

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

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO EN MAÍZ (*Zea mays*
L.) PARA PRODUCCIÓN DE GRANO EN LA COMARCA
LAGUNERA**

POR:

JONATHAN HERRERA REYES

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE DOSIS DE NITRÓGENO EN MAÍZ (*Zea mays* L.) PARA
PRODUCCIÓN DE GRANO EN LA COMARCA LAGUNERA

TESIS DEL C. JONATHAN HERRERA REYES ELABORADA BAJO LA
SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADO
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR:

ASESOR PRINCIPAL:

DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR:

DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

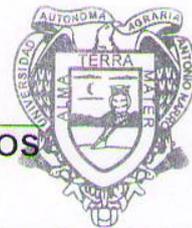
ASESOR:

DR. MARIO GARCÍA CARRILLO

ASESOR:

ING. RUBÉN LÓPEZ TOVAR

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



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. JONATHAN HERRERA REYES SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

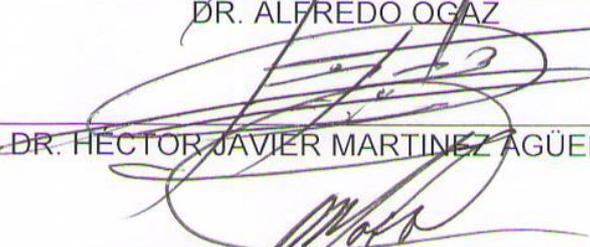
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:

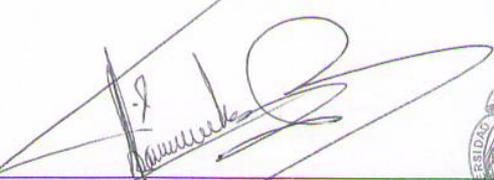

DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

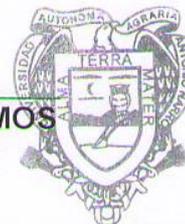
VOCAL:


DR. MARIO GARCÍA CARRILLO

VOCAL SUPLENTE:


ING. RUBÉN LÓPEZ TOVAR


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



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la vida, por guiarme y cuidarme siempre, por darme la oportunidad de terminar una carrera profesional, por poner personas y bendiciones en mi camino, que formaron parte de este gran logro pero sobre todo por darme salud, amor y fortalezas para seguir adelante. Gracias padre celestial.

A MI ALMA TERRA MATER

Por cobijarme y abrazarme en estos 4 años y medio por que en ti, viví mis momentos de tristeza y alegrías, pero sobre todo por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y crecer como ser humano y sobre todo profesionalmente, siempre pondré tu nombre en alto. Mil gracias.

Al Dr. Alfredo Ogaz.

Por su grata amistad, disponibilidad, dedicación, apoyo y experiencias compartidas para la realización de este proyecto, y por los consejos sabios que día tras día nos daba gracias Dr. Dios lo bendiga siempre.

A MIS ASESORES

Por el valioso apoyo recibido en el análisis de datos, revisión del documento y por compartir sus conocimientos para sacar adelante este proyecto de investigación,

AI INIFAP

Por permitir realizar mis prácticas profesionales donde recibí apoyo incondicional por parte de los investigadores y trabajadores que laboran en el CELALA, en especial a la M.C. Esmeralda Ochoa Martínez que me permitió trabajar en su proyecto de investigación.

A MIS PROFESORES

A todos aquellos que durante este largo camino que tome estuvieron presentes para que pudiera adquirir nuevos conocimientos y salir adelante, gracias por todo.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos, muchas gracias por estar conmigo en todo este tiempo donde he vivido momentos felices y tristes, gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevaré en mi corazón.

DEDICATORIAS

A DIOS.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A MIS PADRES

Tomás Félix Herrera Ortega y Paula Reyes Portado: por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida y me dieron la oportunidad de seguir estudiando sacrificándose por sacarnos siempre adelante, por confiar en mí y darme la oportunidad de realizarme profesionalmente; por ese apoyo incondicional y económico que me brindaron durante el transcurso de la carrera, gracias!, siempre estarán en mi mente y en mi vida para ellos con mucho amor y cariño, los amo nunca lo olviden y que dios los bendiga siempre.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS:

Porque de ellos aprendí a buscar nuevos rumbos, a conquistar nuevas aventuras, nuevos lugares que conocer, y en forma muy especial a Martha

Herrera R.; y Aurora Herrera R.; por sus orientaciones y consejos que me brindaron, por su cariño y comprensión.

A MIS SOBRINOS

Yahaira Citlali Alba H. y Axel Baruch Herrera R., ustedes, porque siempre nos alegran la vida. Para ustedes, con mucho cariño y amor, que dios me los cuide siempre, los amo mis niños.

A LAS FAMILIAS.

Samaniego Chávez y López Samaniego. Por los consejos sabios que me dieron día con día, pero sobre todo por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante el transcurso de mi carrera y mi estancia en la Cd. De Torreón, Coahuila. México y llegar a formar parte de sus familias al compartir experiencias buenas y malas junto a ellos. Que dios los bendiga siempre.

A todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

No es difícil llegar, se necesita ahínco, lucha y deseo, pero sobretodo apoyo como el que he recibido durante este tiempo. Ahora más que nunca se acredita mi cariño, admiración y respeto, por lo que hemos logrado, a todos ustedes ¡¡Gracias!!

