

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



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

P O R

JUAN TERRON ANZURES

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAH. MÉXICO

FEBRERO 2009.

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JUAN TERRON ANZURES, ELABORADO BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EN TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:


DR. ARTURO PALOMO GIL

ASESOR:

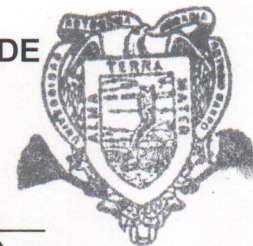

MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR:


ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

FEBRERO 2009

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JUAN TERRON ANZURES, 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

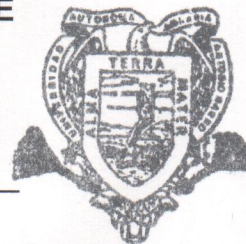

MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

VOCAL SUPLENTE


ING. E. LEOPOLDO HERNÁNDESTORRES

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS**


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

FEBRERO 2009

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater; la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna por ser una institución de gran nobleza, que ha contribuido con mi formación profesional y que en su momento me acobijo y me nutrió de conocimientos bajo sus aulas, sin olvidar el carácter que me hizo formarme para así yo evitar sucumbir en la desidia y conformismo.

A mis asesores que siempre me ayudaron para que este trabajo saliera adelante y que significa mucho en este comienzo de mi vida como profesionista, por su apoyo siempre los tendré presentes:

DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

MC. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

DR. ARTURO PALOMO GIL

ING. E. LEOPOLDO HERNADEZ TORRES.

Al departamento de Fitomejoramiento pues el reside todo el compromiso para la formación y creación de Ingenieros Agrónomos. Y muy en especial a la Sra. Rosalba Tejada Correa y al Ing. Rubén Zamarripa Ramos.

Al departamento de Suelos por su apoyo en la realización de este trabajo en especial a Norma Lidia

A todos mis maestros que contribuyeron de manera directa e indirecta con mi formación, en mi estancia como estudiante

A mis compañeros de generación de la carrera de ingeniero agrónomo "A" y "B" con quienes compartí gratas experiencias.

A mis amigas y amigos: Graciana, Cristina, Lucia, Soledad, Raquel, Abdías, Gabriel, Elmi Noel, Hugo Joaquín, Idahi Natanael, José Trinidad, Matusalén, Javier Sánchez y Jorge Gutiérrez.

DEDICATORIAS

Con cariño para a todas aquellas personas que tanto amo y respeto.

A mis padres:

Luis Terrón Ramos por que alguna vez dijiste que la educación era la mejor herencia y porque siempre me has apoyado en todo lo que yo he emprendido, por tu confianza esta va por ti.

Ma. Concepción Anzures Torres. Primeramente por haberme dado el regalo de la vida, por estar conmigo en buenos y malos momentos en mi vida, por alentarme siempre a seguir siempre hacia adelante y por esa tu confianza de permitirme realizar este sueño.

A la memoria de mis abuelos maternos: Rufino Anzures Galicia y Francisca Torres Rufino que en su momento siempre quisieron que fuese alguien en la vida.

A mis abuelos paternos: Cosme Terrón Palacios y Guadalupe Ramos Lagunés (papá Cosme y mamá Lupe) por su apoyo moral.

A mis tíos y tías: Nerón Zenón Leobardo, Bulmaro, Yolanda y Araceli Anzures

A mis Hermanos, por compartir alegrías y tristezas por su apoyo moral y económico en mi estancia por esta Escuela.

Alejandro

Víctor

Elidet

V

INDICE.....	página
Índice de cuadros	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	4
Hipótesis.....	4
II Revisión de literatura	5
2.1 Nitrógeno	5
2.1.1 Rendimiento	6
2.2 Mejoramiento genético	7
2.2.1. Caracteres secundarios	8
2.2.2. Eficiencia en el uso de nitrógeno (NUE)	9
2.3 Influencia del estrés de N sobre la fotosíntesis de cultivos	10
III. MATERIALES Y MÉTODO.....	12
3.1 Localización geográfica del sitio experimental.....	12
3.2 Material genético.....	12
3.3 Manejo agronómico	13
3.3.1 Fecha de siembra.....	14
3.3.2 Aclareo.....	14
3.3.3 Fertilización	14
3.3.4 Riegos	15
3.3.5 Control de plagas y maleza.....	15
3.3.7 Cosecha	15
3.4 Diseño y parcela experimental	16
3.5 Variables agronómicas evaluadas	16
3.6 Análisis estadístico	16

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Análisis de varianza.....	18
4.3 comparación de medias para 12 líneas de características evaluadas .	20
4.4 Correlaciones de los componentes del rendimiento y características morfológicas	22
4.5 Análisis estadístico de las lecturas spad	23
4.6. Comparación de lecturas medias de unidades Spad para los dos niveles de nitrógeno trabajados en las 12 líneas de maíz evaluadas.	24
4.7 Valores Spad medios tomados a distintos días después de la siembra (dds) en las doce líneas de maíz evaluadas	25
V CONCLUSIONES.....	27
VI RESUMEN.....	29
VII BIBLIOGRAFÍA.....	30
VII APÉNDICE	34

INDICE DE CUADROS

Número de cuadro	Página
3.2.1 Genealogía de material genético utilizado como progenitores.	13
4.1.1 cuadrados medios del análisis de varianza de once características agronómicas de maíz. UAAAN- UL. Torreón Coahuila 2008	19
4.2.1 comparación de medias para los dos niveles de nitrógeno trabajados en las 12 líneas de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.20	
4.3.1 Comportamiento promedio de 11 características agronómicas evaluadas de 12 líneas élite de maíz para grano. UAAAN. Torreón, Coahuila. 2008.....	21
4.4.1 correlaciones fenotípicas de once variables agronómicas evaluadas	23
4.5.1 Cuadrados medios del análisis de varianza para las mediciones SPAD tomadas en las doce líneas a distintos días después de la siembra. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.	24

4.6.1. Comparación lecturas medias spad para los dos niveles de nitrógeno trabajados en las 12 líneas de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.	25
4.7.1. Valores medios en unidades spad en cinco fechas en doce líneas de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.	26

I INTRODUCCIÓN

El maíz, *Zea mays* L., es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del *Nuevo Mundo* porque su centro de origen está en América.

