

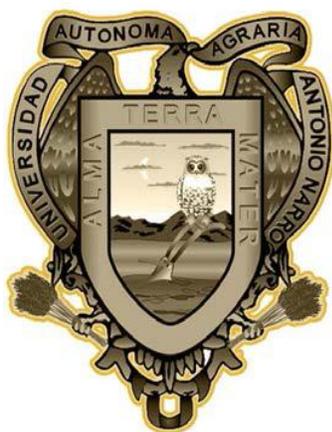
**SELECCIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE MAÍZ PARA BAJOS
REQUERIMIENTOS DE NITROGENO**

MATUZALÉN SANTIAGO LÓPEZ

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Asesor y director de tesis: Dr. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Torreón, Coahuila, México.

Octubre de 2012.

Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"

Unidad Laguna

Subdirección de Postgrado

Selección de líneas avanzadas de maíz para bajos requerimientos de nitrógeno

Tesis

Por:

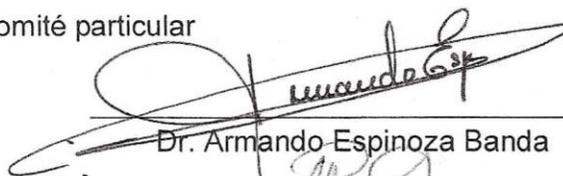
Matuzalén Santiago López

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

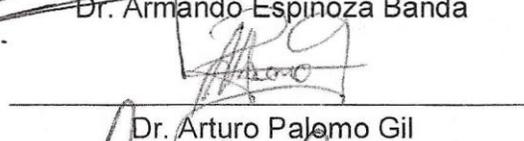
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Comité particular

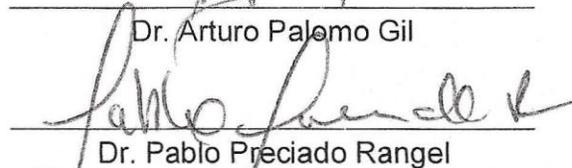
Asesor principal:


Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:


Dr. Arturo Palomo Gil

Asesor:


Dr. Pablo Preciado Rangel


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado


Dr. Fernando Ruíz Zarate
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila. Octubre 2012

AGRADECIMIENTOS

A **Jehová Dios** por prestarme vida y cuidar siempre a mi apreciable familia, además de continuar con mis estudios, proyectos y por estar siempre conmigo.

A mi “**Alma Terra Mater**” por abrirme las puertas y desarrollarme como profesional y como persona. Gracias “Alma Terra Mater” espero algún día regresarte algo de lo mucho que me has dado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**), por apoyarme económicamente en la realización de mis estudios de Maestría.

Al **Dr. Armando Espinoza Banda**, asesor y director de tesis, por aceptarme ser su tesista y orientarme durante la realización de esta investigación, además por enseñarme parte de sus conocimientos. De la misma manera a mis asesores **PhD. Arturo Palomo Gil** y al **Dr. Pablo Preciado Rangel**.

DEDICATORIA

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

A mi esposa **Elisa Isaac Trejo** y a mi hijo **Alejandro Emanuel Santiago Isaac**. Por apoyarme en todo momento y estar siempre conmigo. Los amo, siempre les voy a agradecer la paciencia que me tienen, pronto se los recompensare Jehová los cuide y proteja. Gracias mi amor por ese lindo niño que Jehová nos regalo. Aunque no sepa quererte de la forma que te gustaría, siempre te querré con todo mi corazón alma mía.

A mis hermanos(a) **Libia, Josué, Uzías, Ismael** también a mis cuñados(a), además 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. Gracias **Josué** por ese apoyo que me has brindado, por ser como mi padre y por esos consejos que no han sido en vano.

A mi tío **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. A **Efraín** por todo su apoyo que me ha brindado y a mi familia.

Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1 Justificación	1
I.2 Objetivo	2
I.3 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Líneas puras	3
2.2 Nitrógeno	4
2.2.2 Fijación	5
2.2.3 Nitrificación	5
2.2.4 Asimilación	5
2.2.5 Amonificación	5
2.2.6 Inmovilización	5
2.2.7 Desnitrificación	5
2.2.1 Ciclo del nitrógeno	6
2.2.8 Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz	6
2.3 Requerimientos Nutricionales	7
2.4 Utilización del Minolta® SPAD 502	8
2.5 Producción de Maíz Forrajero	10
2.5.1 Producción Nacional	10
2.5.2 Producción Regional	11
2.5.3 Calidad de forraje	12
2.5.4 Contenido de fibras	13
2.5.5 Fibra detergente neutra (FDN)	13
2.5.6 Fibra detergente ácida (FDA)	14

2.5.7	Digestibilidad de materia seca (DMS)	15
2.5.8	Energía neta de lactancia (ENL)	15
2.5.9	Proteína cruda (PC)	16
III.	MATERIALES Y METODOS	17
3.1	Localización geográfica y característica	17
3.2	Muestreo de suelo	17
3.3	Material genético	18
3.4	Diseño experimental	18
3.4.1	Siembra	18
3.4.2	Fertilización	19
3.4.3	Riegos	19
3.4.4	Control de plagas	19
3.4.5	Control de malezas	19
3.4.6	Cosecha	19
3.5	Variables morfológicas evaluadas	20
3.6	Lectura de clorofila SPAD-502.	20
3.7	Determinación de calidad forrajera	20
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	Valores promedios de 5 líneas de maíz con sus variables	22
4.1.1	Dosis de fertilización	22
4.1.2	Líneas	23
4.1.3	Rendimiento de forraje verde (RFV).	23
4.1.4	Rendimiento de materia seca (RMS).	23
4.2	Calidad forrajera	25
4.2.1	Dosis de fertilización	25
3.2.2	Líneas	25
4.3	Valores SPAD en líneas	26
V.	CONCLUSIONES	29
VI.	LITERATURA CITADA	30

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2. 1	Requerimientos nutricionales de Maíz, para producir una tonelada de grano.....	8
Cuadro 2. 2	Superficie, producción y rendimiento de forraje verde de maíz en condiciones de riego.	11
Cuadro 2. 3	Superficie, producción y rendimiento de forraje verde de maíz bajo condiciones de riego, en la Región Lagunera de Coahuila.	11
Cuadro 2. 4	Influencia de la altura de corte sobre la calidad y características de silo	16
Cuadro 2. 5	Criterios de calidad para fuentes forrajeras (Herrera, 1999).	16
Cuadro 3. 1	Medias mensuales de temperatura y precipitaciones, presentadas en el año 2010	17
Cuadro 3. 2	Análisis químico del suelo, donde se desarrollo el experimento	17
Cuadro 3. 3	Descripción genealógica de líneas de maíz. 2010	18
Cuadro 4. 1	Valores promedio y diferencia estadística de variables evaluadas en 5 líneas de maíz, en 3 niveles de nitrógeno.....	24
Cuadro 4. 2	Valores promedio y diferencia estadística de calidad forrajera en 5 líneas de maíz, en 3 niveles de nitrógeno.....	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Ciclo redox del nitrógeno	6
Figura 4.2	Comportamiento de líneas en base a su fertilización	28

RESUMEN
SELECCIÓN DE LÍNEAS AVANZADAS DE MAÍZ PARA BAJOS REQUERIMIENTOS DE NITROGENO

POR

MATUZALÉN SANTIAGO LÓPEZ

MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

La Comarca Lagunera es una de las regiones agrícolas y ganaderas más importante de México, el maíz forrajero es esencial para la alimentación animal, con la utilización de híbridos a partir de cruzamiento de líneas. El manejo de la fertilización es uno de los pilares fundamentales para optimizar resultados en sistemas de explotación, es importante desarrollar metodologías adecuadas que permitan realizar un uso óptimo de los fertilizantes, al aplicar dosis óptimas, para tener una máxima producción y sin riesgo de contaminación. Existe estrecha relación entre el contenido de nitrógeno y clorofila en hojas de maíz. El estado nutricional del cultivo puede ser evaluado a través de la medición del contenido de clorofila de la hoja. Este trabajo tuvo como objetivo seleccionar líneas eficientes en el uso del nitrógeno. Se evaluaron cinco líneas élite, en un diseño en bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas y dos repeticiones. A la parcela mayor se le asignó los niveles de nitrógeno (0, 100 y 200 U ha⁻¹) y las líneas a las subparcelas. Con el medidor de clorofila Minolta® SPAD-502 se tomaron lecturas de 59 a 112 días después de la siembra (DDS). Variables agronómicas evaluadas: Días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), rendimiento de forraje verde (RFV) y materia seca (RMS). Calidad forrajera, fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA), digestibilidad de materia seca (DMS), energía neta de lactancia (ENL) y proteína cruda (PC). La L18 y L6 mostraron mayor lectura SPAD en los 3 niveles de fertilización. Mayores rendimientos, se encontraron con aplicaciones de 200 U ha⁻¹, superando de forma significativa al de 0 y 100 U ha⁻¹. En RFV lo obtuvieron L18 y L6. Para RMS L18, L6 y L8. Además, las líneas mostraron alta calidad forrajera, siendo mejor la L8.

Palabras clave: *Zea mays* L., líneas, nitrógeno, SAPAD-502, rendimiento.