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS	vi
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
Metas.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Importancia del maíz.....	4
2.2. Diversidad genética del maíz.....	6
2.3. Propiedades físicas del grano.....	7
2.4. Importancia del Nitrógeno para las plantas y problemática de este en el suelo.....	8
2.5. Ciclo del nitrógeno.....	11
2.6. Fijación.....	12
2.7. Nitrógeno en el suelo.....	14
2.8. Nitrógeno en el agua.....	15
2.9. Como reducir las pérdidas de nitrógeno durante la fertilización.....	16
2.10. Deficiencia del nitrógeno en la planta.....	17
2.11. Eficiencia del uso de nitrógeno.....	18
2.12. Exceso de nitrógeno en la planta.....	21
2.13. Riesgos de contaminación por nitrógeno.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Localización Del Sitio Experimental.....	23

3.2. Análisis de suelo	23
3.3. Análisis de agua.....	24
3.4 Manejo agronómico	24
3.4.1. Sistemas de riego.....	25
3.4.2. Control de plagas y enfermedades	25
3.4.3. Fertilización	25
3.4.4. Cosecha	25
3.7. Diseño experimental	26
3.8 variables evaluadas.	26
4.1.1. Altura de planta (AP)	31
4.1.2. Diámetro de tallo (DT)	32
4.1.3. Número de mazorca por planta (NMP)	32
4.1.4. Número de hojas por planta (NHP).....	33
4.2. Componentes de rendimiento por planta.....	33
4.2.1. Peso de mazorca por 10 plantas PM/PTS.....	35
4.2.2. Peso de grano por 10 plantas (PGRA/PTS)	35
4.2.3. Peso de olote por 10 plantas (PSOLOTE).....	35
4.2.4. Número de hileras por mazorca (NH/MRC).....	36
4.2.5. Número de grano por hilera (NG/H).....	36
4.3. Componentes de peso seco de planta.....	36
4.3.1. Peso total por 10 plantas.	38
4.3.2. Peso seco de hoja.	38
4.3.3. Peso de mazorca por 10 plantas.	38
4.3.4. Peso seco de tallo.	38
4.3.5. Índice de cosecha.....	38

4.4. Componentes de rendimiento por hectárea.....	39
4.4.1. Plantas por hectárea.....	40
4.4.2. Numero de mazorca por hectárea.	40
4.4.3. Peso de mazorca por hectárea.....	41
4.4.4. Rendimiento por hectárea.	41
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis químico del suelo de 0-30 cm. y 30-60 cm.....	29
Cuadro 2. Análisis de agua de riego empleada durante el desarrollo del cultivo de maíz.	30
Cuadro 3. Cuadro con medias de tratamiento de las características de crecimiento de la planta de maíz, bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.....	30
Cuadro 4. Cuadro de cuadrados medios de características de crecimiento de la planta de maíz, bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.	31
Cuadro 5. Cuadro de medias de componentes de rendimiento por planta de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.....	34
Cuadro 6. Cuadro de cuadrados medios de los componentes de rendimiento por planta de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.	34
Cuadro 7. Cuadro de medias de componentes de peso seco de diez plantas de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.....	37
Cuadro 8. Cuadro de cuadrados medios de los componentes de peso seco de planta de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.	37
Cuadro 9. Cuadro de medias de componentes de rendimiento por hectárea para el cultivo de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.	39
Cuadro 10. Cuadro de cuadrados medios de los componentes de rendimiento por hectárea para el cultivo de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.	40

RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar la respuesta de cuatro dosis de nitrógeno en el híbrido de maíz AN-77-185 X CML-506-41, para determinar cuál de estas cuatro dosis mostraba mejores rendimientos de maíz grano. Esto con el fin de de obtener la dosis optima para la producción de maíz grano. Las dosis utilizadas fueron 60, 120, 180 y 240 kg de nitrógeno por hectárea. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental consistió de cuatro surcos de diez metros de longitud y la parcela útil fueron los dos surcos centrales. Se evaluaron: Altura de planta; Diámetro de tallo, Número de mazorcas por planta, Numero de hojas por planta. Peso de mazorca por 10 plantas; Peso de grano por 10 plantas; Peso de olote por 10 plantas; Número de hileras por mazorca; Número de grano por hilera. Peso total por 10 plantas; Peso seco de hoja, Peso seco de tallo; Peso seco de 10 plantas; Índice de cosecha; Plantas por hectárea; Número de mazorca por hectárea; Peso de mazorca por hectárea; Rendimiento por hectárea. Los resultados no mostraron diferencia significativa en ninguna de sus variables evaluadas conforme la dosis de nitrógeno se observo tendencia a aumentar el índice de cosecha y el porcentaje de grano.

El tratamiento con la dosis regional de la comarca lagunera de 120 kg de nitrógeno por hectárea, obtuvo un rendimiento de 9.09 toneladas por hectárea y un índice de cosecha de 0.41, los cuales están dentro de un nivel aceptable de productividad en la Comarca Lagunera.

El híbrido de maíz AN-77-185 X CML-506-41; Evaluado es una opción adecuada para la producción de maíz grano.

Palabras clave: Maíz grano, Híbrido, Rendimiento, Dosis de nitrógeno, Características agronómicas.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción de maíz estimada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) con respecto al mes de enero del 2009 fue de 796.45 millones de toneladas, quedando abajo los 791,04 millones de enero del 2008, para febrero del 2010 se estimó una cantidad de 797.83 millones de toneladas (USDA, 2010).