Es una planta C4 con una alta tasa de actividad fotosintética. Considerada individualmente, su tasa de multiplicación es de 1:600-1000 (Aldritch., 1975). El maíz tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día.

Hoy día el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales.

Globalmente, el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas (FAO, 1999) con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas. El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales siembra más de 50 000

hectáreas con un total de cerca de 61,5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas métricas. (Paliwal *et al.*, 2001)

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 más de 21 mil Ton., y es en los estados de Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas, Michoacán, Guerrero y Guanajuato donde se 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.

La liberación y siembra de variedades e híbridos con mayor potencial de rendimiento trae consigo una mayor extracción de nutrientes 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 nutrientes, 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), 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

Identificar y seleccionar líneas con tolerancia a bajos niveles de nitrógeno.

Hipótesis

Ho: No existe diversidad en las líneas élite del programa de maíz de la UAAAN-UL

Ha: Existe diversidad en las líneas élite de maíz.

Ho: Las líneas élite presentan igual comportamiento para rendimiento y características evaluadas bajo niveles de 40 y 160 unidades de nitrógeno

Ha: Las líneas élite de maíz presentan diferente comportamiento para rendimiento y características evaluadas bajo niveles de 40 y 160 unidades de nitrógeno.

II Revisión de literatura

Eastmont y Robert (1992), mencionan que el fitomejoramiento es y seguirá siendo una herramienta importante para mantener una elevada productividad. Hallauer y Eberhart (1976) consideran muy importante utilizar el método de selección recurrente para mejorar una población original y obtener líneas sobresalientes, híbridos y variedades sintéticas de manera continua.

2.1 Nitrógeno

El nitrógeno (N) es generalmente el factor más limitante para la producción de cultivos. El contenido promedio en la biomasa es del 1 a 3% de N y puede contener hasta 4-6%. En términos de la cantidad requerida para producción de cultivos el N se encuentra en el cuarto lugar entre los 16 elementos esenciales. Irónicamente, no existe una escasez de N en todas partes pues cerca del 79 % de la atmósfera es N, por lo que existen toneladas sobre cada hectárea. Desafortunadamente el N gaseoso es relativamente inerte y no está disponible para las plantas. El suelo y las rocas contienen incluso más N que la atmósfera pero tampoco está disponible para las plantas hasta que es liberado por la intemperización.

(Gardner et al., 1994) Algunas bacterias, actinomicetos y algas azules o verdes son las únicas plantas que pueden utilizar el N gaseoso. La actividad de fijación de estos organismos es esencial para el balance global de N, porque formas de N fijadas están continuamente en desnitrificación y lixiviación. El enlace de hidrógeno, que reduce el N pueden realizarlo los rayos del sol, los

organismos fijadores de N y por el proceso químico comercialmente llamado Haber –Bosch.

El nitrógeno es absorbido por las plantas principalmente en forma del ion nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Casi todo el nitrógeno que absorben las plantas se halla en forma de nitrato. Existen dos razones básicas para ello. Primera el nitrato es móvil en el suelo y se desplaza en el agua hacia las raíces de las plantas, donde es absorbido. Por otra parte el amonio está ligado a la superficie de las partículas del suelo y no se puede mover hacia las raíces. Segunda; en condiciones adecuadas de temperatura, aireación, humedad y pH del suelo, los organismos del suelo transforman todas las formas de nitrógeno en nitrato. (Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento, 2007)

El nitrógeno es el constituyente esencial de los aminoácidos, nucleoproteínas y nucleótidos, es esencial para la división y expansión celular y por lo tanto el crecimiento de las plantas. (Gardner et al., 1994)

Dado su papel esencial en la constitución de los núcleos celulares, clorofila, etc., el nitrógeno existe en la planta en cantidades importantes, sobretodo en tejidos jóvenes y en ciertos órganos de reserva. Casi siempre el nitrógeno se presenta bajo forma de compuestos complejos insolubles, como materias proteicas, pero también se encuentra bajo forma orgánica soluble como aminas y amidas. Aumentando considerablemente la proporción insoluble en las semillas conforme se aproxima la maduración. (Diehl, et al; 1982)

2.1.1 Rendimiento. En los cereales el rendimiento está directamente relacionado con el uso del N, y este nutriente es el factor que con mayor

frecuencia limita la productividad del maíz en las regiones tropicales. Teóricamente puede solucionarse con la adición de fertilizantes nitrogenados sin embargo con frecuencia el N no es aplicado en las cantidades necesarias debido al alto costo de los fertilizantes. Por lo anterior es necesario encontrar alternativas que conduzcan a la menor dependencia de los fertilizantes nitrogenados. (Cabrera, et al; 1996)

El cultivo de maíz es el que más se ha trabajado en el desarrollo de métodos de diagnóstico de requerimientos de N y de monitoreo de estatus de nitrógeno del cultivo, probablemente por los elevados requerimientos, por su impacto en el costo de la producción y por sus efectos ambientales. (Echeverría et al; 2005)

Teniendo en cuenta que el ion NO_3^- es un anión que no puede ser retenido por las arcillas como ocurre con los cationes, es fácilmente transportado por el agua. Esta es la principal forma de pérdida de nitrógeno en la agricultura. Esta pérdida cobra gran importancia ambiental pues los nitratos son arrastrados hacia las reservas de agua subterránea y contaminan los acuíferos con un anión que es tóxico cuando se consume por los animales de sangre caliente. El nivel crítico del agua para el consumo humano es de 10 ppm como N-NO_3^- . Las pérdidas de N por vía de lixiviación pueden variar de 0 hasta 40%, estas pérdidas se favorecen en condiciones de excesiva lámina de riego, alto contenido de arena en el suelo y la aplicación temprana de altas dosis de nitrógeno. (Castellanos et al; 2000)

2.2 Mejoramiento genético

En tal sentido un programa de mejoramiento enfocado al desarrollo de nuevos cultivares con alta capacidad de utilizar el nitrógeno podría disminuir el problema ambiental y económico asociado al uso de los fertilizantes nitrogenados inorgánicos. (FAO; 1990)

