Línea obtenida de la población enana denominada Pancho Villa, vigorosa y con hojas anchas
L4; L-AN 130	Proviene de la F4 del H-507, cruzada con la población de El bajo denominada Celaya-2
L5; L-AN 123	Línea obtenida de forma divergente y contrastada de var. Criolla de Jal. De hojas pálidas y onduladas
L6; L-AN 388R	Línea enana, con hojas anchas y suculentas generada a partir de la F3 del híbrido AN-388
L7; L-AN B-32	Identificada con la genealogía H-353-245-6-10
L8; L-AN B-39	Su origen proviene del INIFAP-B39
L9; L-AN B-40	Su origen es de formación en INIFAP-B40
L10; CML-319	RecyW89(Cr.Arg/CIM. ShPINPH)6-3-2-4-B-B
L11 CML-380	
L12 CML-384	

3.4. Manejo agronómico

3.4.1. Siembra

La siembra se realizó en húmedo el 26 de abril, en surcos simples de cuatro metros de longitud y 0.75 m de ancho entre surco y, a una distancia de 0.22 m entre plantas.

3.4.2. Diseño experimental

Las líneas se evaluaron en el Campo Experimental de la UAAAN-UL durante el verano del 2008 en dos niveles de nitrógeno (40 y 160 de N₂). El diseño fue en bloques al azar con tres repeticiones en un arreglo en parcelas divididas. En la parcela mayor se asignaron los niveles de nitrógeno y las líneas se asignaron a las subparcelas.

3.4.3. Fertilización

La fertilización se realizó en tres partes, una aplicación al momento del primer riego de auxilio, la segunda en el segundo riego de auxilio y, la última en el tercer riego de auxilio, con una dosis total de 160 N₂. Recordando que la fertilización es de un rango con aplicación de N y otro no.

3.4.4. Riegos

En la etapa de evaluación, el riego fue por gravedad utilizando las compuertas para evitar la remoción de suelo y ejercer menor presión del agua sobre las plantas. Desde el aniego hasta el último fueron once semanas de riego.

3.4.5. Control de plagas

La aplicación de insecticidas se realizó para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*) con aplicaciones de Clorpirifos Etil con dosis de 0.75L ha⁻¹ y Cipermetrina con 0.25L ha⁻¹.

3.4.6. Control de malezas

El control de maleza se llevo acabo con un herbicida 2-4-D-amina, con dos 2L ha⁻¹ herbicida pos emergente. Posteriormente se controlo la maleza de forma manual, realizando deshierbe antes de cada aplicación de riego.

3.5. Variables morfológicas evaluadas

3.5.1. Floración masculina (FM)

Esta variable se estimó en días después de la siembra cuando la floración se encontraba en un 75 por ciento de espigas visibles.

3.5.2. Floración femenina (FF)

Se tomo en días, de acuerdo al porcentaje de plantas que presentaba un 75 porciento de estigmas visibles.

3.5.3. Altura de planta (AP)

Esta se midió en metros desde la base del tallo hasta la última hoja de la planta. Se muestreo tres plantas representativas y se calculo el promedio de las mismas.

3.5.4. Altura de mazorca (AM)

Se medio en metros, desde la base del tallo hasta el último nudo de inserción de la mazorca principal, al igual que la altura de planta se realizó un muestreo de tres plantas y se calculo el promedio.

3.5.5. Lectura de clorofila (SPAD)

Se inicio la lectura después de la aparición de la séptima hoja y, específicamente en la parte central de la hoja a un lado de la nervadura. Las lecturas se realizaron cada ocho días, hasta el inicio del jilote.

3.5.6. Variables de calidad forrajera

Se cuantificaron a partir de una muestra de tres plantas en competencia completa, las cuales se pesaron en verde y se trituraron. Posteriormente se tomó una muestra homogénea de 500g y se llevó a una estufa de aire forzado a una temperatura de 78° C hasta peso constante. Cada muestra se peso para conocer el porcentaje de materia seca. Cada muestra se pulverizó en un molino y se pesaron 0.5 g utilizados para la determinación de la parte fibrosa. El análisis bromatológico se determino bajo el principio de Van Soest (1967) utilizando un analizador de fibras ANKOM 220. Los 0.5 g se introdujeron en una bolsa de papel filtro (ANKOM # F57). Las muestras se colocaron en el analizador de fibras y se añadió 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FAD y, para el análisis de FDN a la solución se le agrego 20 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 ml de alfa amilasa. Posteriormente las muestras tanto como para FAD y FND fueron digeridas en el analizador de fibras por un espacio de 60 minutos a una temperatura de 100 °c (± 1 °c).