México es el cuarto productor de maíz en el mundo, pero es un importante consumidor, lo que se cubre con la producción nacional de maíz blanco, sin embargo, se es deficitario en maíz amarillo, que tiene diversos usos, principalmente pecuario (SIAP, s/f)

Desde el punto de vista alimentario, económico y social, el maíz es el cultivo más importante de México. Durante el periodo 1996-2006 ocupó el 51% de la superficie sembrada y cosechada en promedio anual; generó el 7.4% del volumen de producción agrícola total, representando el 30% del valor total de la producción (SIAP, s/f)

En México en el 2006, la producción de maíz ascendió a 21.3 millones de toneladas, en tanto que la demanda fue de 26.2 millones de toneladas, por lo que se importaron alrededor de 5 millones de toneladas en ese año, se espera

que la producción del maíz en México en el 2010, obtendrá un incremento del 5.7 % (22.9 millones de toneladas) (CEFP, 2007).

En la Comarca Lagunera en el 2008 se sembraron 129 mil ha, de las cuales el 73% fueron ocupadas con cultivos forrajeros. El maíz para ensilaje es el segundo cultivo forrajero después de alfalfa y representa el 30% de la superficie cosechada con forrajes (SAGARPA, 2009).

El nitrógeno (N) es un elemento esencial para las plantas. Éste es constituyente de diversos compuestos químicos orgánicos como: proteínas, ácidos nucleicos, ciertas hormonas y también forma parte de la molécula de la clorofila (Bast, 2009) y en muchos casos este elemento puede ser el factor más limitante del crecimiento de los cultivos. El nitrógeno es un elemento importante para todo organismo, es el principal elemento que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y la producción óptima de los cultivos (Elizondo, 2006)

Químicamente hablando el nitrógeno del suelo se transforma de manera continua como resultado de las actividades de las plantas y los microorganismos (Zagal, s/f) y de las condiciones ambientales que prevalecen en este medio. La transformación del nitrógeno en el suelo se debe a los procesos de nitrificación, mineralización, asimilación, amonificación, inmovilización, desnitrificación, volatilización y la lixiviación.

La gran dinámica que presenta el nitrógeno en el suelo, ocasiona que mucho del nitrógeno aplicado en los fertilizantes, no sea aprovechado adecuadamente por los cultivos, ya que mucho de este se pierde en los procesos mencionados anteriormente. Lo anterior trae como consecuencia, la necesidad de generar tecnología, que nos permita hacer un mejor uso de este recurso. En este trabajo se evaluaron 3 dosis de nitrógeno, con el objeto de ver cual se ajusta mejor para una mayor producción de grano en la Comarca Lagunera.

Objetivos.

Determinar los efectos de cuatro diferentes dosis de nitrógeno 60,120,180 y 240 kg por hectárea, en relación al rendimiento y a la producción de grano en el genotipo AN-77-185 X CML-506-41.

Hipótesis.

Los niveles de fertilización nitrogenada afectan el rendimiento de grano del híbrido de maíz AN-77-185 X CML-506-41.

Metas

Disponer de una dosis del nitrógeno con la cual el híbrido AN-77-185 X CML-506-41 proporciona el mayor rendimiento de grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Importancia del maíz

La superficie destinada a la producción de maíz a nivel mundial ascendió a 159 millones de hectáreas para el año 2007, un 14 % mayor que en 1998. Estados Unidos representó el 22 % de la producción, seguido de China con 18 %, Brasil, India y México (5.1 %), abarcando estos países el 60 % del total, tendiendo a la alza en los últimos años (FAO, 2009).

El maíz (*Zea mays* L.) ha sido el cereal básico en la alimentación de grandes sectores de la población urbana y rural de México y de países Latinoamericanos. Gran parte de la diversidad genética del maíz se concentra en América, principalmente en México, donde se consume entre otros alimentos, en forma de tortilla, arepas, pinoles, atoles, tostadas, botanas, tamales y elotes. La elaboración de cada uno de esos productos requiere de granos con características de color, tamaño y dureza específica (Figuroa *et al.*, 2005).

De todos los cereales existentes, el maíz es el más importante del mundo, debido a que existe una tendencia creciente por la diversificación en su uso; ya que se utiliza para la alimentación humana y pecuaria (pollos y cerdos) así como uso industrial (producción de almidón, glucosa, dextrosa, fructosa,

aceites, botanas, etanol, etc.), además como para la elaboración de bebidas alcohólicas y otros productos utilizados como materia prima en las industrias minera, textil, electrónica. (SAGARPA – SIAP, 2007).

De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura (FAO, 2009), se produjeron a nivel mundial 791.8 millones de toneladas de maíz en el año 2007, (12 % mayor a las del año anterior). La evolución de la producción ha sido positiva; de 1998 a 2002 la producción fue estable, y a partir del 2003 se presentaron incrementos, que se reflejaron en el volumen cosechado (20 %). Éste se debió a la implementación de nuevas tecnologías que permitieron rendimientos mundiales mayores (1.4 %), ubicándose en 5 t ha^{-1} .

Durante el periodo de los años 1998-2007, los principales países productores de maíz fueron: Estados Unidos con 40 % del total, China con 20, Brasil 6, y México 3, continuando Argentina, Francia, India, Indonesia, Italia y Canadá (FAO, 2009).

La parte noreste de México aporta el 6.8 % (1789,662.7 t) de la producción de maíz, donde se encuentran incluidos los estados de Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León y Tamaulipas. En Coahuila con gran superficie territorial y con muy baja producción, sólo aporta cerca del 1 % (16,507 t) (SIAP - SIACON, 2009)

2.2. Diversidad genética del maíz

La mayor diversidad genética de maíz, se manifiesta en variación de caracteres morfológicos vegetativos, como de espiga, mazorca, grano, y en su composición química. Hay reportes de 436 razas en el continente americano de las cuales 50 se encuentran en México (Goodman y Brown, 1988).