2.2.1. Caracteres secundarios. La explotación de caracteres secundarios de selección tales como la arquitectura de la planta y la resistencia a las enfermedades son usados con frecuencia en los programas de mejoramiento. Los mejoradores diseñan un tipo de trabajo, o sea, un modelo conceptual de una planta que creen que se comportará bien en un determinado ambiente. Un enfoque más formal de estos ideotipos ha sido ampliamente usado para integrar los conocimientos del crecimiento de las plantas en diferentes ambientes estresados. Estos estudios han sido particularmente útiles para algunos estreses tales como la sequía y la baja fertilidad, los que pueden afectar muchos componentes del crecimiento del cultivo a lo largo de la vida del mismo. En otro enfoque del mejoramiento para tolerancia a los estreses abióticos, es identificar un carácter simple de un componente fisiológico que es probable que confiera tolerancia al estrés; la selección se hace en este caso solo sobre ese carácter aislado. En ese momento se analiza el valor del carácter como criterio de selección, evaluando el cambio en el mismo debido a la selección lo cual refleja la heredabilidad real de la característica en consideración bajo las condiciones de selección usadas y las ganancias en rendimiento del cultivo bajo estrés en el campo.(Ripusudan, et al; 2000)

(Bänziger y Lafitte, 1997) La utilidad de las características secundarias que podían ser usadas en la selección para tolerancia a bajos niveles de nitrógeno fue estudiada en varias poblaciones cultivadas con bajo contenido de nitrógeno en Poza Rica, Veracruz, por medio del análisis genético. El número de mazorcas por planta y la tasa de senescencia de las hojas fueron caracteres

valiosos para identificar los genotipos superiores. En este lugar, las diferencias en concentración de clorofila en las hojas de la mazorca tendieron a reflejar la variación en abastecimiento de nitrógeno, en vez de la variación genética. El valor del contenido de clorofila de la hoja de la mazorca como criterio de selección no es aun claro. En otro estudio hecho en maíz tropical, se encontró que el contenido de clorofila cerca del momento de la floración era heredable y que esto estaba correlacionado con el rendimiento de grano a bajos niveles de nitrógeno. (Sibale y Smith, 1997) Estos resultados recuerdan que las respuestas a la selección pueden ser muy diferentes en estudios distintos, dependiendo de la variabilidad presente en la población y de la efectividad del ambiente para que la selección permita revelar esas variaciones.

2.2.2. Eficiencia en el uso de nitrógeno (NUE). La NUE absorbido es de alrededor de 30-70 kg de grano por kg de N en los bajos niveles de N disponibles. Existe una estrecha correlación ($r > 0,9$) entre el rendimiento de grano y la absorción de N. La relación entre la absorción de N y el rendimiento de grano, no es lineal, sino más bien un curva de rendimientos decrecientes a insumos nitrogenados adicionales. Así NUE disminuye al aumentar la N de entrada.

- Otros factores de crecimiento (otros nutrientes, radiación, agua, el pH del suelo) puede limitar el crecimiento de los cultivos y NUE.
- La variación genética de NUE es grande. El estado verde después del llenado de grano o Stay- green, es un componente importante en la NUE, indica como una determinada cantidad de N en las hojas puede ser utilizado para la fotosíntesis y asimilación del CO₂ durante un tiempo más largo que en una planta donde se produce la senescencia de hojas anteriores. (Bänzinger, et al ; 2000)

2.3 Influencia del estrés de N sobre la fotosíntesis de cultivos

(Garcés et al, 1996; Muchow, 1988; Muchow y Davis, 1988; A. Gallais¹ y Hirel, 2004; Bänzinger et al b; 2000) afirma que el estrés de N en la planta de maíz reduce la fotosíntesis de cultivo mediante la reducción de área foliar y el desarrollo de hojas y la aceleración de la senescencia de hojas. En alrededor del 50% de todas las hojas el N participa directamente en la fotosíntesis, ya sea como enzimas o como la clorofila. Los Light-saturados fotosintéticos muestran una fuerte dependencia del contenido de N de la hoja del ($r > 0.75$), resultando en una relación curvilínea entre RUE (eficiencia de aprovechamiento de la radiación solar) y el contenido de N en la hoja; que muestra una saturación de maíz en torno a un 2% el contenido de N en hoja. Cuando el N es escaso, el N de los tejidos de más edad (hojas, tallos) es reasignado a los tejidos jóvenes (hojas, granos), dando lugar a principios de la senescencia de los tejidos de más mayor edad. Habiendo un incremento en la traslado del N para el llenado de grano y disminución de la concentración del N en todas las partes.

(Bänzinger, et al c; 2000) De la influencia en el desarrollo reproductivo relativamente poco se conoce acerca de los efectos del estrés N. La iniciación y el desarrollo de estructuras reproductivas ocurren en fases distintas, cada una de las cuales puede ser afectada por el estrés de N. El número potencial núcleo de óvulos se ha establecido a principios del desarrollo de la planta. El número de fila es fijado por la mayoría de plantas tropicales de maíz a 12-14 hojas visibles y el número de núcleos por fila por el momento 16-18 hojas visibles. El número de óvulos que, en última instancia se convierten en núcleos

maduros es afectado por el aborto en las dos semanas de floración (bracketing). Pero el retraso de la caída de polen en silking (Flor Femenina) es relativamente más severo, es por ello que en ASI (intervalo de floración) se haga mayor hincapié en virtud del N en floración. Al igual que ocurre con la sequía, la demora de caída de polen en silking esta correlacionada el aborto de núcleos.

En ausencia de genes mayores para estas características, el mejoramiento genético es difícil y requiere de algunas técnicas en el manejo de los ambientes de selección. La variación para las características del estrés se ha observado en poblaciones de maíz por selección recurrente así como en líneas e híbridos derivados de esas poblaciones (Vasal et al., 1996)

Existe un acuerdo generalizado de que la selección de rendimiento bajo condiciones de estrés es menos eficiente que sin estrés, principalmente porque la heredabilidad declina bajo condiciones de estrés, por lo que los mejoradores a menudo seleccionan en ambas condiciones. Los esfuerzos dirigidos a al mejoramiento del estrés en maíz son limitados, donde el CIMMYT, IITA y unos pocos programas nacionales de maíz están involucrados. (Blum, 1988)

El estrés para sequía es más 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).

III MATERIALES Y MÉTODO

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicada en periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe, en Torreón Coahuila México, durante el ciclo primavera - verano 2008. Como parte del programa de investigación cultivos básicos, del Departamento de Fitomejoramiento.