**ABSTRACT
BY**

**MATUZALÉN SANTIAGO LÓPEZ
MASTER'S DEGREE IN AGRARIAN SCIENCE**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

The Laguna Region is one of the regions most important agricultural and cattle from Mexico, corn fodder is essential for animal feed, with the use of hybrids from crossing lines. The fertilization management is one of the fundamental pillars to optimize results in operating systems, it is important to develop appropriate methodologies that enable optimal use of fertilizers, applying optimal doses, for a maximum production without risk of contamination. There is close relationship between nitrogen and chlorophyll content in corn leaves. The nutritional condition of the crop can be assessed through the measurement of the chlorophyll content of the sheet. This study aimed to select efficient lines of nitrogen. Five elite lines were evaluated in a randomized block design with split plot arrangement and two repetitions. The main plot was assigned nitrogen levels (0, 100 and 200 U ha⁻¹) and the lines to the subplots. With chlorophyll meter SPAD-502 Minolta® readings were taken from 59 to 112 days after planting (DAP). Agronomic variables: Days to flowering male (FM) and female (FF), plant height (AP) and cob (AM), green forage yield (RFV) and dry matter (RMS). Quality forage neutral detergent fiber (NDF) and acid (FDA), dry matter digestibility (DMD), net energy for lactation (NEL) and crude protein (CP). The L18 and L6 showed higher SPAD reading at 3 levels of fertilization. Higher yields were found with 200 U applications ha⁻¹, significantly surpassing that of 0 and 100 U ha⁻¹. In RFV L18 and L6 got it. For RMS L18, L6 and L8. In addition, the lines showed high forage quality, better still L8.

Keywords: Zea mays L, lines, nitrogen, Spad-502, yield.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo adaptado a una gran variedad de ambientes; es una especie cuya fotosíntesis se realiza mediante el ciclo de carbono C4 y se caracteriza por tener una alta capacidad de producción de materia seca, que lo hace atractivo como forraje para la producción de leche [Peña *et al.*, \(2004\)](#).

En las principales cuencas lecheras de México, el maíz es el forraje más importante para la alimentación del ganado bovino productor de leche debido a su alto rendimiento y contenido de energía [Goodrich y Meiske, \(1985\)](#). En México, los ensilados de maíz tienen un valor de energía neta de lactancia bajo en comparación con los ensilados de Estados Unidos de América y Europa [Chalupa, \(1995\)](#). Lo anterior se atribuye a que el proceso de selección de líneas para formar híbridos forrajeros se ha dado mayor énfasis al rendimiento de forraje por unidad de superficie, que a la calidad nutritiva [Núñez *et al.*, \(2005\)](#).

El nitrógeno es un nutriente fundamental en la producción de maíz, ya que es uno de los principales determinantes del rendimiento del cultivo [Uhart y Andrade, \(1995\)](#). Para este nutriente se han desarrollado numerosos métodos de diagnóstico basados en el análisis de muestras de suelo [Uhart y Echeverría, \(2002\)](#) y de material vegetal [Sainz *et al.*, \(2001\)](#). Si bien con los primeros se pueden realizar adecuados diagnósticos de requerimientos de nitrógeno, los métodos en material vegetal presentan la ventaja de integrar factores climáticos, edáficos y propios del cultivo [Echeverría y Sainz, \(2005\)](#).

I.I Justificación

El nitrógeno es el nutriente que más limita la producción del cultivo del maíz. Además, el contenido de nitrógeno en la planta está asociado con el verdor en la hoja, en consecuencia, el índice de verdor podría utilizarse como herramienta para mejorar el manejo de nitrógeno en los cultivos [Espinoza y García, \(2008\)](#).

El nitrógeno es un nutriente móvil, esto significa que, cuando hay deficiencia provoca reducciones severas en el crecimiento, expansión foliar, reducen la captación de la radiación solar. Se evidencian por clorosis de las hojas más viejas, en las etapas de activo crecimiento. La expansión foliar es afectada en mayor medida que la fotosíntesis ante deficiencias de nitrógeno [Muchow, \(1988\)](#).

La eficiencia de conversión de fertilizante nitrogenado a forraje puede alcanzar valores promedios de 26 kg ha⁻¹ MS por kg de nitrógeno aplicado. La respuesta en la producción de forraje a la fertilización con nitrógeno depende de la especie forrajera, de los niveles de otros nutrientes en el suelo, del manejo y de las características de clima y suelo de la región [Júnior et al., \(2004\)](#).

La Comarca Lagunera de México, es considerada como una de las cuencas lecheras más importantes del país, en el 2010 se sembraron más de 30 mil hectáreas de maíz en condiciones de riego y 858 mil en condiciones de temporal, presentaron un rendimiento promedio de 44.76 y 18.21 t ha⁻¹ de forraje verde respectivamente [SIAP, \(2011\)](#).

I.2 Objetivo

Seleccionar líneas eficientes en el uso del nitrógeno, bajo condiciones de riego.

I.3 Hipótesis

H₀1: Las líneas son igualmente eficientes en el uso del Nitrógeno

H_a1: Las líneas son diferentes en la eficiencia del nitrógeno.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Líneas puras

El cultivo moderno de maíz se basa principalmente en la utilización de híbridos simples a partir del cruzamiento de líneas puras. La maximización de la heterosis o vigor híbrido se basa en el cruzamiento de esas líneas de orígenes distintos, lo que constituye diferentes fórmulas de híbridos o patrones heteróticos [Mladenovic et al., \(2002\)](#).

La optimización del uso de la heterosis se fundamenta en el conocimiento de la diversidad genética de las líneas puras empleadas en la obtención de los híbridos de maíz. Se han utilizado diferentes técnicas para la caracterización de dichas líneas tales como datos de pedigrí, caracteres morfológicos, isoenzimas y marcadores moleculares de ADN como RFLP, RAPD, AFLP y SSR [Gethi et al., \(2002\)](#).

[Chávez y López, \(1995\)](#) mencionan que una línea autofecundada 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% tanto a través de su polen como de sus óvulos.

[Argillier et al., \(2000\)](#) sugieren seleccionar líneas para el desarrollo de híbridos forrajeros, lo que además permite evaluar un gran número de genotipos prometedores. [Seitz et al., \(1992\)](#) encontraron una alta correlación entre la respuesta de líneas de maíz *per se* y su aptitud combinatoria general, para la mayoría de los caracteres de calidad forrajera que evaluaron; hacen notar que la evaluación de líneas *per se* es un procedimiento efectivo y fácil en la selección para mayor proporción de elote, mientras que la evaluación de mestizos en varios ambientes es más efectiva para mejorar la habilidad combinatoria de las líneas para mayor rendimiento de materia seca y de energía metabolizable del forraje.

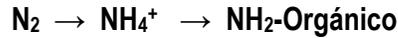
2.2 Nitrógeno

El ciclo del nitrógeno al igual que los demás ciclos biogeoquímicos, tiene una trayectoria definida, pero quizá aún más complicada que los demás, dado que tiene que seguir una serie de procesos físicos, químicos y biológicos. Así, el nitrógeno está considerado como el elemento más abundante en la atmósfera. Sin embargo, dada su estabilidad, es muy difícil que reaccione con otros elementos y, por tanto, se tiene un bajo aprovechamiento.

El proceso biológico de algunas bacterias y cianobacterias, el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera puede ser asimilable, al “romper” la unión de sus enlaces por medios enzimáticos y así poder producir compuestos nitrogenados, que pueden ser aprovechados por las plantas, en relaciones simbióticas con este tipo de bacterias. El nitrógeno fijado se transforma en aminoácidos y proteínas vegetales, que son aprovechadas por los herbívoros, finalmente llega a los carnívoros. Cabe mencionar, que el nitrógeno regresa de nuevo al ciclo por medio de los desechos, gracias a que las bacterias fijadoras los “retoman”, es que pueden finalmente ser asimilados por las plantas, cosa que de otra manera sería imposible. Sin embargo, hay pérdidas de nitrógeno por medio de otras bacterias que lo liberan a la atmósfera. De esta forma se logra un equilibrio en el ciclo del nitrógeno.

En el suelo, el nitrógeno puede ser **(1)** transformado por mineralización (conversión de nitrógeno orgánico en inorgánico), seguida por nitrificación (conversión del amonio en nitrato); **(2)** incorporado por fijación simbiótica (la conversión del nitrógeno de la atmósfera en el amoníaco o amonio); o **(3)** perdido por desnitrificación (transformación del nitrato en el nitrógeno gas), volatilización del amonio (cambio de amonio a nitrógeno atmosférico), reducción desasimiladora de nitrito (transformación del nitrito en óxido nitroso), o captación por la planta (principalmente como amonio y nitrato). Los niveles de estos naturalmente se ven alterados por transformaciones que pueden ser debidas a las condiciones aerobias/anaerobias, cambio de pH, temperatura, presencia de inhibidores químicos, o uso de fitosanitarios como fungicidas y plaguicidas [Romero et al., \(2009\)](#).

2.2.2 Fijación. Es la conversión de N_2 atmosférico a NH_4^+ por grupos especializados de microorganismos. El NH_4^+ es entonces asimilado a N-Orgánico:



2.2.3 Nitrificación. Es la oxidación de N-amonio a nitrito y nitrato por microorganismos específicos:

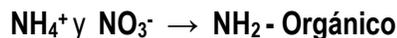


Nitrosomas Nitrobacter

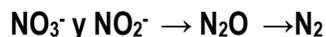
2.2.4 Asimilación. Ocurre cuando las plantas absorben a través de sus raíces, nitrato (NO_3^-) o amoniacado (NH_3), elementos formados por la fijación de nitrógeno o por la nitrificación. Luego, estas moléculas son incorporadas tanto a las proteínas, como a los ácidos nucleicos de las plantas. Cuando los animales consumen los tejidos de las plantas, también asimilan nitrógeno y lo convierten en compuestos animales.