La base genética del maíz, ha sido aplicada con los múltiples procesos de selección, adaptación y manejo; la variabilidad es el resultado de las combinaciones genéticas entre diversos tipos de maíces, así como la respuesta de la interacción genotipo por ambiente físico y biótico en el proceso evolutivo y de la selección utilizada por los agricultores. Un factor determinante de la diversidad es el manejo de los cultivos en los diferentes agroecosistemas y unidades de producción, en los que pueden variar las densidades de población, fechas de siembra, dosis y épocas de fertilización y riego, que interaccionan fuertemente con el genotipo (Turrent *et al.*, 2005).

En México, la mayor superficie sembrada con híbridos de maíz y variedades mejoradas se localiza en la Región del Pacífico (clima tropical), representada por Sinaloa y El Bajío (clima templado), en los estados de Jalisco, Guanajuato y Querétaro (SAGARPA – SIAP, 2007). La mayor parte de la producción proviene de híbridos, destinada principalmente a la industria, mientras que el grano proveniente de las variedades criollas se destina al autoconsumo.

2.3. Propiedades físicas del grano

La calidad del grano de maíz está relacionada tanto físicamente que determina la textura y dureza, como por su composición química, las que define su valor nutrimental y sus propiedades tecnológicas. La importancia relativa de éstas características resultará del destino de la producción (Aguirrezábal y Andrade, 1998). Los mercados son cada vez más exigentes y se interesan por el contenido de proteínas, aminoácidos, almidón, aceites y demás, y paulatinamente se reduce la tolerancia a sustancias contaminantes. Requieren granos sanos, limpios, tamaño uniforme, textura y color, cuyas características, están determinadas por factores genéticos y por condiciones de producción y manejo (Almeida y Rooney, 1996).

El manejo agronómico, en especial la nutrición, modifica la estructura y composición del grano. En cinco variedades cultivadas en un suelo arcilloso con pH de 5.2, materia orgánica de 5.1 g /kg y un contenido de nitrógeno de 0.54 g/ kg, se observó que, con la aplicación de nitrógeno al suelo en dosis de 30 a 60 kg/ha, los cultivares 8644-27 y TZPB-SR tuvieron mayor porcentaje de granos flotantes, que SPL y TZB-SR debido a un cambio en la proporción de endospermo harinoso (Oikeh *et al.*, 1998). Por otro lado, con dosis de cero, 90 y 180 kg de nitrógeno (N) ha⁻¹, el híbrido Funk 4023 mostró un incremento en el peso de 1000 granos con la dosis de 90 kg N/ha (Zhang *et al.*, 1993).

Los híbridos de maíz difieren en su requerimiento de nitrógeno para obtener su máximo rendimiento de grano, lo cuál afecta su textura. Al sembrar ocho híbridos de maíz con cero, 67, 134, 201, 268 y 402 kg de nitrógeno (N) ha⁻¹ durante tres años, los híbridos en condiciones deficientes de N produjeron granos menos translúcidos y más susceptibles al daño mecánico durante su procesamiento, que aquellos producidos con suficiente N (Tsai *et al.*, 1992). Asimismo, al cultivar 10 híbridos de maíz con 300 kg de N ha⁻¹ aumentaron los porcentajes de pericarpio y germen, además una disminución el índice de flotación del grano (Zepeda *et al.*, 2007).

2.4. Importancia del Nitrógeno para las plantas y problemática de este en el suelo.

El nitrógeno (N) es un elemento esencial para las plantas. Éste es constituyente de diversos compuestos químicos orgánicos como: proteínas, ácidos nucleicos, ciertas hormonas y también forma parte de la molécula de la clorofila (Bast, 2009) y en muchos casos este elemento puede ser el factor más limitante del crecimiento de los cultivos. El nitrógeno es un elemento importante para todo organismo, es el principal elemento que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y la producción óptima de los cultivos (Elizondo, 2006).

El nitrógeno es un elemento importante para todo organismo, es el principal elemento que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y la producción óptima de los cultivos (Elizondo, 2006)

Químicamente hablando el nitrógeno del suelo se transforma de manera continua como resultado de las actividades de las plantas y los microorganismos (Zagal, s/f) y de las condiciones ambientales que prevalecen en este medio. La transformación del nitrógeno en el suelo se debe a los procesos de nitrificación, mineralización, asimilación, amonificación, inmovilización, desnitrificación, volatilización y la lixiviación.

La mineralización es la conversión de nitrógeno orgánico a amonio (NH_4^+) a través de la actividad de microorganismos, bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, mientras que la inmovilización es la conversión de nitrógeno inorgánico (NH_4^+ y NO_3^-) a nitrógeno orgánico, ambos procesos ocurren simultáneamente en el suelo (Cabrera et al., 2005; Elizondo, 2006), la nitrificación es la conversión del amonio a nitrato, que es llevado a cabo principalmente por las bacterias quimioautotróficas del género *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* (Cabrera, 2007), la asimilación, es un proceso de utilización del NH_4^+ o NO_3^- para la síntesis celular y la amonificación se lleva a cabo cuando el nitrógeno orgánico es biológicamente liberado como NH_4^+ , durante la hidrolización de nucleótidos y proteínas, catabolizado por organismos heterótrofos (Sánchez y Sanabria, 2009), la desnitrificación consiste en la reducción de los iones nitratos (NO_3^-) a nitrógeno molecular gaseoso (N_2), y de iones amonio (NH_4^+) a amoníaco (NH_3), es llevado a cabo por algunos hongos y muchas bacterias y es raro observarlo en bacterias termofílicas (Mishima *et al.*, 2009), la volatilización, es un mecanismo de pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco (NH_3) que ocurre naturalmente en el suelo. Dadas las condiciones,

ocurre cuando hay un exceso de NH_3 en la solución del suelo, la volatilización es mayor en suelos con pH elevados y baja capacidad de intercambio catiónico (Elizondo, 2006) y la lixiviación es el movimiento del nitrógeno inorgánico hacia los horizontes más profundos del suelo y hacia el acuífero. Las pérdidas por este proceso ocurren, normalmente, en forma de nitrato ya que el amonio se encuentra inmovilizado, fijado, adsorbido o bien se ha transformado en nitrato por procesos de nitrificación.