3.1 Localización geográfica del sitio experimental

La Comarca Lagunera se localiza en los $24^{\circ}30'$ y 27° de latitud norte y entre los 102° y 104° de longitud oeste, a una altura de 1,120 msnm. Su clima se clasifica como muy seco con deficiencia de lluvias en todas sus estaciones, además cuenta con temperaturas semicalidas con inviernos benignos.

3.2 Material genético

El material genético utilizado en el experimento fueron 6 líneas sobresalientes del programa de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL.), tres líneas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y tres líneas del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La descripción de las líneas es la siguiente (Antuna et al. 2003, de la Cruz et al. 2003):

Cuadro 3.2.1 Genealogía de material genético utilizado como progenitores.

	Líneas	Descripción
L 1	L - AN 123R	Línea de alta endogamia formada de la var. Criolla del Mpio. De Concepción Jal., con precocidad y tolerancia a sequía
L2	L - AN 447	Línea de 8 autofecundaciones , derivada del híbrido AN 447 con características de amplia aceptabilidad
L3	L - AN 360	Línea obtenida de la población enana denominada Pancho villa, vigorosa con hojas anchas.
L4	L - AN 130	Proviene de la f4 del H-507, cruzada con la población del Bajío denominada Celaya 2
L5	L - AN 123	Línea obtenida de forma divergente y contrastada de la var., criolla de Jal. De hojas pálidas y onduladas
L6	L - AN 388R	Línea enana, con hojas anchas y suculentas generadas a partir de de la f3 del híbrido AN 388
L7	L - AN B32	Identificada con la genealogía H-353-245-6-10
L8	L - AN B39	Su origen proviene del INIFAP B-39
L9	L - AN B40	Su origen es formación en INIFAP B-40
L10	CML - 319	RecyW89(CrArg/CIM.ShPNPH)6-3-2-4-B-B
L11	CML - 380	
L12	CML - 384	

3.3 Manejo agronómico

En el lote donde se estableció el experimento se sembró con trigo en el mes de enero del 2008, a fin de causar un efecto de blanqueo, a la salida de este cultivo se hizo un muestreo en estratos de 0-30 y 30-60 cm par ver los niveles de N en el suelo; ver apéndice los resultados del análisis

La preparación del terreno para el experimento se llevo a cabo el 16 de abril del 2008 consistió en: un barbecho, seguido del bordeado o cuadro, pase de rastra y nivelación en las melgas; posteriormente el riego de aniego. Para el día 25 de abril, con el suelo a tierra venida se dio nuevamente otro pase de rastra y rodadilla a fin de roturar la costra dura que queda después del riego.

3.3.1 Fecha de siembra

La siembra se hizo el 26 de abril del 2008; fue con maquina a la cual se le retiraron las tolvas de las sembradoras, dejando solo las mangueras que conducen a la semillas al cincel de siembra, de esta forma fueron depositadas 54 semillas a lo largo de 4 m., y espaciadas a .75 m., entre surcos.

3.3.2 Aclareo

Se hizo a los 22 días después de la siembra (dds). Fue una práctica realizada en el experimento a fin de dejar la densidad de poblacion requerida para el experimento: 18 plantas por 4 m de largo: 60604 plantas ha⁻¹.

3.3.3 Fertilización

Se aplicaron al momento de la siembra 40 unidades de nitrógeno, 162 de fosforo y 0 de potasio, a todo el experimento, posteriormente se hicieron otras tres aplicaciones de nitrógeno de 40 unidades ha⁻¹ solo aquellos bloques a los que se les aplicarían los 160 unidades ha⁻¹. A los 30, 50 y 71 (dds).

3.3.4 Riegos

Para el crecimiento y desarrollo del cultivo se realizaron 5 riegos distribuidos de la siguiente manera: aniego o riego de presiembra 9 días antes de la siembra, primer auxilio 30 días después de la siembra (dds), segundo auxilio 50 (dds), tercer auxilio 71(dds) y el cuarto auxilio 97 (dds) dichos riegos fueron al de alrededor de 15 cm., de lamina de riego.

3.3.5 Control de plagas y maleza

Las principales plagas que afectaron al cultivo en etapas de desarrollo fueron el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) al cual se le aplico para su control Corpirifos etil 0.5 Lha^{-1} y Cipermetrina a $.05 \text{ L ha}^{-1}$. Además hubo ataque de pulga saltona (*Epitrix spp.*) misma que se combatió con Endosulfan a razón de 1.5 L ha^{-1} , estas aplicaciones se realizaron con bomba de mochila. El control de maleza se realizo en las primeras etapas de cultivo de manera química con la aplicación de 2,4D amina, para el control principalmente de maleza de hoja ancha quelite y correhuela (*Amaranthus sp* y *Convolvulus arvensis*) a razón de 1 Lha^{-1} ; en etapas más avanzadas del cultivo el control de la hierba se llevo a cabo mediante escardillas manuales.

3.3.7 Cosecha

Esta se realizo a partir del 14 de septiembre esta consistió en recolectar las mazorcas de cinco plantas con competencia completa de cada unidad experimental.

3.4 Diseño y parcela experimental

Se diseñaron dos niveles de nitrógeno, con una dosis de 40 y 160 Kg ha⁻¹. Bajo un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones. La parcela mayor se asignó a los niveles de nitrógeno en tanto a las subparcelas, las líneas. El tamaño de las parcelas fue de tres surcos de 4m, de largo y 0.75 m, entre surcos. La parcela útil fue el surco central.

3.5 Variables agronómicas evaluadas

Las variables evaluadas fueron: floración masculina (FM), floración femenina (FF), intervalo de floración (IF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), rendimiento de mazorca (RMZ), diámetro de la mazorca (DM), diámetro del olote (DO), número de hileras (NH), granos por hilera (GH), peso del olote (PO), rendimiento del grano (RG), clorofila en la hoja, mediante el Spad 502 y, proteína en el grano determinado con el Micro Kejendahl.

3.6 Análisis estadístico

Se realizó con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 2008).