2.2.5 Amonificación. Las bacterias fijadoras llevan a cabo la digestión enzimática, por lo que el amonio se degrada a compuestos aminados, como proteosomas, peptonas y al final, en aminoácidos.

2.2.6 Inmovilización. Proceso contrario a la mineralización, por medio del cual las formas inorgánicas (NH_4^+ y NO_3^-) son convertidas a nitrógeno orgánico y, por lo tanto, no es asimilable.



2.2.7 Desnitrificación. Es la pérdida de gases nitrógeno y óxido nitroso desde el suelo bajo condiciones anaerobias. Nitrato y nitrito son reducidos a estos gases por microorganismos:



(Figura 2.1).

2.2.1 Ciclo del nitrógeno

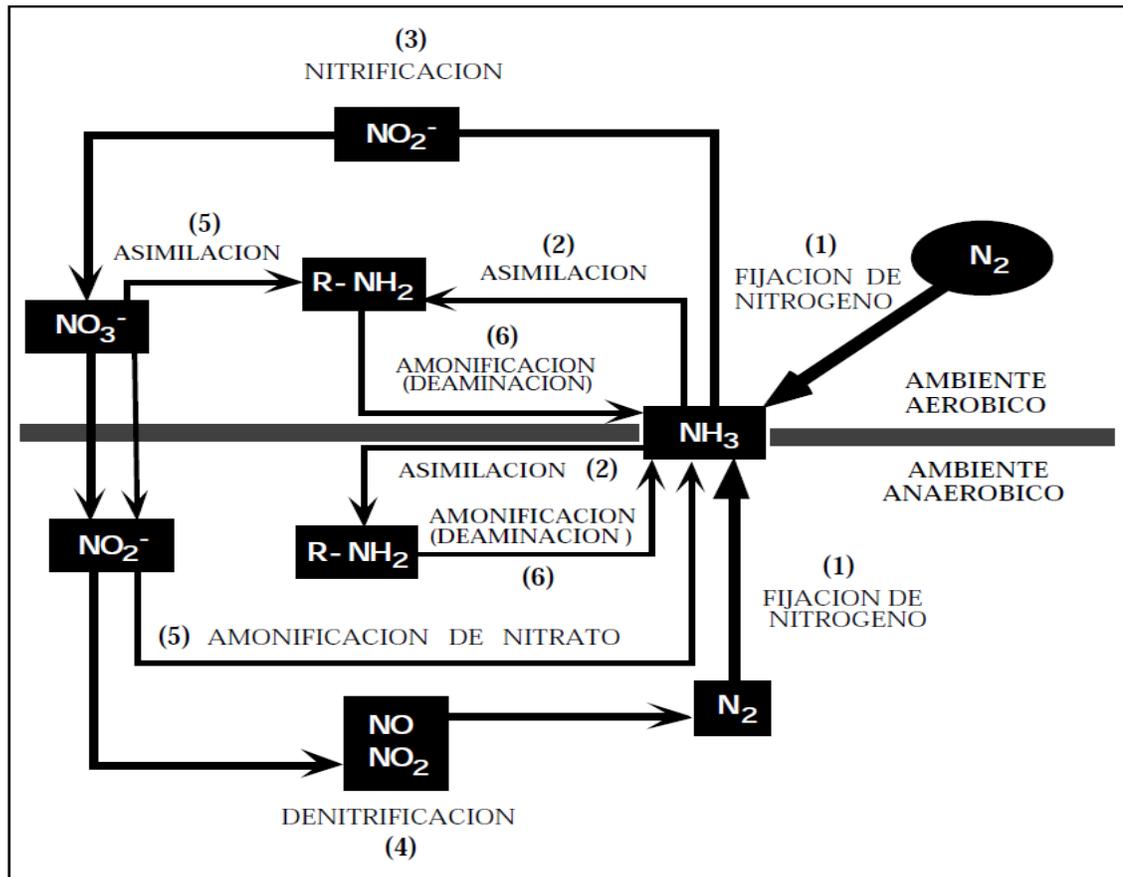


Figura 2.1 Ciclo redox del nitrógeno

2.2.8 Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz

El uso eficiente de nitrógeno requiere de la detección previa de su deficiencia y del potencial de respuesta económica a la aplicación de los fertilizantes [Attanandana y Yost, \(2003\)](#).

El nitrógeno es el nutriente que mayor preponderancia tiene en el análisis económico de la fertilización, siendo en la mayoría de los casos positivo la relación costo/beneficio, debido a la respuesta que presenta el cultivo de maíz. Para lograr la mayor rentabilidad, es importante contar con herramientas que permitan predecir la cantidad de fertilizante a aplicar según el nivel de respuesta esperado, y tener criterios de decisión que puedan ser utilizados junto con otros ya propuestos de acuerdo a las necesidades [Salvagiotti et al., \(2002\)](#).

El nitrógeno es considerado el nutriente más importante para la producción vegetal por las cantidades requeridas por los cultivos y por la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas, por lo que su manejo es esencial para maximizar la productividad [Tisdale et al., \(1993\)](#); [García, \(1996\)](#).

El nitrógeno es vital para toda la actividad metabólica de la planta. En la formación de clorofila y proteínas, promueve un sistema radicular robusto y profundo que absorbe más nutrientes y agua, permite un abundante crecimiento vegetativo, la influencia de nitrógeno sobre la absorción de Fósforo es muy clara durante el crecimiento inicial y ayuda a producir más rendimiento.

Es común observar síntomas evidentes de la deficiencia de nitrógeno en maíces jóvenes que presentan plantas de color verde amarillento de poco crecimiento. En plantas adultas, la deficiencia de nitrógeno se presenta en las hojas maduras que pierden su color natural desde la punta hacia el limbo formando una “V” invertida de color amarillento, mientras que los márgenes de las hojas mantienen su color verde. A medida que la deficiencia se hace más severa se produce el secamiento de todas las hojas adultas afectando seriamente la producción final [Espinoza y García, \(2008\)](#).

2.3 Requerimientos Nutricionales

La metodología de balances de nitrógeno responde a la evaluación de la oferta de nitrógeno por el suelo y la demanda por el cultivo [Meisinger et al., \(1992\)](#). Los requerimientos nutricionales de los cultivos varían de acuerdo al nivel de producción y el ambiente.

Cuando se diagnostican las necesidades de fertilización de los cultivos es importante conocer el requerimiento de nutrientes para alcanzar un determinado rendimiento objetivo. En el [\(Cuadro 2.1\)](#) se indican los requerimientos nutricionales para maíz expresados en kg ha^{-1} ó kg t de nutrientes que deben ser absorbidos por el cultivo para producir una tonelada de grano o materia seca.

Cuadro 2. 1 Requerimientos nutricionales de Maíz, para producir una tonelada de grano.

Nutriente	Requerimiento	Índice de cosecha	Necesidad	Extracción
	Kg ton		Kg ha	Kg ha: kg t
Nitrógeno	22	0.66	198	131: 14.5
Fósforo	4	0.75	36	27: 3.0
Potasio	19	0.21	171	36: 4.0
Calcio	3	0.07	27	2: 0.2
Magnesio	3	0.28	27	8: 0.8
Azufre	4	0.45	36	16: 1.8
Boro	0.020	0.25	0.180	0.045: 0.005
Cloro	0.444	0.06	3.996	0.240: 0.027
Cobre	0.013	0.29	0.117	0.034: 0.004
Hierro	0.125	0.36	1.125	0.405: 0.045
Manganeso	0.189	0.17	1.701	0.289: 0.032
Molibdeno	0.001	0.63	0.008	0.005: 0.001
Zinc	0.053	0.50	0.477	0.239: 0.027

Barraco et al., (2009)

2.4 Utilización del Minolta® SPAD 502

Una forma para determinar el nitrógeno foliar en forma rápida, es mediante el medidor de clorofila Minolta® SPAD 502, que mide el índice de verdor, el cual está directamente relacionado con el contenido de clorofila en las hojas de la planta. Este equipo portátil permite evaluar indirectamente y en forma no destructiva el contenido de clorofila en la hoja por medio de la luz transmitida a través de la hoja en 650 nm y 940 nm. Su utilización ha dado resultados satisfactorios en cuanto a la evaluación del estado nutricional de nitrógeno en varios cultivos *Sainz y Echeverría, (1998); Zebarth et al., (2002), Caires et al., (2005).*

La clorofila es importante en la planta para realizar la fotosíntesis. Existen tres tipos de clorofila y revisten la mayor relevancia dado que se utilizan para la síntesis de glucosa a partir de CO₂ y H₂O, con liberación de O₂ y en etapa de plántula es fundamental dada la alta demanda de carbohidratos para el crecimiento y desarrollo de la planta completa *Bidwell RGS, (2002).*

La clorofila en la hoja está estrechamente relacionada con la concentración de nitrógeno y por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. El nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis [Salisbury y Ross, \(1992\)](#). Cantidades adecuadas de nitrógeno en la planta, producen hojas de color verde oscuro debido a que estas tienen alta concentración de clorofila. El pigmento verde de la clorofila absorbe la energía de la luz necesaria para iniciar la fotosíntesis.