Los suelos en zonas áridas son bajos en materia orgánica y nitrógeno disponible en forma natural, y por ende todos los cultivos requieren la aplicación de fertilizante en cantidad suficiente y oportuna ya sean orgánicos o sintéticos (Palomo *et al.*, 2007).

El mayor reservorio de N_2 (nitrógeno gaseoso), se encuentra en la atmósfera (78%) y debe ser fijado a una forma reactiva para su aprovechamiento en la biosfera. El nitrógeno es el constituyente esencial de los aminoácidos, nucleoproteínas y nucleótidos, es esencial para la división y expansión celular y por lo tanto para el crecimiento de las plantas (Francis *et al.*, 2007).

El nitrógeno es el principal nutriente que el suelo debe proporcionar para garantizar el crecimiento adecuado y la producción óptima de los cultivos, la producción de la mayoría de los cultivos es altamente dependiente de la disponibilidad de nitrógeno y de otros elementos en el suelo. Así la fertilización

nitrogenada es el componente más importante en el sistema de producción (Sánchez y Sanabria, 2009).

El uso de altas dosis de nitrógeno puede incrementar el rendimiento de materia seca y proteína cruda, pero también incrementa el riesgo por lixiviación de nitratos por debajo de la zona radicular del cultivo (Cueto *et al.*, 2006).

2.5. Ciclo del nitrógeno

En condiciones adecuadas de temperatura, aireación, humedad y pH del suelo, los organismos del suelo transforman la mayor parte del nitrógeno procedente de fertilizantes, residuos de cosecha y estiércol en nitrato, proceso conocido como nitrificación. Se pueden dar pérdidas de N, ya sea por lixiviación, verticalmente hacia capas más profundas; por volatilización, sobre todo el fertilizante se deja expuesto sobre el suelo y se tienen condiciones de humedad y altas temperaturas o este se fija el amonio a las partículas del suelo. 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 encuentra en forma de nitrato. Debido a que el nitrato (anión) 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 (catión), es fácilmente ligado a la superficie de las partículas del suelo (anión) (Ramírez, 2009).

El nitrógeno en el suelo se deriva originalmente del N_2 (nitrógeno atmosférico), por los microorganismos del suelo, sean de vida libre o asociadas simbióticamente fijan el N_2 formando nitrógeno orgánico, este nitrógeno pasa a formar parte de la materia orgánica del suelo, la característica principal del ciclo interno del nitrógeno es su transformación continua desde la fase orgánica a la fase inorgánica o mineral a través de los procesos de mineralización e inmovilización respectivamente, ambos procesos ocurren simultáneamente en el suelo (Zagal, s/f).

El ciclo del nitrógeno es particularmente dinámico y complejo es una serie continua de procesos naturales en los cuales el nitrógeno se transforma a distintos estados de oxidación y reducción: de nitrógeno molecular (N_2) a amoníaco (NH_3), luego a compuestos orgánicos carbono-nitrogenado, óxido de nitrógeno y finalmente a N_2 , el ciclo del nitrógeno tiene cinco etapas o fases, de las cuales sólo la asimilación no es realizada por bacterias, se observa el grado de complejidad y dinamismo que presenta el ciclo del nitrógeno (Elizondo, 2006).

2.6. Fijación

La fijación biológica del nitrógeno consiste en la incorporación del nitrógeno atmosférico, a las plantas, gracias a algunos microorganismos, principalmente bacterias y cianobacterias que se encuentran presentes en el suelo y en ambientes acuáticos (Delgadillo *et al.*, 2005).

La fijación es la utilización del N_2 (nitrógeno atmosférico) como fuente directa de nitrógeno para la síntesis celular, aproximadamente 250 Tg nitrógeno anuales son fijados por estos microorganismos en la tierra y el océano. En la búsqueda de disminuir la aplicación de fertilizantes, se han hecho nuevos descubrimientos en cuanto a géneros de bacterias fijadoras, ejemplo de esto son las bacterias ácido acéticas fijadoras de nitrógeno, descubiertas por primera vez en Brasil en 1988, otros géneros de la misma familia han sido descritos posteriormente, se encuentran presentes en el suelo y en ambientes acuáticos, convierten el nitrógeno gaseoso (N_2) en amoníaco (NH_3) o nitratos (NO_3^-) (Sánchez y Sanabria, 2009).

El proceso puede ser llevado a cabo por los microorganismos en vida libre o en simbiosis con plantas, y el mismo no solo permite usar el nitrógeno atmosférico sino también revertir o reducir la degradación del suelo (Mayz, 2004). El proceso de conversión del N_2 a NH_3 también se realiza industrialmente por el proceso de Haber-Bosch a partir del año 1910, consiste en la producción industrial de fertilizantes nitrogenados que se emplea un proceso en el cual se utilizan grandes cantidades de energía para romper el triple enlace covalente y hacer que los átomos de nitrógeno puedan reaccionar (Sierra *et al.*, 2000).