Con base a los resultados de FDN y FDA se determinaron la Digestibilidad de la materia seca (DMS) y la Energía neta de lactancia (ENL) de la forma siguiente:

La ecuación **DMS=88.9-(0.779*ADF%)**, propuesta por García *et al.*, (2003) y para ENL la ecuación **ENL= 2.707 – 0.024 NDF%** propuesta por Núñez ().

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis estadístico

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para seis características evaluadas en once líneas bajo dos niveles de nitrógeno, en el cual muestran diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para la fuente de variación de Nitrógeno en las variables Rendimiento de forraje verde (RFV), y rendimiento de materia seca (RMS). Para las Líneas todas las variables fueron altamente significativas ($p < 0.01$); en tanto para Línea x Nitrógeno se observaron diferencias altamente significativa ($p < 0.01$) para rendimiento de forraje verde (RFV) y rendimiento de materia seca (RMS). Los coeficientes de variación fueron bajos, a excepción de altura de mazorca (AM) que mostró valor de 11.95, sin embargo están entre los límites aceptables según Falconer (1978).

Lo anterior significa que los niveles de nitrógeno (40 y 160) en realidad tienen una marcada influencia en la producción de forraje verde y materia seca, en tanto que para el resto de las variables no se observó dicho efecto. Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Carlone y Russel (1987), O'Leary y Rehm (1990), Tollenaar., *et al.* (1994) y Soto *et al.* (2002), quienes encontraron un aumento en la producción de MS del maíz a medida que se aumenta la fertilización nitrogenada. Al respecto, Muchow (1988) señaló que la fertilización nitrogenada afecta la producción de MS del maíz, ya que ésta tiene influencia sobre el desarrollo del área de la hoja, la mantención de su área y la eficiencia fotosintética.

Respecto a líneas las diferencias que se observaron se pueden explicar por las diferencias intrínsecas de su origen genético. Por consiguiente la dosis de fertilización marcó una gran influencia en las líneas con respecto a las variables rendimiento de forraje verde y materia seca, es decir que el nitrógeno puede aumentar el forraje y la materia seca.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de seis variables evaluadas de maíz para forraje en UAAAN-UL Torreón Coahuila.

FV	GL	FM	FF	AP	AM	RFV	RMS
Rep	2	0.74ns	6.46ns	0.04ns	0.002ns	0.46ns	1.19ns
Nit	1	0.74ns	0.96ns	0.00ns	0.000ns	732.66**	50.53 **
Rep*Nit	2	2.28ns	1.37ns	0.04ns	0.01ns	28.96ns	1.86ns
Línea	10	112.31**	109.47**	0.17**	0.12**	1793.32**	190.54**
Lin*Nit	10	4.07ns	4.60ns	0.02ns	0.01ns	326.61**	53.33**
E. E	20	3.54	4.45	0.01	0.008	23.42	4.68
Total	66						
c.v (%)		2.33	2.51	8.47	11.95	6.41	9.58
Media		80.74	83.93	1.54	0.75	75.46	22.58

†, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente., FM= Floración Masculina., FF= Floración Femenina., AP= Altura de Planta., AM= Altura de Mazorca; RFV= Rendimiento de Forraje Verde y RMS= Rendimiento de Materia Seca.

4.2. Valores medios de 11 líneas evaluadas con seis variables

4.2.1. Floración masculina (FM). Se observa que la línea 12 fue la que tardo mas días en mostrar la aparición de las espigas con 86.5 días en promedio, estadísticamente igual a las líneas L7, L2, L10 y L6, con 86.2, 85.8, 83.5 y 83.3 respectivamente. En contraste, la línea con mayor precocidad fue la L9 con 75.83, estadísticamente igual a la L8, L5, L4, L3 y L11.

4.2.2. Floración femenina (FF). La línea siete (L7) fue la mas tardía en cuanto a mostrar el estigma con 92.0 días en promedio, estadísticamente igual a las líneas L2 con 89.2. En caso contrario la línea con una precocidad mayor fue la L11 con 78.5, estadísticamente igual ala líneas L3, L5, L9 y L4. Con 81.3, 81.2, 81.0, 79.5 y 78.5 respectivamente.