En las plantas de maíz, el contenido de nitrógeno foliar y el contenido de clorofila medido mediante el clorofilómetro SPAD 502 están positivamente correlacionadas, excepto en los estados iniciales de desarrollo del maíz. En situaciones en que la disponibilidad de nitrógeno es grande, las lecturas del contenido de clorofila con SPAD 502 y el nitrógeno foliar son poco correlacionadas, por que el potencial del sistema fotosintético ya se encuentra convirtiendo la energía lumínica en energía química y el excedente de nitrógeno se encuentra formando parte de otros compuestos de reserva, [Argenta et al., \(2001\)](#), [Bullock y Anderson, \(1998\)](#), [Zotarelli et al., \(2003\)](#).

Contenidos adecuados de clorofila para un buen rendimiento de maíz debe ser superior a las 50 unidades SPAD. Valores SPAD inferiores a 35 estarían indicando la necesidad de aplicar nitrógeno [Sainz y Echeverría, \(1998\)](#); [Novoa y Villagrán, \(2002\)](#), valores que resultaron ser similares a los encontrados por [Ocon, \(2008\)](#) en sorgo.

Los valores de clorofila muy bajos (30 - 48) se encuentran en el tercio inferior de la planta, corresponde a las hojas bajas incluyendo la quinta que se encontraban en proceso de senescencia y superior corresponde a las hojas 14 a 17, estaban en proceso de formación. El nitrógeno es uno de los elementos más móviles en la planta, con beneficio a la mazorca en formación, por la buena disponibilidad de este nutriente en las hojas 7 a 9, sitio donde se desarrolla la mazorca, con valores superiores a 50 unidades SPAD [Rincón y Adolfo, \(2010\)](#).

Los coeficientes de reparto de la materia seca entre los distintos órganos varía continuamente durante en crecimiento de la planta. Las exportaciones de los productos asimilados son dirigidas principalmente hacia los centros de crecimiento activo y posteriormente hacia la mazorca [Santibáñez y Fuenzalida, \(1989\)](#); [Echeverría y Sainz, \(2001\)](#). Se ha encontrado

que entre el 20 a 60% del nitrógeno total del grano es translocado antes de la antesis [Laffite, \(2002\)](#).

[Rincón y Adolfo, \(2010\)](#) encontraron una buena relación entre el nitrógeno foliar y el contenido de clorofila en maíz, especialmente en el momento del llenado de grano, a 60 dds con valores de 96 y 93% de nitrógeno foliar en las hojas del maíz.

2.5 Producción de Maíz Forrajero

El ensilado de maíz es el forraje más utilizado para la alimentación del ganado bovino en las principales cuencas productoras de leche, debido entre otras características a su alto rendimiento de materia seca y elevado contenido de energía [Goodrich y Meiske, \(1985\)](#) lo que permiten reducir los costos de alimentación [Peña et al., \(2010\)](#). [Peña et al., \(2004\)](#) mencionan que hasta esa fecha, ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje en México han sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para mayor producción y calidad forrajera, sino que fueron seleccionados por rendimiento de grano.

2.5.1 Producción Nacional

Del 2008 al 2010 se tiene una media aproximada en siembra de 508,882.8 hectáreas de maíz forrajero en condiciones de riego y temporal, con rendimiento promedio de 25.85 tha^{-1} de forraje verde, de las cuales el 24% representa la superficie sembrada en condiciones de riego, y el 76% sembrada en condiciones de temporal. La media de rendimiento de producción en riego y temporal, es de 45.75 y 17.26 tha^{-1} de forraje verde respectivamente. Por lo tanto estos rendimientos son bajos, porque [Núñez et al., \(1999\)](#); [Tovar et al., \(2002\)](#), mencionan que el potencial de producción de forraje en las áreas de riego es superior a las 70 t ha^{-1} de forraje verde y 20 t ha^{-1} de materia seca. A continuación en el [\(Cuadro 2.2\)](#) se muestran la superficie sembrada, cosechada, producción y rendimientos obtenidos de forraje verde durante los últimos tres años en condiciones de riego a nivel nacional.

Cuadro 2. 2 Superficie, producción y rendimiento de forraje verde de maíz en condiciones de riego.

Año	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Producción	Rendimiento
	ha ⁻¹		ton	tha ⁻¹
2008	117,899.68	116,119.94	5,384,783.36	46.37
2009	121,241.23	121,059.23	5,659,228.80	46.75
2010	127,605.49	126,737.99	6,199,140.77	48.91
Media	122,248.8	121,305.72	5,747,717.64	47.34

SIAP, (2011)

2.5.2 Producción Regional

La producción de maíz forrajero es una actividad agrícola importante en la Comarca Lagunera, ya que es la segunda fuente de forraje que abastece a la creciente demanda de la principal cuenca lechera de México [Salazar et al., \(2003\)](#). Esto implica una alta demanda de forraje de calidad [Reta et al., \(2007\)](#).

En la Comarca Lagunera de Coahuila durante los últimos tres años se sembraron 12 mil 468 hectáreas de maíz para forraje verde en condiciones de riego, con rendimiento promedio de 45.75 t ha⁻¹ ([Cuadro 2.3](#)).

Cuadro 2. 3 Superficie, producción y rendimiento de forraje verde de maíz bajo condiciones de riego, en la Región Lagunera de Coahuila.

Año	Superficie sembrada	Superficie cosechada	Producción	Rendimiento
	ha ⁻¹		ton	tha ⁻¹
2008	10,597.10	10,597.10	475,802.00	44.90
2009	11,979.00	11,969.00	546,237.00	45.64
2010	14,829.00	14,180.00	662,293.00	46.71
Media	12,468.36	12,248.7	561,444	45.75

SIAP, (2011).

2.5.3 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.

El estado de madurez de la planta a la cosecha es el principal factor que afecta el valor nutritivo y las características de fermentación del ensilaje de maíz [Fylia, \(2004\)](#). En México, la etapa de corte para ensilaje tradicionalmente se realiza en estado lechoso - masoso, estos ensilajes presentan una baja proporción de elote que se refleja en menor producción y calidad del forraje. [Wiersma et al., \(1993\)](#) sugirieron el uso de la línea de leche durante la maduración del grano como criterio para determinar el momento oportuno del corte de maíz para ensilar. En etapas tempranas de cosecha las concentraciones de fibra son mayores [Hunt et al., \(1989\)](#), y se ha determinado que el máximo rendimiento de materia seca, mayor digestibilidad y menor contenido de fibra se obtiene cuando se cosecha a 1/2 [Wiersma et al., \(1993\)](#) o a 1/3 de línea de leche [Xu et al., \(1995\)](#), debido principalmente a que incrementa la proporción de grano.

En cuanto al impacto de la etapa de corte en la producción de leche [Bal et al., \(1997\)](#) observaron que vacas alimentadas con raciones de ensilado de maíz cosechado a 2/3 de línea de leche incrementaron en 3 % la producción diaria de leche, en comparación con vacas alimentadas con raciones de ensilados cosechados al final del estado masoso. [Heather y Lauer, \(2002\)](#) obtuvieron mayor producción de leche cuando el contenido de materia seca del forraje se encontraba entre 33 y 37 %.

2.5.4 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. 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, entre especies. 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 debería ser FDN para vacas al inicio de la lactancia Oba y Allen, (1999), y el 75 % de ésta deberá ser proporcionada del forraje Slater *et al.*, (2000). La fibra contribuye a un aumento sustancial de la energía diaria de las vacas.

Los híbridos seleccionados por su porte alto y elevado rendimiento de biomasa, no siempre son los mejores para la producción de leche, por diferencias en calidad del forraje: FDN, FDA, digestibilidad de la FDN y de la materia seca Johnson *et al.*, (2002). Thomas *et al.*, (2001) mencionan que un híbrido con menor proporción de elote pero mayor digestibilidad de materia seca produjo más leche por vaca que otro de menor digestibilidad. Existen evidencias que los híbridos precoces presentan menor rendimiento por unidad de superficie que híbridos de ciclo intermedios o tardíos, pero tienen mayor digestibilidad de la materia seca Núñez *et al.*, (2001).

2.5.5 Fibra detergente neutra (FDN)

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

La FDN 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

en la leche y una utilización eficiente de la energía para la producción de leche Ruiz *et al.*, (1995); Clark y Armentano, (1997).

El contenido de FDN 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) menciona que el contenido de grano en el forraje aumenta la palatabilidad, el nivel de ENL y el contenido de fibras. Wolf *et al.*, (1993) comentan que existe una amplia variabilidad en el contenido de FDN en hojas y tallos, con valores de 57.9 a 65 y de 30 a 60 % del forraje total. Las variaciones en la digestibilidad de la FDN 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).

2.5.6 Fibra detergente ácida (FDA)

La FDA 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 Holland y Kezear, (1990).

La 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 Reeves, (1997).

La 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 *et al.*, (2000), menciona que la FDA varía entre 34.2 a 41.1 % 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 %.

Las variaciones pueden utilizarse como indicadores de la calidad del maíz 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.*, \(1996\)](#).

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.

2.5.7 Digestibilidad de materia seca (DMS)

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 término se denomina digestibilidad aparente (DA). La digestibilidad del maíz está 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.*, \(2000\)](#). 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.

2.5.8 Energía neta de lactancia (ENL)

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 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 y Tamminga, (1991).