2.7. Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno en el suelo se encuentra en forma orgánica e inorgánica, con 95% o más del nitrógeno total presente en forma orgánica. El nitrógeno inorgánico está disponible para ser tomado por las plantas, mientras que el orgánico debe ser primero mineralizado (convertido a N inorgánico) antes de que las plantas lo puedan utilizar. La cantidad de N orgánico que se mineralizará el primer año, se puede estimar multiplicando el N orgánico por un factor de mineralización que oscila entre 0,25 y 0,35 (Elizondo, 2006).

La materia orgánica del suelo es un término utilizado para describir los materiales orgánicos en todas las etapas de descomposición, que en términos muy generales se puede dividir en dos categorías: la primera es un material relativamente estable llamado humus, que de alguna manera es resistente a una pronta descomposición. La segunda incluye aquellos materiales orgánicos que están sujetos a una pronta descomposición (WingChing y Rojas, 2006).

Las formas orgánicas de nitrógeno en el suelo se encuentran como proteínas, aminoácidos, amino azúcares y otros compuestos nitrogenados complejos, que deben mineralizarse para que las plantas los puedan utilizar (Elizondo, 2006).

Las formas inorgánicas de nitrógeno presentes en el suelo incluyen amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3), óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico

(NO) y nitrógeno elemental (N_2), el cuál es inerte, excepto para aquellos microorganismos fijadores de nitrógeno, desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, NH_4^+ y NO_3^- son los más importantes y son generados a partir de la descomposición de la materia orgánica del suelo o de la adición de fertilizantes nitrogenados. Estas tres formas representan entre 2 y 5% del nitrógeno total del suelo (Elizondo, 2006).

2.8. Nitrógeno en el agua.

El contaminante inorgánico más común identificado en agua subterránea es el nitrógeno disuelto en la forma de nitrato, debido a que es la forma más estable en que puede encontrarse este elemento y su presencia en concentraciones no deseables (mayor a 45 mg/L) es potencialmente peligrosa en los sistemas acuíferos, las formas iónicas (reactivas) de nitrógeno inorgánico más comunes en los ecosistemas acuáticos son el amonio (NH_4^+), el nitrito (NO_2^-) y el nitrato (NO_3^-) (Camargo y Alonso, 2007).

El exceso de nitrógeno en los estuarios de los océanos por ejemplo, aumenta el crecimiento de organismos acuáticos, al punto que ellos afectan la calidad del agua y disminuyen los niveles de oxígeno. Esto afecta el metabolismo y crecimiento de otras especies que requieren oxígeno, causando una condición conocida como hipoxia (menos de 2 mg/l de N disuelto) (Elizondo, 2006).

La contaminación del agua subterránea por nitratos (NO_3^-) es un problema extendido en muchos lugares del mundo impone una seria amenaza al abastecimiento de agua potable este problema obedece al impacto que tiene el excesivo uso de fuentes nitrogenadas en el sector agropecuario ya que no está regulada la aplicación y uso de fertilizantes minerales (inorgánicos), ni la fertilización proporcionada por estiércol y biosólidos (inorgánicos) (Muños *et al.*, 2004).

2.9. Como reducir las pérdidas de nitrógeno durante la fertilización

La eficiencia de recuperación de los elementos nutritivos depende de la forma y cantidad que se aplican y de la capacidad fisiológica de los cultivos. La recuperación por el cultivo de los fertilizantes nitrogenados es aproximadamente del 50%, la de los fosfatados es menos del 10% y los potásicos cerca de 40%, mientras que para los microelementos es del 5 al 10% en la agricultura convencional, representando en todos estos casos pérdidas económicas y daños potenciales al ambiente (Castro *et al.*, 2006).

En zonas vulnerables (con concentraciones de nitrato mayores de 50 mg/kg suelo y que contribuyan a la contaminación), se deben establecer programas de actuación que contemplen, entre otras medidas, la reducción en la aplicación de fertilizantes al terreno, manteniendo un equilibrio entre los requerimientos del cultivo y el nitrógeno disponible en el suelo. Los códigos de

buenas prácticas agrícolas, deben definir los distintos tipos de fertilizantes nitrogenados en cuanto a la forma en que se presenta el nitrógeno y su comportamiento en el suelo una vez aplicado (Espada, 2005).

El manejo del nitrógeno (N), no solo afecta el rendimiento, sino también el contenido proteico del grano y la variabilidad de situaciones de suelo, clima y manejos existentes justifican ajustar la dosis de nitrógeno en cada sitio. El momento óptimo de aplicación de nitrógeno es en los estadios de siembra (Otegui *et al.*, 2002).

2.10. Deficiencia del nitrógeno en la planta

La deficiencia de nitrógeno no es fácil de detectar en las etapas tempranas de crecimiento y los síntomas severos rara vez aparecen antes que la planta haya llegado a la altura de la rodilla. Existe escasez de nitrógeno si las plantas jóvenes tienen una apariencia verde amarillenta, en contraste con el verde intenso de las plantas saludables. Esto generalmente se puede corregir por medio de la aplicación de fertilizantes en cobertura. En momento que el maíz llega a la altura de la rodilla necesita aproximadamente 3.4 kg de nitrógeno por hectárea por día, es en esta etapa que muchos campos de maíz se quedan sin nitrógeno, el síntoma se inicia con una clorosis en las puntas de las hojas bajas que gradualmente se expande entre las nervaduras y que luego continua en las hojas más altas en la planta (Clostre y Suni, 2007).