4.2.3. Altura de planta (AP). Las línea mostraron una altura media de 1.7m, con un rango de 0.5m, donde la línea con mayor altura fue la L9 con 1.8 m en promedio, estadísticamente igual a la L11, L7, L2, L6 y L12 con 1.8, 1.7,

1.6, 1.6 y 1.5 respectivamente. En contraste, la línea con menor altura fue la L5 con 1.3, estadísticamente igual a la L12, L8, L10, L4, y L3.

4.2.4. Altura de mazorca (AM). Al igual que la AP, la altura de mazorca presentó un rango de igual magnitud (0.5m), donde la línea L7 presentó mayor altura de mazorca con 1.0m, de forma contraria la línea con menor AM fue la L10 con 0.5m, estadísticamente igual a la L5, L4 y la L8 respectivamente.

4.2.5. Rendimiento de forraje verde (RFV). El rendimiento presentó una media de 75 t ha⁻¹ y un rango de 57 t ha⁻¹, lo cual se considera alto tomando en cuenta que los materiales son líneas endocriadas, lo que pudo haber influido el tipo y el tamaño de la muestra. Considerando lo anterior, se observa que la línea con mayor producción de forraje verde fue la L11 con 107.8 t ha⁻¹. Esta línea de origen tropical tiene un excelente vigor, pues mostró una altura de planta y de mazorca semejante a los híbridos comerciales, lo que puede explicar su superioridad y potencial. En contraste la línea L5, produjo la menor cantidad de forraje verde con 50.7 t ha⁻¹, estadísticamente igual a la L3 con 55.7 respectivamente, ambas por debajo de la media.

4.2.6. Rendimiento de materia seca (RMS). El rendimiento promedio de las líneas fue de 22.6 t ha⁻¹, con un rango muy amplio (22.3 t ha⁻¹), y donde la línea L11 demostró ser la mejor línea para la producción de materia seca con 36.5 t ha⁻¹ en promedio. Considerando la producción de RFV de ésta línea (107.8 t ha⁻¹), se asume que en general produjo un 34% de MS y donde el resto del peso (66%) se considera como agua. De forma contraria la línea con menor obtención de materia seca fue L5 con 14.2 t ha⁻¹, estadísticamente igual a la L3 con 16.3 t ha⁻¹.

Cuadro 4.2. Valores medios de 11 líneas en seis variables evaluados en dos niveles de nitrógeno en UAAAN-UL, 2008.

LIN	FM	LIN	FF	LIN	AP	LIN	AM	LIN	RFV	LIN	RMS
L12	86.5	L7	92.0	L9	1.8	L7	1.02	L11	107.8	L11	36.5
L7	86.2	L2	89.2	L11	1.8	L9	0.93	L7	96.2	L6	24.5
L2	85.8	L12	87.5	L7	1.7	L11	0.86	L6	88.6	L4	24.4
L10	83.5	L10	85.3	L2	1.6	L12	0.79	L4	80.5	L10	23.5
L6	83.3	L6	85.2	L6	1.6	L6	0.77	L12	78.7	L9	23.4
L8	78.5	L8	82.7	L12	1.5	L2	0.76	L8	72.2	L7	22.1
L5	78.2	L3	81.3	L8	1.5	L3	0.69	L2	69.6	L2	21.5
L4	77.5	L5	81.2	L10	1.4	L5	0.66	L10	69.6	L12	21.3
L3	77.0	L9	81.0	L4	1.4	L4	0.65	L9	60.7	L8	21.0
L11	75.8	L4	79.5	L3	1.4	L8	0.64	L3	55.7	L3	16.3
L9	75.8	L11	78.5	L5	1.3	L10	0.51	L5	50.7	L5	14.2
Media	80.7		83.9		1.5		0.8		75.5		22.6
Rango	10.7		13.5		0.5		0.5		57.2		22.3
Tukey	3.7		4.2		0.3		0.17		9.5		4.3

4.3. Coeficiente de correlación

En el cuadro 4.3 se presentan los coeficientes de correlación las seis variables evaluadas. Se observan correlaciones altamente significativas ($p < 0.01$) entre las variables floración masculina (FM) con la floración femenina (FF) con 0.94; entre la altura de planta (AP) con la altura de mazorca (AM) con 0.82. También se nota una correlación significativa entre AP con RFV con 0.64. Por último el RFV con el RMS con 0.82 respectivamente.