2.5.9 Proteína cruda (PC)

La PC es una estimación de la proteína total basada en el contenido de nitrógeno. La PC incluye la proteína verdadera y nitrógeno no proteico (NPN) tal como el nitrógeno ureico y amoniacal. El valor de la PC no suministra información acerca de la composición en aminoácidos, digestibilidad intestinal de la proteína o aprovechamiento en el rumen García *et al.*, (2005).

Cuadro 2. 4 Influencia de la altura de corte sobre la calidad y características de silo

Altura de corte (pulgadas)	FDN	% FDA	Digestibilidad de la planta completa
20	47.2	20.6	73.3
8	46.5	21.6	72.1
4	46.4	22.1	71.7
LSD (0.05)	0.3	0.3	0.5

Fuente: Pioneer, (2007)

Cuadro 2. 5 Criterios de calidad para fuentes forrajeras (Herrera, 1999).

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

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica y característica

El experimento se desarrollo durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2010 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN UL), en Torreón Coahuila, México. La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a una altitud de 1120 msnm [Palomo et al., \(2004\)](#). **(Cuadro 3.1)**.

Cuadro 3. 1 Medias mensuales de temperatura y precipitaciones, presentadas en el año 2010

2010	Máxima	Mínima	Media	UC	Precipitación
Mes	°C				mm
Julio	32.05	21.19	26.39	508.09	102.2
Agosto	35.09	22.01	28.86	584.66	2.4
Septiembre	31.93	19.39	25.61	468.30	69.8
Octubre	30.20	11.56	21.17	346.27	0.0
Noviembre	26.17	5.79	15.90	177.00	0.0
Totales	31.08*	15.98*	23.58*	2,084.35+	174.4+

* Promedios + Acumulado. Fuente: Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas: Campo Experimental La Laguna 2011.

3.2 Muestreo de suelo

Se realizaron dos muestreos de suelo el primero “antes de siembra” y el segundo “después de cosecha” para conocer sus propiedades químicas, en cada una de las parcelas de 0 a 0.30 m con una barrena manual. Los resultados se presentan en el **(Cuadro 3.2)**.

Cuadro 3. 2 Análisis químico del suelo, donde se desarrollo el experimento

Antes de Siembra 0.054 % N									
Después de Cosecha % N en el suelo									
L1 N0	0.07	L2 0	0.06	L6 0	0.1	L8 0	0.05	L 18 0	0.05
L1 100	0.07	L2 100	0.07	L6 100	0.1	L8 100	0.05	L18 100	0.06
L1 200	0.06	L2 200	0.06	L6 200	0.1	L8 200	0.04	L18 200	0.03
Rango Optimo 3 - 6 % N									

Laboratorio de suelos. UAAAN – UL. 2010.

3.3 Material genético

Lo constituyeron cinco líneas élite; tres del programa de mejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN UL), una del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y una del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La descripción genealógica es la siguiente (Cuadro 3.3).

Cuadro 3. 3 Descripción genealógica de líneas de maíz. 2010.

Línea	Descripción
L1; L-AN 123R	De alta endogamia formada de variedad criolla del municipio de Concepción, Jalisco, con precocidad y tolerancia a sequia.
L2; L-AN 447	De 8 autofecundaciones, derivada de generaciones avanzadas del híbrido "AN-447" con características de amplia adaptabilidad
L6; L-AN 388R	De porte bajo, con hojas anchas y succulentas, generada a partir de la F3 del híbrido "AN-388"
L8; L-AN B-39	Proviene del INIFAP
L18; L-CML-311	Del CIMMYT, derivada de la población 500.

3.4 Diseño experimental

Se evaluaron tres niveles de nitrógeno (0,100 y 200 Unidades de nitrógeno ha⁻¹). En un diseño bloques al azar con dos repeticiones y un arreglo en parcelas divididas. La parcela mayor se asignó los niveles de nitrógeno y las líneas a las subparcelas.

3.4.1 Siembra

Se realizó en seco de forma manual, en surcos simples de 3.00 m de longitud, 0.75 m de ancho entre surco, a una distancia de 0.25 m entre plantas. Para una población aproximadamente de 53,320 P ha⁻¹ posteriormente se aplicó el riego.

3.4.2 Fertilización

Se utilizó Urea CO (NH₂)₂ como fuente de nitrógeno (N) y Fosfato Monoamónico (NH₄H₂PO₄) MAP como fuente de fósforo (P₂O₅). La fertilización se aplicó en dos etapas, la primera en la siembra con la aplicación del 50% de N y el total de P₂O₅ y la segunda en el segundo riego de auxilio, de tal manera se suministró los nutrientes adecuados para las necesidades del cultivo.

3.4.3 Riegos

Por gravedad mediante un sistema de tuberías con multicompuertas, con 4 riegos de auxilio durante la etapa fenológica, y una lámina aproximadamente de 70 cm.

3.4.4 Control de plagas

La aplicación de insecticidas se realizó para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano elotero (*Heliothis zea*) con aplicaciones de Clorpirifós Etil y Cipermetrina con dosis de 0.75 y 0.25 L ha⁻¹ respectivamente. Para el control de diabrotica (*Diabrotica* spp) y pulga saltona (*Chaecotonema* spp) se aplicó Cytrin® 200 y Malation 1000 en dosis de 0.5 L ha⁻¹.

3.4.5 Control de malezas

El control de maleza se realizó con herbicida pos emergente 2-4-D-amina, herbicida agrícola, solución concentrada acuosa con 2 L ha⁻¹ y herbicida agrícola suspensión acuosa PRIMAGRAM GOL (Atrazina + S-Metalaclor) con dosis de 5 L ha⁻¹. Todas las fumigaciones se desarrollaron con una bomba manual de 20 L. Posteriormente el control fue de forma manual, realizando deshierbe antes de cada aplicación de riego.

3.4.6 Cosecha

La cosecha del forraje se realizó a 98 días después de la siembra. Se determinó el corte cuando el grano se encontraba a 1/3 de la línea de leche Núñez *et al.*, (2001).

3.5 Variables morfológicas evaluadas

Para todas las variables agronómicas evaluadas se consideró, la fecha de inicio de floración masculina (FM), femenina (FF) en días transcurridos después de la siembra hasta un 75% de espigas y estigmas visibles, altura de planta (AP), y mazorca (AM) medida como la distancia en metros de la superficie del suelo hasta la base de la espiga y la mazorca principal. La altura de planta y mazorca, fueron tomadas por medio de un estadal topográfico de aluminio de 4 m de longitud en cinco plantas representativas y se calculo el promedio. El rendimiento total de forraje verde (RFV) se estimó en una parcela útil de un surco central (de 3 metros de longitud (2.25 m^2), esto con la finalidad de cosechar plantas en competencia completa.

3.6 Lectura de clorofila SPAD-502. Con el medidor de clorofila Minolta® SPAD 502 se tomaron siete lecturas de 59 a 112 días después de la siembra (DDS) cada semana, en una hoja por planta en tres plantas por parcela, en el punto medio entre el tallo y el ápice de la hoja y a la mitad de la distancia entre el borde la hoja y el nervio medio, hasta llenado de grano.

3.7 Determinación de calidad forrajera. Se cuantificaron a partir de la parcela útil cosechada, se pesaron en verde y se trituraron. Posteriormente se tomó una muestra homogénea de 500 g 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. Las muestra se pulverizaron 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 FDA 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 FDA y FDN fueron digeridas en el analizador de fibras por un espacio de 60 minutos a una temperatura de 100°C ($\pm 1^\circ \text{C}$).

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:

$$FDN; = \frac{W_3(W_1 * C_1)}{W_2} * 100$$

Dónde:

W_1 = Peso de la bolsa antes del análisis

W_2 = Peso de la muestra

W_3 = Peso final

C_1 = Factor de corrección $C_1 = \frac{W_{BA}}$

W_B

Dónde:

W_{BA} = Peso del blanco analizado

W_B = Peso del blanco sin analizar

La ecuación $DMS = 88.9 - (0.779 * FAD\%)$, propuesta por [García et al., \(2003\)](#) y para ENL la ecuación $ENL = 2.707 - 0.024 FDN\%$ propuesta por [Núñez \(\)](#).

Todos los datos obtenidos se analizaron en el paquete estadístico SAS System (SAS Inst. 2002-2008) mediante el análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental utilizado ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de DMS $p < 0.05$ de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Valores promedios de 5 líneas de maíz con sus variables

De acuerdo al análisis estadístico aplicado, se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre dosis de nitrógeno en FF, RFV y RMS, las variables restantes – FM, AP, AM, % MS, resultaron estadísticamente iguales.

Por su parte las líneas registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para - FF, RFV y RMS, y tanto FM, AP, AM y %MS fueron estadísticamente iguales. Para la interacción Línea*Dosis mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para AP, RFV y RMS, mientras que el resto de las variables resultaron estadísticamente iguales. Como resultado de la aplicación de la prueba de comparación de medias de DMS _(5%), en el (Cuadro 4.1) se presentan los valores promedio y las diferencias estadísticas entre dosis, líneas y la interacción Línea*Dosis.

4.1.1 Dosis de fertilización

Se encontraron diferencias en rendimiento de RFV y RMS para los 3 niveles de nitrógeno, donde la dosis de 200 kg ha⁻¹, superó a 0 y 100 kg ha⁻¹ de nitrógeno. Lo cual coinciden con Cox *et al.*, (1993) quien menciona que con 150 kg ha⁻¹ de N se incrementa el RMS y la calidad con 200 kg ha⁻¹, y coinciden con los resultados del presente trabajo. En dos años de evaluación, Wong *et al.*, (2006) encontraron resultados similares en dosis de nitrógeno de 125 a 375 kg ha⁻¹ respecto al RMS.