El diseño utilizado en este experimento fue en bloques al azar con un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + R_k + (RD)_{ki} + L_j + (DL)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

μ = media general

D_i = efecto de la i dosis

L_j = efecto de la j línea

R_k = efecto de la K repetición

$(RD)_{ki}$ = efecto de la k repetición en la i dosis

$(DL)_{ij}$ = efecto de la i dosis en la j línea

ε_{ijk} = error experimental de la parcela observada

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de varianza

En el cuadro 4.1.1 se presenta los cuadrados medios del análisis de varianza para 11 características evaluadas en doce líneas bajo dos niveles de nitrógeno, en el cual se muestran diferencias estadísticas significativas (<0.05) para la fuente de variación dosis de nitrógeno (Nit) en la variable DM., el resto de las variables resultaron no significativa. La fuente de variación líneas (Lin) todas las variables fueron altamente significativas ($p<0.01$). En tanto la interacción dosis por nitrógeno las variables: FM, FF, AP, AM, DM, NH, DO., mostraron diferencias no significativas; sin embargo las variables RMZ, GH, RG., tuvieron diferencias estadísticas significativas, mientras que la variable LM fue altamente significativa. En lo referente al coeficiente de variación (CV) se puede ver que las variables con coeficientes más altos son: AM, RMZ, GH, y RG., con valores de 12.7, 19.7, 16 y 22.5 % respectivamente. El resto de las variables presentan valores desde 2.3 hasta 10%. Para la fuente de variación dosis de nitrógeno, los dos niveles trabajados 40 y 160 unidades de nitrógeno no permitieron diferenciar para la mayoría de las características evaluadas a excepción del DM. Todo esto indicando que las 40 unidades fueron suficientes para producir un efecto igual que el nivel de 160 unidades. En fuente de variación líneas los resultados observados se pueden explicar por las diferencias intrínsecas del Origen genético de cada una de las líneas. Así mismo en la fuente dosis de nitrógeno por línea, las diferencias estadísticas significativas en: RMZ, LM, RG., y la altamente significativa en la variable LM., una vez más ratifican la variabilidad genética de las líneas y con ello su capacidad para responder de manera distinta a los niveles diferentes de nitrógeno.

Cuadro 4.1.1 cuadrados medios del análisis de varianza de once características agronómicas de maíz. UAAAN- UL. Torreón Coahuila 2008.

	Rep	Nit	Rep* Nit	Lin	Nit * Lin	Error			
FV†									
GL	2	1	2	11	11	44	CV (%)	Media	
FM	0.87	1.38	0.84	120 **	3.8	3.5	2.31	80.25	
FF	7.04	0.34	2.51	116 **	4.4	4.2	2.45	83.45	
AP	0.03	0.001	0.03	0.28 **	0	0	8.6	1.5	
AM	0		0.02	0.18 **	0	0	12.7	0.72	
RMZ	1.3	0.007	0.67	39.2 **	3 *	1.5	19.7	6.16	
LM	2.86	8.75	3.76	23.8 **	6.1 **	2.4	10.1	15.27	
DM	0.01	0.59 *	0.12	1.73 **	0.1	0.1	8.71	3.69	
NH	0.26	0.52	3.18	31.7 **	3.2	1.8	9.9	13.37	
GH	31	1.93	47.7	188 **	32 *	15	16	24.18	
DO	0.02	0.03	1E-04	0.83 **	0.1	0	8.34	2.45	
RG	0.8	0.03	1.21	29.6 **	2.7 *	1.1	22.5	4.74	

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, ns= no significativo. FM= floración masculina, FF = floración femenina, AP= altura de planta, AM = altura de mazorca, RMZ = rendimiento de mazorca, LM = longitud de mazorca, DM = diámetro de mazorca, NH = numero de hileras, GH = granos por hilera, DO = diámetro de olote, RG = rendimiento de maíz grano.

En el cuadro 4.2.1 se expone la comparación de medias de los dos niveles de nitrógeno; 40 y 160 unidades de nitrógeno, mismas que resultaron no significativas, cabe resaltar que esta fuente de variación guardaba gran importancia para este experimento ya que de haber diferido estos dos niveles propuestos, se esperaba que en el nivel de 40 unidades de nitrógeno las líneas evaluadas mostraran ciertos efectos ligados al estrés por baja dosis de nitrógeno tales como: problemas en la floración masculina y femenina (mayor intervalo de floración) , una menor altura de planta, senescencia prematura en hojas inferiores. Esto de acuerdo a los estudios reportados por: (Garcés et al, 1996; Muchow, 1988; Muchow y Davis, 1988; A. Gallais¹ y Hirel, 2004; Bänzinger et al b ; 2000). Dichas respuestas morfológicas y fisiológicas serían

de gran ayuda para la identificación de líneas sobresalientes (tolerantes a al estrés relacionado con la baja dosis de N).

Cuadro 4.2.1 comparación de medias para los dos niveles de nitrógeno trabajados en las 12 líneas de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.

variables	160 unidades de nitrógeno	40 unidades de nitrógeno	tukey
FM	80.11	80.39	0.88
FF	83.53	83.39	0.97
AP	1.50	1.51	0.06
AM	0.72	0.73	0.04
RMZ	6.17	6.15	0.58
LM	14.93	15.62	0.73
DM	3.60 b	3.78 a	0.15
NH	13.46	13.29	0.63
GH	24.35	24.02	1.84
DO	2.43	2.48	0.10
RG	4.72	4.77	0.51

. FM= floración masculina, FF = floración femenina, AP= altura de planta, AM = altura de mazorca, RMZ = rendimiento de mazorca, LM = longitud de mazorca, DM = diámetro de mazorca, NH = numero de hileras, GH = granos por hilera, DO = diámetro de olote, RG = rendimiento de maíz grano.

4.3 comparación de medias para 12 líneas de características evaluadas

En el cuadro 4.3.1 se presentan los valores medios estimados del comportamiento de las líneas evaluadas, para once características evaluadas. Se puede apreciar que las cinco líneas más tardías para floración masculina (FM), son: L12, L7, L2, L10, L6., con: 86.5, 86.17, 85.83, 83.5 y 83.33., las cinco más precoces: L1, L9, L11, L3, L4, con 74.83, 75.83, 77, 77.5, 78.17., en la floración femenina (FF) las líneas más tardías fueron L7, L2, L12, L6, L10., las más precoces : L1, L11, L4, L9, L5., observándose que tanto en la floración masculina como en la femenina, las líneas precoces y tardías fueron las mismas variando solo el orden en su retraso como en su precocidad. Para