Se observa que el rendimiento de materia seca en las líneas estuvo influenciado por la altura de planta más que por el período de floración.

Cuadro 4.3. Matriz de correlación de seis variables en la UAAAN-UL.

	FM	FF	AP	AM	RFV	RMS
FM		0.94**	0.08	0.11	0.21	-0.15
FF			0.19	0.31	0.17	-0.23
AP				0.82**	0.56	0.64**
AM					0.46	0.30
RFV						0.82**
RMS						

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente., FM= Floración Masculina., FF= Floración Femenina., AP= Altura de Planta., AM= Altura de Mazorca; RFV= Rendimiento de Forraje Verde y RMS= Rendimiento de Materia Seca.

4.4. Calidad forrajera

En el cuadro 4.4 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza de calidad forrajera de once líneas bajo dos niveles de nitrógeno en el cual muestran diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.01$) para dosis en fibra detergente ácida (FDA) y digestibilidad de materia seca (DMS). Para las Líneas todas las variables fueron altamente significativas ($p < 0.01$) a excepción de la proteína cruda (PC) que fue significativa ($p < 0.05$); en la interacción línea x dosis todas las variables fueron altamente significativas ($p < 0.01$), únicamente en proteína cruda fue significativa ($p < 0.05$). Los coeficientes de variación fueron bajos, a excepción de proteína cruda (PC) que mostró valor de 15.93, sin embargo están entre los límites aceptables según Falconer (1978).

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de calidad forrajera

FV	GL	FDN	FDA	ENL	DMS	PC
Dosis	1	ns	**	ns	**	ns
Rep	1	ns	ns	ns	ns	ns
Dosis*Rep	1	ns	ns	ns	ns	ns
Línea	10	**	**	**	**	*
Línea*Dosis	10	**	**	**	**	*
E.E	21	16.24	0.99	0.009	0.60	1.63
Total	44					
C.V (%)		6.62	2.89	7.72	1.24	15.93

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente. FDN = Fibra detergente neutra, FDA = Fibra detergente ácida, ENL = Energía neta de lactancia, DMS = Digestibilidad de materia seca y PC = Proteína cruda.

4.5. Análisis de varianza de las cinco lecturas de clorofila.

En el Cuadro 4.5 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza para cinco muestreos de clorofila evaluadas en once líneas bajo dos niveles de nitrógeno, en el cual presentan diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para la fuente de nitrógeno en la primera (59 dds) y cuarta (82 dds) lectura de clorofila (SPAD1 y SPAD4), no así el resto de los muestreos. Para la fuente de variación de líneas, todos los muestreos de clorofilas fueron altamente significativas ($p < 0.01$). Los coeficientes de variación (cv) fueron bajos y aceptables (Falconer 1978).

Lo anterior significa que los niveles de nitrógeno (40 y 160) en realidad tienen una marcada influencia en la primera (59 dds) y cuarta (82 dds) lectura de clorofila, en tanto que para el resto de las lecturas no se observó dicho efecto.

Respecto a líneas las diferencias que se observaron se pueden explicar por las diferencias intrínsecas de su origen genético y la magnitud del contenido de clorofila.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios del análisis de varianza de cinco lecturas de clorofila en plantas de maíz en UAAAN-UL.

FV	GL	Muestreos(DDS)				
		SPAD1†	SPAD 2	SPAD 3	SPAD 4	SPAD 5
		59 DDS	67 DDS	76 DDS	82 DDS	89 DDS
Repetición(R)	2	25.47	8.25	3.17	27.35	2.70
Nitrógeno (N)	1	54.90*	3.64	7.60	46.33*	0.26
R*N	2	7.99	7.63	19.15	5.80	11.06
Líneas (L)	10	146.63**	221.54**	215.25**	188.14**	94.00**
L*N	10	17.34	16.15	21.98	13.85	24.54
Error Exp	40	13.48	12.37	11.51	14.83	26.59
Total	65					
C.V. (%)		8.67	7.65	7.07	7.82	10.67
Media		42.35	45.94	47.95	49.25	48.32

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente. †SPAD1, SPAD2, SPAD3, SPAD4 SPAD5= Muestreos de clorofila, CV= Coeficiente de variación. DDS = Días después de la siembra.