Aldaco *et al.*, (1989) indican que el nitrógeno contribuye favorablemente a la floración en maíz, sin embargo en el presente experimento las dosis de nitrógeno afecto significativamente solo a la FF y no a la AP, AM y FM. (Cuadro 4.1).

Los contenidos de nitrógeno en el suelo previo a la siembra (Cuadro 3.2), fueron de 0.054% de N, lo cual ratifica la respuesta de las dosis utilizadas en este trabajo, ya que se reporta que el rango óptimo para la Comarca Lagunera es de de 3 – 6 % de nitrógeno, por lo tanto, la aplicación de fertilizantes influyo de manera positiva y significativamente.

4.1.2 Líneas

Características Agronómicas. Las líneas fueron diferentes estadísticamente para FM y FF. La L18 fue la más tardía en mostrar tanto la aparición de espigas y estigmas con 71 y 75 días en promedio respectivamente. En contraste, la de mayor precocidad la obtuvo la L1 con 68 y 70 días para FM y FF.

Respecto a AP y AM se observaron diferencias significativas. Las líneas significativamente de mayor altura de planta (AP) fueron L2, L6 y L18 con 1.8, 1.6 y 1.7 m respectivamente. En contraste para altura de mazorca (AM) la línea L2, L6 y L8 presentaron la mayor altura.

Estos resultados se explican debido a su origen genético diverso, pues algunas de las líneas, como la L8 proviene de INIFAP, L18 provienen de germoplasma tropical, en tanto que el resto fueron seleccionadas para clima cálido seco y además de poblaciones diferentes.

4.1.3 Rendimiento de forraje verde (RFV). El rendimiento presentó una media de 66 t ha^{-1} , lo cual se considera alta tomando en cuenta que los materiales son líneas endocriadas; lo anterior se puede deber al tamaño reducido de la muestra. Respecto a las líneas, se observa que L18 con 86.6 t ha^{-1} fue superior y estadísticamente igual a la L6 con 86.1 t ha^{-1} . La L18 tiene un excelente vigor, con una altura de planta de 1.7 m estadísticamente igual a la L6 y superior al resto. Superaron la media regional de rendimiento de maíz forrajero en verde bajo las condiciones de riego de 46.71 t ha^{-1} en la Comarca Lagunera SIAP, (2010). En contrastes la L1, produjo la menor cantidad de forraje verde con 30.1 t ha^{-1} , por debajo de la media; esta es una línea de alta endogamia formada de variedad criolla, con precocidad y tolerancia a sequía (Cuadro 4.1).

4.1.4 Rendimiento de materia seca (RMS). El rendimiento promedio de las líneas fue de 25.6 t ha^{-1} , en donde la L18 demostró ser mejor con 32.6 t ha^{-1} . Considerando la producción de RFV de ésta línea (86.6 t ha^{-1}), se asume que en general produjo un 36 %MS, donde el resto del peso (64 %) se considera como agua. De forma contraria la línea con menor rendimiento de materia seca fue la L1 con 12.8 t ha^{-1} (Cuadro 4.1). Reta *et al.*, (2000) mencionan que las siembras de verano generalmente no son tan productivas como las de primavera, probablemente porque en las primeras etapas de desarrollo ocurren temperaturas muy altas que

reducen el área foliar de la planta y el crecimiento del cultivo, lo que afecta principalmente la acumulación de materia seca.

Los altos RFV y RMS de la L18 y L6, se deben a un elevado peso de planta y elote al momento de la cosecha y probablemente al mayor retraso que presentaron en la floración masculina y femenina. La altura de planta fue otro factor que pudo incidir en contribución de manera positiva a los resultados. La L2 obtuvo la mayor altura con 1.8 m, sin embargo con valores bajos en el forraje verde.

Cuadro 4. 1 Valores promedio y diferencia estadística de variables evaluadas en 5 líneas de maíz, en 3 niveles de nitrógeno.

Dosis	FM	FF	AP	AM	RFV	% MS	RMS
0	69 a	72 b	1.5 a	0.5 a	57.1 c	38.1 a	22.6 b
100	69 a	73 ab	1.6 a	0.5 a	66.0 b	39.7 a	25.8 a
200	70 a	73 a	1.6 a	0.5 a	75.4 a	40.0 a	28.5 a
Líneas							
L1	68 b	70 b	1.3 c	0.3 c	30.1 d	42.5 a	12.8 c
L2	70 ab	72 b	1.8 a	0.6 a	52.3 c	39.4 ab	20.5 b
L6	69 b	71 b	1.6 abc	0.5 ab	86.1 a	36.7 ab	31.6 a
L8	69 b	74 ab	1.5 bc	0.5 ab	75.7 b	40.5 ab	30.5 a
L18	71 a	75 a	1.7 ab	0.4 b	86.6 a	37.5 a	32.6 a
Línea*Dosis	ns	ns	**	ns	**	ns	**
Media	69	73	1.6	0.5	66.2	39.3	25.6
CV %	2.8	2.9	5	12.1	5.9	8.2	11.9

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca, RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca, Lin*Dos= Interacción Línea*Dosis, CV = Coeficiente de variación. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.2 Calidad forrajera

4.2.1 Dosis de fertilización

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en FDA y DMS para los 3 niveles de nitrógeno, donde la dosis de 200 unidades de N, indujeron significativamente mayor contenido de FDA y DMS comparativamente con 0 y 100 unidades de nitrógeno. Esto coincide con [Peña et al., \(2006\)](#) quienes mencionan que con 180 Unidades de N, es suficiente lograr una adecuada calidad forrajera. [Cox et al., \(1993\)](#) menciona que con 200 Unidades de N la calidad se incrementa. En base a [Herrera, \(1999\)](#), y [Pioneer, \(2007\)](#) muestran que porcentajes de FDA mayores de 20 – 32% son consideradas de alta calidad, y coinciden con los resultados del presente trabajo. ([Cuadro 2.4 y 2.5](#)).

Para DMS [Piccioni, \(1970\)](#); [Bruno et al., \(1995\)](#) mencionan que con altas concentraciones de N (200 U de N), se estima una digestibilidad media de 60%, con valores mínimos de 40% en cultivos muy maduros y valores máximos de 71% en los jóvenes. [Herrera, \(1999\)](#) considera de alta calidad en valores mayores de 65%, similares a este trabajo ([Cuadro 2.5](#)). Aun y cuando se observan diferencia significativa entre dosis de 0 y 200 unidades de N, los porcentajes obtenidos de acuerdo a [Herrera, \(1999\)](#) se considera de alta calidad. Además, se observa una tendencia que al incrementar la dosis de nitrógeno se incrementa los valores de DMS, ENL y la PC ([Cuadro 4.2](#)).

3.2.2 Líneas

Solo se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para líneas en PC. El máximo valor se observa en la L8 con 8.1 %, en contraste, con L2 (6 %). Estos valores inciden con los reportados por [Peña et al. \(2004\)](#) y [Núñez et al., \(2007\)](#) con rangos de 6.9 a 9.7 % y 6.8 a 8.2 % respectivamente. Así mismo valores superior a los q reporta [Bruno et al., \(1995\)](#) que oscilan de 5.7 a 6.7%.

Para las variables FDA, FDN, DMS y ENL no se observaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$). Sin embargo en promedio las líneas muestran valores que están dentro de los rangos de calidad (Herrera, 1999; Pioneer, 2007). Dentro del grupo resaltan las líneas L6, L8 y L18, con mayor énfasis la L8.

Cuadro 4. 2 Valores promedio y diferencia estadística de calidad forrajera en 5 líneas de maíz, en 3 niveles de nitrógeno

Nitro	FDN	FDA	DMS	ENL	PC
0	50.8 a	27.9 b	64.4 b	1.40 a	6.8 a
100	53.8 a	31.3 ab	64.6 b	1.40 a	6.8 a
200	54.7 a	31.4 a	67.1 a	1.48 a	7.1 a
Líneas					
L1	57.2 a	32.3 a	63.8 a	1.33 a	6.6 ab
L2	54.5 a	30.0 a	65.5 a	1.39 a	6.0 b
L6	49.6 a	29.3 a	66.1 a	1.51 a	6.8 ab
L8	50.1 a	27.6 a	67.4 a	1.50 a	8.1 a
L18	54.0 a	31.8 a	64.2 a	1.40 a	6.8 ab
DMS	8.91	5.05	3.93	0.21	1.32
Lin*Nitro	ns	ns	ns	ns	ns
Media	53.1	30.2	65.4	1.43	6.8
CV %	16.0	18.0	6.5	14.0	18.0

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FDN, FDA = Contenido de fibra detergente neutra y acida; DMS= Digestibilidad de materia seca; ENL= Energía neta de lactancia; PC= Proteína cruda; Lin*Dos= Interacción Línea*Dosis; CV = Coeficiente de variación. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales.

4.3 Valores SPAD en líneas

El uso de medidores automáticos de parámetros tales como la clorofila puede tener múltiples aplicaciones en el campo de la fisiología vegetal y más directamente en el campo de la producción y ajustes de fertilización para la obtención de mejores cosechas (Orihuela *et al.*, 2007). El SPAD es el más adecuado para diagnosticar deficiencias de nitrógeno en etapas posteriores a emisión de la sexta hoja (Sainz y Echeverría, 1998).