altura de planta (AP) la línea con mayor altura fue la L9 y para la menor L1. En cuanto a la altura de mazorca (AM) la tuvo la L7 y en contra parte la de menor L1. En rendimiento de mazorca (RMZ), la L11 fue la de mayor peso con 12.8 ton/ha, le siguen: L12, L4, L10 con rendimientos de 7.28, 7.27, 6.44., respectivamente. Los componentes de rendimiento; longitud de la mazorca (LM) las líneas más sobresalientes: L6, L11, L10, con longitudes de: 18.52, 16.98, 16.84., cm. (DM) diámetro de la mazorca las tres líneas más sobresalientes: L11, L3, L4., con diámetros de: 4.75, 4.48, 4.06., cm. (NH) numero de hileras en la mazorca las mejores tres líneas: L1, L11, L5., con 16.23, 14.75, 14.65., hileras por mazorca. En diámetro del olote las líneas con mayor diámetro en cm., son: L11, L4, L6., con 2.94, 2.74, 2.68 finalmente las mejores líneas en cuestión de rendimiento de maíz grano son: L11, L4, L6 con rendimientos de 10.54, 6.03, 5.47., Ton/ha en contraste las tres de menor rendimiento: L7, L1, L2 con rendimientos de 1.55, 2.81, 3.04., Ton/ha respectivamente.

Cuadro 4.3.1 Comportamiento promedio de 11 características agronómicas evaluadas de 12 líneas élite de maíz para grano. UAAAN. Torreón, Coahuila. 2008.

	FM	FF	AP	AM	RMZ	LM	DM	NH	GH	DO	RG
<i>línea</i>	días	días	m	m	Ton/ha	cm	cm			cm	Ton/ha
1	74.83	78.17	1.03	0.38	3.93	14.11	3.69	16.23	21.66	2.57	2.81
2	85.83	89.17	1.64	0.76	5.03	16.82	3.43	14.62	25.38	2.52	3.04
3	77.0	81.33	1.35	0.69	5.91	13.64	4.48	16.28	22.49	3.13	4.00
4	77.5	79.5	1.38	0.66	7.24	13.95	4.06	13.24	26.62	2.74	6.03
5	78.17	81.17	1.35	0.67	5.36	15.72	3.61	14.65	29.2	2.34	4.41
6	83.33	85.17	1.61	0.77	7.27	18.52	3.89	13.81	31.41	2.68	5.47
7	86.17	92	1.68	1.03	2.26	14.34	2.81	7.98	12.26	1.95	1.55
8	78.5	82.67	1.46	0.65	5.33	11.2	3.55	13.2	19.15	2.27	4.4
9	75.83	81	1.8	0.94	5.07	14.62	3.3	12.6	23.42	2.1	4.07
10	83.5	85.33	1.4	0.52	6.44	16.84	3.27	11.44	24.95	1.97	5.27
11	75.83	78.5	1.79	0.86	12.8	16.98	4.75	14.75	32.71	2.94	10.51
12	86.5	87.5	1.55	0.79	7.28	16.53	3.45	11.71	21.0	2.27	5.4
media	80.25	83.46	1.5	0.73	6.16	15.27	3.69	13.37	24.19	2.45	4.75
tukey	3.7	4.1	0.26	0.2	2.42	3.07	0.6	2.64	7.72	0.4	2.13

FM= floración masculina, FF = floración femenina, AP= altura de planta, AM = altura de mazorca, RMZ = rendimiento de mazorca, LM = longitud de mazorca, DM = diámetro de mazorca, NH = numero de hileras, GH = granos por hilera, DO = diámetro de olote, RG = rendimiento de maíz grano.

4.4 Correlaciones de los componentes del rendimiento y características morfológicas

En el cuadro 4.4.1 se muestran las correlaciones entre las variables evaluadas; encontrando que el rendimiento de grano (RG) guarda correlaciones altamente significativas ($p \leq 0.01$) con RMZ y GH, cabe mencionar que esta última variable citada, tiene que mucho que ver con el rendimiento, pues al incrementarse el número de granos por hilera esto se traduce en un mayor rendimiento, lo mismo que el diámetro de mazorca (DM) cuya correlación con el rendimiento resulto significativa ($p \leq 0.05$). La longitud de la

mazorca (LM) y la correlación significativa ($p \leq 0.05$) con el número de granos por hilera; es lógico pensar que al haber más longitud en una mazorca, también hay más granos en sus hileras. El diámetro de mazorca tuvo correlaciones altamente significativas con el número de hileras (NH), diámetro del olote (DO) y significativas ($p \leq 0.05$) con GH, significativas pero negativas con la floración masculina (FM) y femenina (FF), esto es claro pues al haber un desfase entre ambos acontecimientos no son fecundados los núcleos y por tanto no hay grano que pueda traducirse en un mayor diámetro. En lo que resta a las variables floración masculina (FM) y altura de planta (AP) derivaron en correlaciones altamente significativas con sus homologas; (FF) floración femenina y altura de mazorca (AM).

Cuadro 4.4.1 correlaciones fenotípicas de once variables agronómicas evaluadas

Variable	RG	RMZ	LM	DM	NH	GH	DO	FM	FF	AP	AM
RG	1	0.99**	0.36	0.71*	0.24	0.72**	0.45	-0.3	-0.48	0.31	0.05
RMZ		1	0.43	0.75**	0.3	0.74**	0.53	-0.24	-0.42	0.32	0.06
LM			1	0.08	-0.01	0.6*	0.06	0.44	0.26	0.34	0.15
DM				1	0.71**	0.64*	0.93**	-0.57*	-0.68*	-0.08	-0.17
NH					1	0.56	0.76**	-0.62*	-0.69**	-0.43	-0.54
GH						1	0.52	-0.3	-0.5**	0.1	-0.16
DO							1	-0.45	-0.53	-0.16	-0.18
FM								1	0.95**	0.31	0.32
FF									1	0.38	0.46
AP										1	0.89**
AM											1

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, ns= no significativo. FM= floración masculina, FF = floración femenina, AP= altura de planta, AM = altura de mazorca, RMZ = rendimiento de mazorca, LM = longitud de mazorca, DM = diámetro de mazorca, NH = numero de hileras, GH = granos por hilera, DO = diámetro de olote, RG = rendimiento de maíz grano.