4.6. Valores medios de 11 líneas en cinco lecturas de clorofila.

En el cuadro 4.6 se observa que en las cuatro primeras lecturas la L7 y L11, (en ocasiones la L3 y L6), marcaron las mayores lecturas (SPAD) y, para la última lectura sobresalieron la L12 seguida de L3 y L11, con valores significativamente diferentes al resto de 53.08, 53.03 y 51.68 respectivamente.

Lo anterior significa que las líneas más sobresalientes en las cinco lecturas de clorofila son la L7, L11, L3 y L6. Con esto se deduce que a mayor contenido de clorofila en la planta, tendrá mayor capacidad fotosintética y eso repercutirá en la producción de materia seca (Gardner *et al.*, 1990).

V. CONCLUSIONES

La aplicación de nitrógeno incrementó significativamente el rendimiento de forraje verde y la materia seca.

Las líneas fueron estadísticamente diferentes en todas las variables evaluadas, debido a sus orígenes genéticos intrínsecos.

El rendimiento promedio de forraje verde fue de 75 t ha^{-1} y la línea con mayor producción fue la L11 con 107.8 t ha^{-1} .

El rendimiento promedio de MS de las líneas fue de 22.6 t ha^{-1} y, la línea L11 fue la mayor producción con 36.5 t ha^{-1} .

El rendimiento de materia seca en las líneas estuvo influenciado por la altura de planta más que por el período de floración.

De acuerdo a los valores de calidad forrajera la mejor línea fue la L4 en FND, FAD y DMS con 49.1, 25.8 y 68.8 por ciento para ENL con 1.5 Mcal Kg^{-1} .

El nitrógeno tuvo una influencia significativa fibra detergente ácida (FDA), digestibilidad de materia seca (DMS) no así para fibra detergente neutra (FDN), energía neta de lactancia (ENL) y proteína cruda (PC).

En las lecturas de clorofila en promedio fueron significativamente diferentes solo para la primera (59 dds) y cuarta (82 dds) lectura.

Las líneas sobresalientes en cinco lecturas de clorofila son la L7, L11, L3 y L6.

VI. RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN UL) en Torreón Coahuila, durante la primavera del 2008. Con el objetivo de seleccionar líneas con tolerancia a bajos niveles de nitrógeno para producción y calidad de forraje, se evaluaron 11 líneas élites en un diseño en bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela mayor se asignó a los niveles de nitrógeno y las subparcelas a los genotipos. Los niveles de nitrógeno fueron de 160 y 40 unidades. La siembra se realizó 27 de abril en surcos simples de tres metros de largo y 0.75 m entre surcos y a una distancia de 0.22 m entre planta. Las variables evaluadas fueron cinco muestreos de clorofila cada ocho días a partir de la séptima hoja. Floración masculina (FM), Floración Femenina (FF), Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM), Rendimiento de Forraje Verde (RFV), Rendimiento de Materia Seca (RMS), Calidad de forraje tales como Fibra Neutra Detergente (FND), Fibra Ácida detergente (FAD), Energía Neta de Lactancia (ENL), Digestibilidad de Materia Seca (DMS). Las líneas fueron estadísticamente diferentes en producción de forraje verde, materia seca. Las tres mejores línea con mayor producción de forraje verde (RFV) fueron L11, L7 y L6 con 107.8, 96.2 y 88.6 t ha⁻¹ en materia seca fueron L11, L6 y L4 con 36.5, 24.5 y 24.4 t ha⁻¹ La calidad forrajera fue diferente entre las líneas y la mejor línea con una excelente calidad forrajera fue la L4 en FND, FAD y DMS con 49.1, 25.8 y 68.8 por ciento para ENL con 1.5 Mcal Kg⁻¹. El nitrógeno tuvo una influencia significativa fibra detergente ácida (FDA), digestibilidad de materia seca (DMS) no así para fibra detergente neutra (FDN), energía neta de lactancia (ENL) y proteína cruda (PC). Los valores SPAD de clorofila para nitrógeno fueron significativamente diferentes en la primera (59 dds) y cuarta (82 dds) lectura. Las líneas sobresalientes en cinco lecturas de clorofila son la L7, L11, L3 y L6.

PALABRAS CLAVE: MAIZ, LINEAS ELITE, FORRAJE VERDE, MATERIA SECA, LECTURA SPAD, PROTEINA CRUDA.