Uhart y Echeverría, (2002), comentan que una buena disponibilidad de nitrógeno especialmente desde los momentos en que este nutriente es requerido en altas cantidades, asegura un buen crecimiento foliar, posibilita al cultivo alcanzar y mantener cobertura total y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa. Esto garantiza un óptimo estado fisiológico del cultivo en los momentos decisivos.

En la (Figura 4.2), se muestran valores medios de lecturas SPAD y el comportamiento de las líneas en relación a sus necesidades de nitrógeno, desde el estado vegetativo (65 dds) al reproductivo (98 dds). Las lecturas se realizaron en la séptima hoja (V7) bien desarrollada.

En promedio las líneas muestran un comportamiento similar a través de los muestreos realizados. A los 59 dds todas las líneas inician con un valor bajo, para después en periodo de 68 a 98 dds incrementan los valores SPAD, para luego decrecer posteriormente hasta los 112 dds. Este comportamiento coincide con Uhart y Andrade, (1995) los cuales mencionan que en floración, el cultivo puede acumular entre el 60 y el 70% de los requerimientos totales.

El comportamiento de las líneas en cada muestreo fue diferente ($P \leq 0.01$). Se observa que las líneas L18 y L6 fueron superiores ($P \leq 0.01$) respecto al resto de las líneas hasta los 105 dds, pues los valores SPAD estuvieron por arriba de las 50 unidades SPAD. Lo anterior indica que estas dos líneas fueron más eficientes en promedio para aprovechar el nitrógeno, y en consecuencia, reflejarlo en una mayor producción de biomasa. Sainz y Echeverría, (1998); Novoa y Villagrán, (2002) mencionan que contenidos adecuados de clorofila para un buen rendimiento de maíz debe ser superior a las 50 unidades SPAD, valores inferiores a 35 estarían indicando la necesidad de aplicar nitrógeno. Caso contrario se observa en el resto de las líneas para ese periodo donde la L1 al parecer es la menos eficiente en conversión de nitrógeno a biomasa.

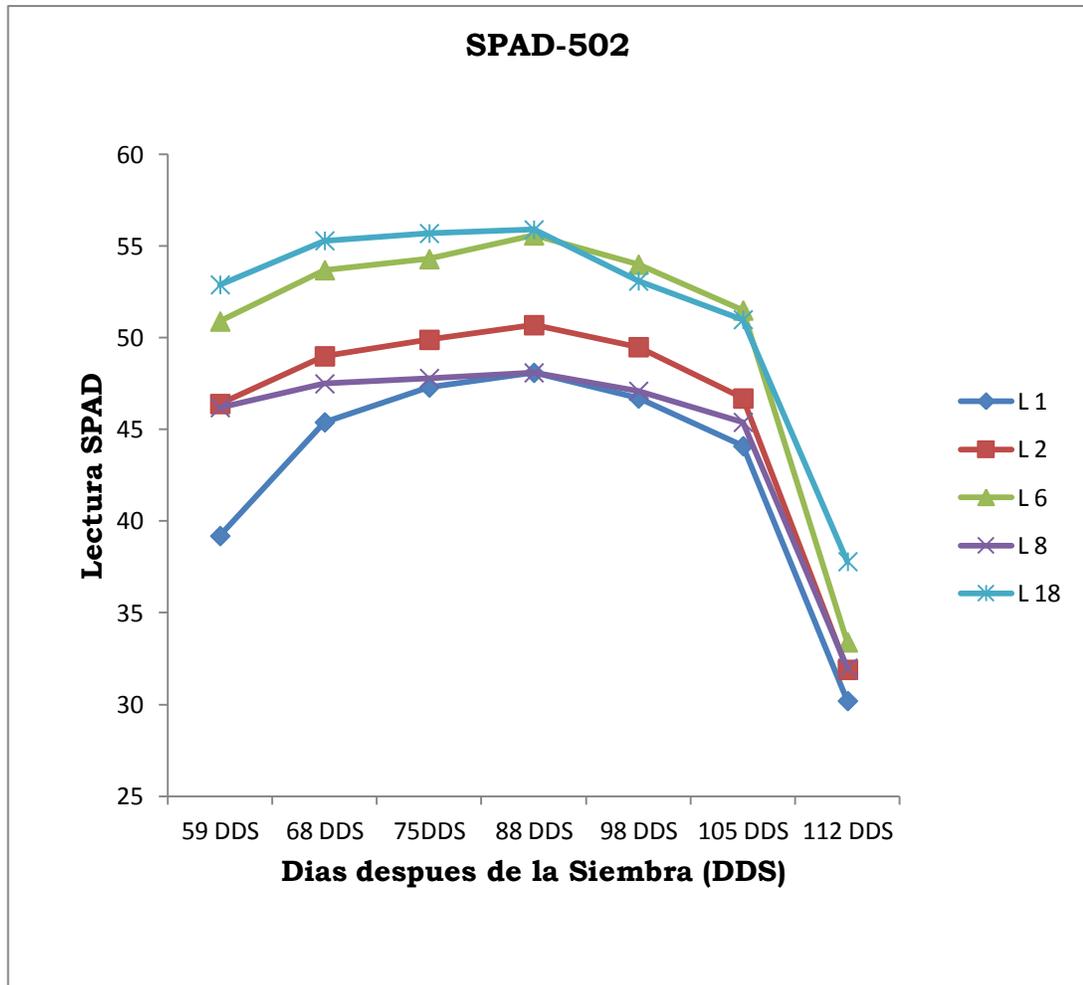


Figura 4.2 Comportamiento de líneas en base a su fertilización.

V. CONCLUSIONES

En respuesta a dosis de fertilización nitrogenada, el mayor rendimiento para RFV y RMS, se encontraron con aplicaciones de 200 unidades de N, superando de forma significativa al de 0 y 100 unidades de nitrógeno.

El RFV tuvo una media de 66 t ha^{-1} , lo cual se considera bueno tomando en cuenta que los materiales son líneas endocriadas, con mayor producción fue la L18 con 86.6 t ha^{-1} estadísticamente igual a la L6 con 86.1 t ha^{-1} .

El RMS mostro una media de 25.6 t ha^{-1} , en donde la L18 demostró ser mejor con 32.6 t ha^{-1} en promedio, estadísticamente igual a la L6 y L8 con 31.6 y 30.5 t ha^{-1} respectivamente.

Las líneas mostraron alta calidad forrajera. Donde la L8 mostró mejor aprovechamiento del nitrógeno, porque mostro valores más altas de calidad. Además, al incrementar las dosis del nitrógeno, se observa la tendencia que se incrementa la DMS, ENL y la PC.

La L18 y L6 manifestaron mayor lectura SPAD en los 3 niveles de fertilización, son líneas de origen tropical tiene un excelente vigor, estatura, hojas anchas y por ende mayor captación de insolación.

VI. LITERATURA CITADA

- Argenta, G., Ferreira da Silva, P., Bortolini, RC., Forsthofer, GE., Strieder, LM. (2001).** Relacao da leitura de clorofilometro comos teores de clorofila extraivele de nitrogenio na folha de milho.
- Argillier, O.,Méchin, V., Barriére, Y. (2000).** Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40:1596-1600.
- Attanandana, T.,Yost, RS. (2003).** A site specific nutrient management approach for maize. *Better Crops International* 17:3-7.
- Barraco, M., Álvarez, C., Scianca, C. (2009).** Estrategias de fertilización de maíz. Jornada Agrofuturo. Trenque Lauquen. INTA Estación Experimental Agropecuaria General Villegas.
- Bidwell, R. (2002).** Fisiología vegetal. AGT Editor SA.
- Bruno, O., Romero, L., Diaz, M., Gaggiotti, M. (1995).** Efecto del momento de corte del maíz para ensilaje sobre la producción de leche. INTA, Reporte Técnico. Argentina. p.100.
- Bullock, D., Anderson, D. (1998).** Evaluation of the Minolta SPAD 502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. *Journal of Plant Nutrition* 21:741-755.
- Buxton, D., Redfearn, R., Jung, G., Mertens, D. (1996).** Improving forage quality-related characteristics of corn. US Dairy forage Research Ccenter, Information Conference whit Dairy and forage Industries. p. 23-28.
- Caires, N., Guedes, C.,Dias, D., Pereira, T., Pinho, P. (2005).** Uso do SPAD 502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoneira herbáceo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(5):71-87.
- Cantú, B. (2003).** Principios de Bromatología Animal. Quinta Edición. p. 224-247.
- Chalupa, W. (1995).** Requerimientos de forrajes de vacas lecheras. Primer Ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. LALA. p. 19-28.
- Chávez, A., López, E. (1995).** Mejoramiento de Plantas I. Editorial Trillas. México. p.167.
- Clark, P., Armentano, L. (1997).** Replacemete of alfalfa neutral detergent fiber with a combination of nonforage fiber sources. *J.Dairy Sci.* 80:675-680.
- Coors, J., Lauer, J. (2001).** Silage corn: In: Specialty corns. A R Hallauer(ed). 2nd ed. CRC, Press. Boca Ratón FL. p:347-392.