4.5 Análisis estadístico de las lecturas spad

En el cuadro 4.5.1 se presentan los cuadrados medios del análisis estadístico de las lecturas spad, tomadas en las doce líneas de maíz a diferentes días después de la siembra. En él se halla diferencias estadísticas significativas (<0.05) para la fuente de variación dosis de nitrógeno (Nit) solo para la variable Spad-1 (55 dds), en el resto de las fechas de lecturas (61, 77, 88 dds) resultaron no significativas. La fuente de variación líneas (Lin) todas las variables fueron altamente significativas ($p<0.01$). La interacción dosis de nitrógeno por líneas (Nit * Lin) resulto no significativa para ninguna de las fechas de lecturas Spad tomada

Cuadro 4.5.1 Cuadrados medios del análisis de varianza para las mediciones SPAD tomadas en las doce líneas a distintos días después de la siembra. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.

FV† GL	Rep 2	Nit 1	Rep* Nit 2	Lin 11	Nit * Lin 11	Error 44	CV(%)	Media
spad 1	34.5	53.7 *	6.7	185.8 **	15.9	12.9	8.7	41.5
spad 2	14.7	9.0	16.9	231.6 **	15.7	12.8	7.9	45.3
spad 3	1.6	7.3	26.0	202.1 **	20.0	10.9	6.9	47.7
spad 4	32.0	49.2	0.9	175.0 **	12.6	14.8	7.8	49.0
spad 5	15.1	0.0	37.2	940.3 **	249.5	26.3	10.6	48.3

*, **, Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$ respectivamente, ns= no significativo., spad 1= lectura tomada a los 55 (dds) días después de la siembra, spad 2= lectura tomada a los 61 (dds), spad 3= lectura tomada a los 70 (dds), spad 4= lectura tomada a los (dds), spad 5= lectura tomada a los 55 (dds).

4.6. Comparación de lecturas medias de unidades Spad para los dos niveles de nitrógeno trabajados en las 12 líneas de maíz evaluadas.

En el cuadro 4.6.1, se pueden observar los valores promedio de las lecturas spad, bajo los dos niveles de nitrógeno: 40 unidades y 160 unidades, solo en la primera fecha de lecturas spad tomada a los 55 dds, hay diferencias estadísticamente significativas: las lecturas del nivel de 40 unidades de nitrógeno son ligeramente superiores a las del nivel de 160 unidades. El resto de las fechas en los dos niveles son estadísticamente iguales.

Cuadro 4.6.1. Comparación lecturas medias spad para los dos niveles de nitrógeno trabajados en las 12 líneas de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.

Muestra (dds)	Unidades SPAD		Tukey
	40 N	160 N	
55	42.4	40.6	1.7
61	45.6	44.9	1.7
spad 70 (dds)	47.3	48.0	1.6
spad 81 (dds)	48.2	49.8	1.8
spad 88 (dds)	48.3	48.4	2.4

(dds) días después de la siembra

4.7 Valores spad medios tomados a distintos días después de la siembra (dds) en las doce líneas de maíz evaluadas

En el cuadro 4.7.1 aparecen los valores promedio de las lecturas Spad tomadas en las doce líneas de maíz en distintos días después de la siembra. En la primera fecha (55 dds) las tres líneas que mostraron mayores lecturas fueron: L7, L11, L3 con valores de 49.8, 48.7, 48.3 respectivamente. En la

segunda toma de datos (61dds) las cuatro líneas más sobresalientes: L7, L11, L6, L3. En la tercer toma de datos, las tres lecturas más altas se tuvieron en las líneas: L11, L7, L6. En la curta toma (80 dds) fueron 5 las líneas sobresalientes: L7, L11, L6, L12, L3; con valores de 56.3, 55.7, 55.3, 54.9, 50.8, para la ultima toma de datos 10 de las doce líneas evaluadas se mostraron estadísticamente iguales; solo la L9 y L2 resultaron distintas, con un valores spad de 43.3 y 41.4.

Cuadro 4.7.1. Valores medios en unidades spad en cinco fechas en doce líneas de maíz evaluadas. UAAAN-UL. Torreón Coahuila. 2008.

Línea	55 dds	61 dds	70 dds	80 dds	88 dds
1	32.1	38.2	44.4	46.4	48.6
2	39.6	44.5	43.4	46.1	41.4
3	48.3	49.9	50.5	50.8	53.0
4	42.6	44.9	44.3	48.2	45.8
5	36.1	40.2	43.7	43.7	45.7
6	43.4	51.1	52.3	55.3	50.9
7	49.8	54.6	56.0	56.3	49.9
8	40.1	38.6	41.8	42.8	46.9
9	35.1	36.7	42.2	41.4	43.3
10	39.5	43.5	43.9	46.7	50.0
11	48.7	54.2	59.0	55.7	51.7
12	42.8	47.2	50.5	54.9	53.1
tukey	7.16	7.12	6.57	7.65	10.21

(dds)= días después de la siembra

4.8 nitrógeno contenido en el rendimiento promedio de las líneas bajo 40 unidades de N

En el cuadro 4.8.1 se presentan las cantidades de nitrógeno extraído según el rendimiento promedio de las líneas evaluadas bajo la dosis de 40 unidades de nitrógeno cabe resaltar que las cantidades de N contenidas en el rendimiento promedio experimental rebasan la cantidad de nitrógeno aplicado; con ello queda confirmada la presencia de un remanente de N en el suelo

suficiente para la producción óptima de todas aquellas líneas demandantes de dosis superiores de a 40 unidades de N.

Cuadro 4.8.1 nitrógeno contenido en el rendimiento promedio de las líneas sometidas a la dosis de 40 unidades de N

Línea	Ton de grano ha⁻¹	Kg de N en el rendimiento
1	3.31	43.71
2	3.29	52.43
3	4.20	49.70
4	5.01	72.84
5	4.59	63.37
6	4.79	74.88
7	1.00	15.45
8	3.80	63.30
9	4.86	72.22
10	4.86	70.84
11	10.89	180.56
12	6.61	115.64

Coefficiente de correlación entre las dos variables 0.9884, probabilidad 0.0001

V CONCLUSIONES

- No hubo diferencias estadísticas en los dos niveles de nitrógeno propuestos.
- Las líneas resultaron altamente significativas $p \leq 0.01$ para todas las variables evaluadas.
- La interacción dosis de nitrógeno por líneas no mostro diferencias significativas para las variables morfológicas (FM, FF, AP, AM). En tanto para los componentes del rendimiento se encontraron diferencias altamente significativas al $p \leq 0.01$ en la variable (LM) y significativas al $p \leq 0.05$ en GH y RG.
- En la comparación de líneas despierta interés la L11 seguida de la L4, L6 y L12 por su potencial de rendimiento.
- Existe correlación entre rendimiento de grano y las variables DM, GH y a su vez estas mismas variables con otros componentes del rendimiento (LM, NH y DO).
- Existe también correlación de las variables (DM, NH, y GH) con (FM y FF) pero de manera negativa.