VII. LITERATURA CITADA

- Alba, O. A. y Llanos, Company M. 1990. El cultivo de girasol. Editoriales Mundi Prensa. Madrid. Pp. 13, 29, 53-57.
- Alessandro Soledad. 2002. Variabilidad y parámetros genéticos en caracteres morfofisiológicos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilaje. 2002. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Docencia/escgraduados/cursos/maestrias/6.htm>.
- Arrend, T. J. 1988 Química General, Editorial Mcgraw-Hill 4a. Edición, México, D. F. P. 75.
- Buxton D. R., D. redfearn, H. Jung and D. Mertens. 1996. Improving foraje quality-related characteristics of corn. US Dairy foraje Research Ccenter, Information Conference whit Dairy and foraje Industries. Pp. 23-28.
- Blum, A. 1988. Plant breeding for estress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Carlone, M.R., and W.A. Russell. 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Sci.* 27:465-470.
- O'Leary, M.J., and G.W. Rehm. 1990. Nitrogen and sulfur effects on the yield and quality of corn grown for grain and silage. *J. Prod. Agric.* 3:135-140.
- Tollenaar, M., A.A. Dibo, A. Aguilera, S.F. Weise, and C.J. Swanton. 1994. Effect of crop density on weed interference in maize. *Agron. J.* 86:591-595.
- Soto, P., E. Jahn, y S. Arredondo. 2002. Población y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el valle central regado. *Agric. Téc. (Chile)* 62:255-265.
- 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 Res.* 18:1-6.
- Cox, W.J., S. Kalonge., D.J.R. Cherney, and W.S. Reid. 1993. Growth, yield and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85:341-347.
- Carlone, M.R., and W.A. Russell. 1987. Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Sci.* 27:465-470.

- Ruiz, I. 1993. Características nutritivas de hojas verdes y secas de maíz destinado a ensilaje. *Agric. Téc. (Chile)* 53:356-358.
- Brewbaker, J. L. 1985. The tropical environmental for maize cultivation. p47-77. In A. Brandolini and F. Salamini (Eds) *Breeding strategies for maize production improvement in the tropics*. FAO, Rome.
- Cantú B. J. E. 2003 *Principios de Bromatología Animal*. Quinta Edición. Pp. 224-247.
- Clark, P. W. and L. E. Armentano. 1997. Replacemete of alfalfa neutral detergent fiber with a combination of nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80:675-680.
- Clark, R. B. 1987. Respuesta de la planta a toxicidad y deficiencia de elementos minerales. P. 21-172. En M. N. Christiansen y C. F. Lewis (Eds.) *Mejoramiento de plantas en ambientes poco favorables*. Editorial LIMUSA, México.
- Cox W. J. J. H. Cherney, D. J. Cherney and W. D. Pardee. 1994. Forage quality and harvest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agro J.* 86: 277-282.
- Chávez A. J. L. Y López E. 1995. *Mejoramiento de Plantas I*. Editorial Trillas. México. P. 167.
- Elizalde, J.C., Rearte, D.H., and Santini, F.J. 1993. Utilización de Silaje de Maíz en Vacas Lecheras en Pastoreo. *Boletín técnico N° 117*. EEA INTA Balcarce.
- Ferraris N. Gustavo y Couretot Lucrecia. *Desarrollo Rural INTA Pergamino; Toribio Profertil Mirta. Investigación y Desarrollo; Falconi Ricardo. El Ceibo Cereales*. 2007. Efecto de diferentes estrategias de fertilización en maíz sobre el rendimiento y el balance de nutrientes en el noroeste de la provincia de buenos aires.
- Flachowsky, G., Peyker,W., Schneider,A. and Henkel, K. 1993. Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corns varieties harvested at various times. *Anim. Feed Sci. Technol.* 43 :41.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce and R. L. Mitchell. 1990. *Physiology of crop plants*. Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa. Pp. 327.
- Garcés, R. G., A. Humanes A., U. Carballo B., A. Navas A y J. C. Pérez. 1996. Evaluaciones agronómicas de líneas autofecundadas (S1) obtenidas a partir de nueve cultivares de maíz para condiciones normales y de bajo contenido de N en el suelo. In G.O Edmeades, M. Banziger, H. R. Mickelson and Peña-Valdivia (Eds.) *Developing*