- Cox, W., Kalonge, D., Cherney, J., Reid, W. (1993).** Growth, yield, and quality of forage maize under different nitrogen management practices. *Agron. J.* 85:341-347.
- Echeverría, H., Sainz, R. (2001).** Eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al estadio de seis hojas del maíz bajo riego en siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo* 19(1):57-66.
- Echeverría H. y H. Sainz Rozas. (2005).** Maíz. In H. Echeverría y F. García (ed.). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Editorial INTA. Buenos Aires. p. 255-282.
- Espinoza, J., García, J. (2008).** High fertilizer prices: what can be done. *Better Crops* 92(3):8-10.
- Filya, L. (2004).** Nutritive value and aerobic stability of whole crop maize silage harvested at four stages of maturity. *Anim. Feed Sci. Tec.* 116:141-150.
- García, A., Thiex, N., Kalscheur, K., Tjardes, K. (2005).** Interpretación del análisis del ensilaje de maíz. College of agriculture and Biological Sciences / South Dakota State University / USDA.
- Gethi, J.G., Labate, J.A., Lamkey, K.R., Smith, M.E., Kresovich, S. 2002.** SSR variation in important U.S. maize inbred lines. *Crop Sci.* 42: 951-957.
- Goodrich, R., Meiske, J. (1985).** Corn and sorghum silages. In: *Forages. The Science of Grassland Agriculture*. M E Heart, R F Barnes, D S Metcalfe (eds). 4th ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. p: 527-536.
- Heather, M., Lauer, J. (2002).** Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 94:559- 566.
- Herrera, S. (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., Kezar, W. (1990).** Pioneer forage manual. A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred Internacional, Inc.
- Hunt, C., Kezar, W., Vinande, R. (1989).** Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 2:357-361.
- Johnson, L., Harrison, J., Davidson, D., Robotii, J., Swift, M., Mahanna, W., Shinnors, K. (2002.)** Corn silage management I. Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J. Dairy Sci.* 85:833-853.

- Júnior, M., Corsi, M., Trivelin, P., Alves, M. (2004).** Nitrogen recovery and loss in fertilized grass pasture. *Grass and Forage Science* 59:80-84.
- Laffite, H. (2002).** Fisiología del maíz tropical. *Tecnifenalce* 2(7), 4-5.
- Meisinger, J., Magdoff, F., Schepers, J. (1992).** Predicting N fertilizers needs for corn in humid regions: Underlying principles. In *Predicting N fertilizers needs for corn in humid regions*. B. Bock y K. Kelly (ed.). Bulletin Y-226. TVA/NFERC-92/2. Tennessee Valley Authority-National Fertilizer and Environmental Research Center. Muscle Shoals, Alabama, EE.UU.
- Mladenovic, S., Trifunovic, S., Drinic, G., Kostantinov, K. (2002).** Genetic divergence and its correlations to heterosis in maize as revealed by SSR-based markers. *Maydica* 47:1-8.
- Moreno, G., Martinez, J., Brichette, H., López, A., Castro, P. (2000).** Breeding potencial of European Flint and U.S. Corn belt dent maize population for foraje use. *Crop Sci.* 40:1588-1595.
- Muchow, R., (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.
- Nocek, J., Tamminga, S. (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.
- Novoa, R. y Villagrán, N. (2002).** Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en determinación de niveles foliares en maíz. *Agricultura Técnica*.
- Núñez, H., Contreras, F., Faz, R., Herrera, R. (1999).** Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. En: *Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo*. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA. p. 2-5.
- Núñez, H., Faz, R., Tovar, T., Zavala, G. (2001).** Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Méx.* 39:77-88.
- Núñez, H., Contreras, E., Faz, R. (2003).** Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Tec. Pec. Méx.* 41:37- 48.
- Núñez, H., Faz, G., González, C., Peña, A. (2005).** Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Téc. Pecu. Méx.* 43:69-78.
- Núñez, H., Faz, G., Sánchez, R. (2007).** Evaluación de híbridos de maíz para forraje en la región Lagunera. INIFAP. Centro de investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental La Laguna. Informe. Diciembre 2007. p.25

- Núñez, H., Contreras, F., Faz, R. Herrera, R. (1999).** Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. In: Componentes 42 tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto técnico. Núm. 4. p. 2-5.
- Oba, M., Allen, M. (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.
- Ocon, P. (2008).** Utilización el clorofilometro SPAD 502 para diagnosticar la deficiencia de nitrógeno en sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) bajo distintas dosis de nitrógeno (tesis), Managua, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. p. 55.
- Orihuela, D., Hernández, J., Maestre, R., López, R. (2007).** Actas de Horticultura n° 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. XI Congreso SECH.
- Orskov, E. (1986).** Starch digestion and utilization in ruminants. J. Anim. Sci.63: 1624.
- Palomo, A., Gaytán, A., Faz, R., Reta, D., Sánchez, Gutiérrez, E. (2004).** Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. Terra Lat. 22:299-305.
- Peña, R., Núñez, H., Gonzales, C. (2002).** Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Téc. Méx. 40:215.228.
- Peña, R., Núñez, H., 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., Núñez, H., González, C., Jiménez, G. (2004).** Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fitotéc. Mex. 27(1):1-6.
- Peña, R., González, C., Nuñez, H., Maciel, P. (2006).** Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz n respuesta a fecha de siembra, nitrógeno y densidad de población. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 29(3):207-213.
- Peña, R., González, C., Robles, E. (2010).** Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.1. p. 27-35.
- Piccioni, M. (1970).** Diccionario de alimentación animal. Editorial Acribia. Zaragoza, España. P. 819.
- Pioneer. (2007).** Manejo agronómico del ensilaje para tener rendimiento, buena calidad – altura de corte. Vol. 10 N0.2. p. 1-4.

- Reta, S., Gaytán, M., Carrillo, A. (2000).** Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. FitotecMex.* 23:37-48.
- Reta, S., Cueto, W., Gaytán, M., Santamaría, C. (2007).** Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agric. Téc. Méx.* Vol.33, No. 2 pp. 145-151. ISSN 0568-2517.
- Romero, M., Ruiz, S. (2009).** Universidad de Granada, España. Generalidades de la nutrición: N en el suelo. Curso en Delicias, Chihuahua. Abril de 2009.
- Ruiz, M., Bernal, C., Straples, L., Sollenberger., Gallaher, R. (1995).** Effect of dietary neutral detergent fiber concentration and forage source on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* (78) 305-319.
- Sainz, R., Echeverría, E., Herfurth, E., Studdert, A. (2001).** Nitrato en la base del tallo de maíz. II Diagnostico de la nutrición nitrogenada. *Ciencia del suelo* 19:125-135.
- Saiz, Rozas, H.R., H. E. Echeverria. (1998).** Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 103(1): 37-44.
- Salazar, E., Beltrán, A., Fortis, M. (2003).** Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de maíz forrajero con tres sistemas de labranza. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 21, Núm 4, Octubre-Diciembre, 2003.
- Salisbury, B., Ross, W. (1992).** Fisiología vegetal. Editorial Iberoamerica. México DF. pp. 319-338.
- Santibáñez, F., Fuenzalida, J. (1989).** Modelos ecofisiológicos para el análisis de los potenciales de producción de maíz. Universidad de Talca. Talca, Chile. 32 p.
- Seitz, G., Geiger, H., Schmidt, G., Melchinger, A. (1992).** Genotypic correlations in forage maize II. Relationship between inbred line and testcross performance. *Maydica* 37:101-105.
- SIAP. (2010).** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Inicio/producción anual/resumen nacional por cultivo. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346.
- SIAP. (2011).** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Inicio/producción anual/resumen nacional por cultivo. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346.
- Slater, A., Eastridge, L., Firkins, J., Bidinger, L. (2009).** Effects of starch source and level of forage neutral detergent fiber on performance by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:313-321.

- Soto O P, E Jahn B, S Arredondo S. (2002).** Pobación y fertilización nitrogenada en un híbrido de maíz para ensilaje en el Valle Central Regado. *Agric. Téc. (Chile)* 62:255-265.
- Thomas, D., Mandebvu, P., Ballard, C., Sniffen, C., Carter, M., Beck, J. (2001).** Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:2217-2226.
- Tovar, R., Terrón, I., Núñez, G., Arellano, L. (2002).** Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de maíz de alta calidad proteínica (MCP) en la región de Valles Altos. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética.* 167 p.
- Uhart, A., Andrade, F. (1995).** Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Sci.* 35:1376-1383.
- Uhart, A., Echeverría, H. (2002).** Diagnóstico de la fertilización. p. 239-272. En: Andrade, F.H. y V. Sadras (eds.). *Bases para el manejo de maíz, girasol y soja.* INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias. Balcarce, Argentina.
- Van Soest, J., Wine, H. (1967).** Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feed. IV. The Determination of Plant Cell Wall Constituents. *J Assoc Off Anal Chem;* 50:55
- Van Soest, J. (1996).** Environmental and forage quality. *Proc Cornell nutrición conferences for feed manufactures.* Búfalos, NY. p.1-6.
- Weiss, P. (1989).** Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 81: 830-839.
- Widdicombe, D., Telhen, K. (2002).** Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agron J.* 94: 326-330.
- Wiersma, A., Carter, R., Albrecht, A., Coors, G. (1993).** Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod. Agric.* 6:94-99.
- Wolf, P., Coors, J., Albrecht, K., Undersander, D., Carter, P. (1993).** Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Sci.* 33: 1359- 1365.
- Xu, S., Harrison, J., Kezar, W., Entrikin, N., Loney, K., Riley, R. (1995).** Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof. Anim. Sci.* 11:157-165.
- Zotarelli, L., Garcia, C., Piccinin, J., Urquiaga, S., Boddey, R., Torres, E., Rodrigues, B. (2003).** Calibração do medidor de clorofila minolta SPAD 502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(9):1117-1122.