Las plantas utilizan principalmente dos formas de nitrógeno: como nitrato (NO^-) y amonio (NH_4^+). Las plantas que contienen una cantidad de nitrógeno que limita su crecimiento muestran síntomas de deficiencia que consiste en clorosis general, especialmente en las hojas más basales (Pérez *et al.*, 2007). Las hojas inferiores presentan amarillamiento y clorosis, el crecimiento, la elongación celular y la síntesis de proteína se ven fuertemente disminuidas. En situaciones más agudas aparece manchones y marchitamiento en toda la planta (Coma y Allan, 2002). La deficiencia de nitrógeno en el suelo puede superarse mediante una eficiente fijación biológica de nitrógeno (FBN) que ocurre en nódulos de las leguminosas (Ferrari y Wall, 2004).

2.11. Eficiencia del uso de nitrógeno

El empleo de los fertilizantes nitrogenados se ha incrementado en las últimas décadas como consecuencia de la necesidad de mejorar la productividad de los cultivos para satisfacer los requerimientos alimenticios en la producción (Espinosa *et al.*, 2002). Debido a que el suelo no provee la cantidad de elementos nutritivos que necesita la planta para tener un buen desarrollo, es necesaria la aplicación de fertilizantes nitrogenados para aumentar el rendimiento de las plantas (Escalante *et al.*, 2007). El uso adecuado de los fertilizantes nitrogenados es importante para obtener una agricultura sustentable (Mulvaney *et al.*, 2009; SAGARPA, 2010). Los suelos en

zonas áridas son bajos en materia orgánica y nitrógeno disponible en forma natural, y por ende todos los cultivos requieren la aplicación de fertilizante en cantidad suficiente y oportuna ya sean orgánicos o sintéticos (Palomo et al., 2007).

El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso de producción que, en combinación con otros factores, fomenta el incremento en rendimiento y la calidad de las cosechas. Sin embargo, ante el incremento del precio de los fertilizantes y el efecto que se atribuye a su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente, es necesario hacer un uso cada vez más racional de los nutrimentos (Ramos *et al.*, 2002).

Un manejo adecuado de la nutrición de los cultivos, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, fomenta el incremento en rendimiento y la calidad de las cosechas, la eficiencia agronómica y la recuperación relativa del nitrógeno permiten conocer qué cantidad requieren los cultivos para alcanzar su máxima producción y qué porcentaje de ese elemento es absorbido por las plantas, esto depende del tipo de cultivo, características edafoclimáticas, así como las condiciones en que se desarrollen las plantas, la baja eficiencia de utilización de los fertilizantes nitrogenados (15 a 20%) se debe

fundamentalmente a pérdidas por procesos, como: volatilización, lixiviación y desnitrificación (Ramos *et al.*, 2002)

La eficiencia de uso del nitrógeno, medida como la ganancia en producción de grano por unidad de nutriente aplicado, debe buscarse en cultivo de alta productividad a través del uso de las buenas prácticas de manejo, el concepto de eficiencia de nitrógeno puede variar de acuerdo a las perspectiva de producción (Boaretto *et al.*, 2007).

Para optimizar el uso eficiente del fertilizante (FUE, por sus siglas en inglés) mediante el riego y prácticas de manejo del fertilizante es por lo tanto esencial minimizar el impacto ambiental de las operaciones de producción comercial. Sin embargo, mejorar el FUE requiere comprender las interacciones entre el método y fecha de aplicación del fertilizante con los cambios estacionales en la demanda del N del cultivo (Zotarelli *et al.*, 2008).

La eficiencia agronómica y la recuperación relativa del N, permiten conocer con qué cantidad de N el cultivo alcanza su máxima producción y el porcentaje de éste que es utilizado por las plantas (Ramos *et al.*, 2002). El método de balance de N permite diagnosticar las necesidades de fertilización (Benintende *et al.*, 2007).

2.12. Exceso de nitrógeno en la planta

Coma y Allan (2002), mencionan los daños por exceso de nitrógeno en la planta, son los siguientes:

- Produce un crecimiento exagerado y color verde intenso.
- Se forman plantas débiles con tejidos tiernos, por tanto, más propensas a las plagas y enfermedades, al viento, a la lluvia, al granizo, a las heladas.
- La floración es escasa por el predominio de hojas (muchas hojas y pocas flores).
- Flores incompletas, sin estambres o sin pistilos. Caída de flores y frutos. Frutos con color anormal.
- También se deprime la absorción de Fósforo, Potasio, Cobre y otros.

2.13. Riesgos de contaminación por nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno (NO) son reconocidos tradicionalmente como los principales contaminantes en el proceso de acidificación de lagos y ríos con baja o reducida alcalinidad, estos gases, una vez emitidos a la atmósfera, pueden reaccionar con otras moléculas (H_2O , OH), llegando a formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3). La deposición atmosférica de estos ácidos sobre las aguas superficiales puede incrementar no solo la concentración de SO_4^- y NO_3^- sino también la concentración de H^+ y, en consecuencia, reducir el valor del pH del agua, para evitar o reducir el desarrollo de tales problemas, las actividades humanas deberían disminuir

drásticamente sus emisiones de nitrógeno al medio ambiente (Camargo y Alonso, 2007).

La ingestión de nitritos y nitratos a través del agua de bebida puede inducir directamente efectos adversos sobre la salud humana. Los niños pequeños, sobre todo los menores de cuatro meses, son más susceptibles de sufrir metahemoglobinemia, manifestando los síntomas típicos de cianosis, taquicardia, convulsiones, asfixia, pueden causar la muerte. La metahemoglobinemia es causada por la presencia de nitritos, que son los productos de reducción de los nitratos. La reducción de éstos, por lo común, se realiza mediante acción microbiana en el medio ambiente o en el organismo (Pacheco *et al.*, 2002).