- droguth and low N-tolerance maize.. Proceedings of a symposium, CIMMYT, El Batán, México.
- Gallais, A. and B. Hirel. 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Jour. Of Exp. Botany*. 55: 295-396.
- Herrera S. R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. En: 2º Taller Nacional de especialidades de maíz. UAAAN. 9 y 10 de septiembre de 1999. Saltillo, Coahuila, México. P. 133-137.
- Holland, C, and W. Kezar. 1990 Pioneer forage manual. A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred Internacional, Inc.
- Lafitte, H.R., and G.O. Edmeades. 1994. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. II. Grain yield, biomass production, and N accumulation. *Field Crops Research* 39:15-25.
- Lafitte, H. R. and G. O. Edmeades. 1987. Crop physiology and maize improvement. Maize Program, CIMMYT. El Batán, México.
- León, A. R. 1991. Nueva Edafología, 2ª. Edición. Editorial Gaceta, S.A de C.V. México, D.F. p. 181.
- Moreno- González J. I. Martínez, H. I. Brichette, A. López and P. Castro. 2000. Breeding potencial of European Flint and U.S. Corn belt dent maize population for forage use. *Crop Sci*. 40:1588-1595.
- Muchow, R. C. 1988a. 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 Crop Res*. 18: 1-16.
- Muchow, R. C. 1988b. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment III. Grain yield and nitrogen accumulation. *Field Crop Res*. 18: 31-43.
- Muchow, R. C. and R. Davis. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. *Field Crop Res*. 18: 17-30.
- Nelson, C. L. y L. E. Moser. 1994 Plan factors affecting forage quality. In: Forage quality, evaluation and utilization. Fahey, G. C. Jr. Editor. American Society of agronomy, Inc. Crop Science Society of American, Inc. Soli Science of America, Inc. Madison, Winconsin, USA.

- Nocek, J. E., and S. Tamminga. 1991. Site of digestión of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74: 3598.
- OBA, M. and M. S. Allen. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from foraje: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:589-596.
- Orskov, E. R. 1986. Starch digestion and utilization in ruminants. *J. Anim. Sci.* 63: 1624.
- Peña R. A, G., Núñez H. y F. Gonzales C. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Téc. Pecu. Méx.* 41:63-74.
- Peña R. A., G., Núñez H. y F. Gonzales C. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Téc. Méx.* 40:215-228.
- Pieroni. A. Germán., MV, MSc Evaluación de ensilaje de maíz de sistemas de producción lechera. 2006.
- Reeves, J. B. 1997. Relationships between crude protein and determination of nondispersible lignin. *J. Dairy Sci* 80:692-699.
- Rodriguez H. S. A., J. Santa R, A, J. Lozano R, J. G. Bolaños J y M. E. Vasquez B. 1999. Fitomejoramiento del maíz para ensilaje. En: 2º Taller Nacional de especialidades de maíz. UAAAN. 9 y 10 de septiembre de 1999. Saltillo, Coahuila, México. P. 181-186.
- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes, Nutrición Vegetal, 1ª. Edición. Editorial AGT, Editor, S.A. México, D.F. pp. 53.
- Rodríguez, S. F. 1996 Fertilizantes Nutrición Vegetal, Editorial AGT. Editor, S.A. México, D.F. PP.56.
- Ruiz, M., E. Bernal, C. R. Straples, L. E. Sollenberger and R. N. Gallaher. 1995. Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* (78) 305-319.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (1998).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2006).
- Slater, A., L. Eastridge, J. L. Firkins, and L. J. Bidinger. 2000. Effects of starch source and level of forage neutral detergent fiber on performance by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:313-321.

- Van Soest P. J. 1996. Environmental and forage quality. Proc Cornell nutrición conferences for feed manufactures. Bñufalos, NY. Pp.1-6.
- Van Soest P. J. 1996. Environmental and forage quality. Proc Cornell nutrición conferences for feed manufacturers. Búfalo, NY. Pp.1-6.
- Van Soest P. 1994. Nutritional ecology of the ruminants. O & B Books Inc. Oregon. USA. 375pp.
- Vasal, S., K. y H. Córdova O. 1996. Heterosis en maíz: acelerando la tecnología de híbridos de dos progenitores para el mundo en desarrollo. En: Memorias del curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Buenavista Saltillo, Coah. P 32-54.
- Weiss W. P. 1998. Estimating the available energy content of feeds for dariy cattle. J. Dairy Sci. 81: 830-839.
- Widdicombe W. D. and K. D. Telhen. 2002. Row width and plant density effect on corn foraje hybrids. Agron J. 94: 326-330.
- Wolf D. P., J. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Undersander and P. R. Carter. 1993. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. Crop Sci. 33: 1359- 1365.