- En el análisis estadístico del Spad; en la fuente de variación dosis de nitrógeno, solo en la primera fecha hubo diferencias estadísticas al $p \leq 0.05$.
- En la interacción dosis de nitrógeno por líneas en relación a las lecturas Spad no se observaron diferencias estadísticas
- Para la fuente variación líneas respecto a las diferentes fechas de lectura Spad se presentaron diferencias altamente significativas al $p \leq 0.01$ recobrando nuevamente el interés antes resaltado por las líneas: L11, L4, L6 y L12; por sus lecturas de clorofila constantes y superiores respecto a las demás líneas evaluadas.

VI RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicada en periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe, en Torreón Coahuila México, durante el ciclo primavera - verano 2008. Como parte del programa de investigación cultivos básicos, del Departamento de Fitomejoramiento. El objetivo de este experimento fue el de Identificar y seleccionar líneas con tolerancia a bajos niveles de nitrógeno. Utilizado en el experimento 6 líneas sobresalientes del programa de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL.), tres líneas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y tres líneas del Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Bajo un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones. La parcela mayor se asignó a los niveles de nitrógeno (40 y 160 unidades ha^{-1}) en tanto a las subparcelas, las líneas. El tamaño de las parcelas fue de tres surcos de 4m, de largo y 0.75 m, entre surcos. la parcela útil fue el surco central. Las variables evaluadas fueron: floración masculina (FM), floración femenina (FF), intervalo de floración (IF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), rendimiento de mazorca (RMZ), diámetro de la mazorca (DM), diámetro del olote (DO), número de hileras (NH), granos por hilera (GH), peso del olote (PO), rendimiento del grano (RG), clorofila en la hoja, mediante el uso del Spad 502 y, proteína en el grano determinado con el Micro Kejendahl. Posteriormente realizó el análisis estadístico para las once variables agronómicas y las lecturas Spad, con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 2008). A fin de observar el efecto de los niveles de nitrógeno sobre las variables analizadas y con ello poder discriminar aquellos genotipos tolerantes al estrés ocasionado por la baja dosis de nitrógeno. Palabras claves: selección, líneas, requerimientos, niveles, nitrógeno.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Bänzinger M, G .O. Emedades, D. Beck, and M. Bellon. 2000 a. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in maize. CIMMYT. México. p 19, 20
- Bänzinger M, G .O. Emedades, D. Beck, and M. Bellon. 2000 b. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in maize. CIMMYT. México. p 20
- Bänziger, M. & Lafitte, H.R. 1997b. Breeding tropical maize for low N environments. II. The value of secondary traits for improving selection gains under low N. Crop Sci. (submitted).
- Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Brewbaker, J. L. 1985. The tropical environment for maize cultivation. p47-77. In A. Brandolini and F. Salamini (Eds) Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. FAO, Rome.
- Cabrera E., M. Nuñez y F. San Vicente . 1996. Caracterización fisiológica de cultivares tropicales de maíz en Venezuela. Symposium on Developing Drought and low N tolerant maize CIMMYT. México. P. 249

Castellanos. J. Z, Uvalle – Bueno. X. J, Aguilar – Santelises. A. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. Segunda edición.

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.

Dhiel .R, Box. J. M y Terrón, P. 1982 Fitotecnia General. Primera edición. Editorial Mundiprensa. p 366

Eastmond A. y M. L. Robert. 1992 .Biotecnología y Agroecológica paradigmas opuestos. Agro-ciencias 3: 7-22

FAO. 1990. Fertilizer Yearbook. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

Gallais, A. and B. Hirel. 2004. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. Jour. Of Exp. Botany. 55: 295-396.

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 drought and low N-

tolerance maize.. Proceedings of a symposium, CIMMYT, El Batán, México.

Gardner , F.P., R.B Pearce and R.L Mitchell . 1994. Physiology of crop plant. Iowa State University Press, Ames low. Third printing. P. 327

Hallauer, A. R. And S. A. Eberhart. 1976. Reciprocal Full-sib selection. Crop Sci. 10: 315-316

Lafitte, H. R. and G. O. Edmeades. 1987. Crop physiology and maize improvement. Maize Program, CIMMYT. El Batán, México.

Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. 2007. Primera edición. Editorial Limusa, S.A de C.V Grupo Noriega editores. P. 89, 90

Mengel , K. and E.A. Kirkby . 1987 Principles of plant nutrition. International Pot ash Institute. P.O. box CH-3048 worblaufen-Beren/Switzerland. 4th. Edition. P. 687

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.

Ripusudan L. Paliwal, Gonzalo Granados, Honor Renée Lafitte y Alejandro D. Violic, Jean Pierre Marathée. 2001. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción.* Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

Vasal, S. K., H. Córdoba O., D. L. Beck and G.O. Edmeades. 1996. Choice among breeding procedures and strategies for developing stress tolerant maize germoplasm. In G.O Edmeades, M. Banziger, H. R. Mickelson and Peña-Valdivia (Eds.) *Developing drought and low N-tolerance maize..* Proceedings of a symposium, CIMMYT, El Batán, México.

VII APÉNDICE

parámetro	0 - 30 cm	30 - 60 cm	optimo
textura	franco arc limosa	franco arc limosa	
pH	8.44	8.5	7
conduc elec mS/cm	3.37	1.79	< 4.0
cap.inter. Cat meq/100	14	14	> 25
Materia orgánica	1.5	1.027	3--6
nitrógeno total %	0.112	0.056	0.15 - 0.25
fosforo ppm	12.73	11.26	> 11

Análisis del suelo de la parcela experimental

Ecuación para la determinación de nitrógeno, a partir de los datos generados a de la titulación de las muestras de maíz grano procesadas bajo la técnica micro Kjeldahl.

$$N\% = \frac{(\text{vol de la muestra} - \text{vol blanco}) N \text{ ácido} \times 14}{\text{peso de la muestra} \times 10}$$

Donde:

Vol., muestra = volumen de H₂SO₄ para titular la muestra (ml)

Vol., blanco de H₂SO₄ para titular el blanco (ml)

N = normalidad exacta del H₂SO₄