Los nitratos y nitritos podrían contribuir al desarrollo de linfomas y cánceres, enfermedades coronarias, infecciones del tracto respiratorio, y malformaciones en los recién nacidos (Camargo y Alonso, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización Del Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo Primavera-Verano 2013, durante 130 días, en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna en Torreón, Coahuila, México. La institución se encuentra localizada dentro de la Comarca Lagunera (25° 42' y 24° 48' N; 103° 31' y 102° 58' O, a una altitud de 1,139 msnm) la cual se encuentra entre los Estados de Coahuila y Durango, con una precipitación promedio anual de 250 mm y su temperatura promedio anual de 18.6 °C (INEGI, 2009).

3.2. Análisis de suelo

Con el propósito de conocer las características químicas de este suelo, se analizó una muestra representativa de suelo, las determinaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de suelos de la UAAAN-UL, las características se determinaron mediante diferentes técnicas; la densidad aparente (Da) se obtuvo con el método rápido de la probeta, el pH; la conductividad eléctrica (CE) se determinaron por método de potenciometría; el calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Sodio (Na) con el método de espectrofotometría de absorción atómica en el espectrofotómetro (PERKIN ELMER 2380®); la materia orgánica (MO) se aplicó la técnica de Walkley y Black; el nitrógeno (N) mediante el método de

semi-micro Kjeldahl; la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante el método de cloruro de bario; el fósforo (P) mediante la técnica de Olsen modificado; y los micro elementos como el cobre (Cu), manganeso (Mn) y Zinc (Zn) mediante extracción con DTPA y absorción atómica (PERKIN ELMER 2380®). Los valores obtenidos del análisis químico del suelo se presentan en el cuadro 1.

3.3. Análisis de agua.

El agua de riego tiene características químicas que pueden influir en el desarrollo del cultivo, por lo cual se elaboró un análisis de ésta (cuadro 2) con la que se cubrió la demanda hídrica del maíz, el análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos de la UAAAN-UL, empleándose el método de titulación volumétrica.

3.4 Manejo agronómico

Se realizaron prácticas culturales de barbecho, rastra y surcado; para acondicionar el terreno y obtener una buena emergencia de plantas en campo; la distancia entre surcos fue de 0.75 metros; la siembra se realizó en húmedo con el híbrido AN-77-185 X CML- 506-41 el 2 de mayo de 2013 se depositaron 13 semillas por metro lineal para obtener una densidad de siembra de 102,000 plantas por hectárea.

3.4.1. Sistemas de riego

Se empleo sistema de riego por gravedad, aplicándose un riego de aniego y tres de auxilio, con intervalos de 35 días y láminas de 20 centímetros, para obtener una lámina total de 80 centímetros por hectárea.

3.4.2. Control de plagas y enfermedades

Para el control de plagas y enfermedades, se realizaron monitoreo diarios para evitar daños que pudieran afectar el cultivo. El 28 de mayo de 2013 realizo la aplicación de cipermetrina (ZYPERTIN®) ½ litro por hectárea para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

3.4.3. Fertilización

El terreno se dividió en 16 partes para la distribución de los niveles de fertilización donde cada parcela consistió de 4 surcos. La dosis de fertilización se realizo en dos aplicaciones, la primera, a los 45 días después de la siembra, en el primer riego de auxilio, y la segunda a los 70 días después de la siembra, en el segundo riego de auxilio. Para la fertilización se utilizaron los materiales sulfato de amonio (SUPER SULFATO PLUS ®) 20.5- 00- 00 y FOSFATO MONOAMONICO (MAP®) 11-52-00.

3.4.4. Cosecha

Para realizar la cosecha, se determino primero el contenido de humedad del grano, por medio de un determinador de humedad de campo DICKEY-john®, mediante cuatro muestras compuestas, y se realizo la cosecha

al obtener un 14% de humedad del grano. Se realizó un etiquetado de diez plantas por parcela, las cuales se cortaron y se separaron para obtener las variables por planta; se cosecharon las mazorcas de los dos surcos centrales por parcela, para obtener su número y peso.

3.7. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño bloque completo al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones; los tratamientos fueron 120 kg de nitrógeno por hectárea, que es la dosis recomendada en la Región Lagunera; 60, 180 y 240 kg de nitrógeno por hectárea. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de diez metros de largo, la parcela útil fue de los dos surcos centrales.

3.8 variables evaluadas.

- **Altura de planta:** Se levanto el dato con un estadal (APEX®)
- **Diámetro de tallo:** Se midió el diámetro de la base con un vernier (TRUPER®).
- **Numero de mazorca por planta:** Se realizó el conteo de mazorcas antes de cosechar.
- **Numero de hojas por planta:** Antes de cosechar se contabilizó el número de hojas.
- **Peso seco de mazorca:** Se colocó la mazorca entera y se determinó el peso con una balanza Precisa (SCIENTECH SG8000®) Expresado al 14 % de humedad.

- **Peso de grano por plantas**, Se desgranó cada mazorca se colocaron los granos en la balanza precisa (SCIENTECH SG8000®) para obtener la lectura.
- **Peso de olote**: Se colocaron los olotes en la balanza precisa (SCIENTECH SG8000®) para obtener la lectura.
- **Numero de hileras por mazorca**: El cual se contabilizó en cada mazorca.
- **Numero de granos por hilera**: Se contaron los granos de una hilera completa.
- **Peso total de 10 plantas**. Se determino con una balanza (TORINO®)
- **Peso seco de hoja**: Se determino con una balanza (TORINO®) separándolo de la planta.
- **Peso seco de tallo**: Se determino con una balanza (TORINO®) separándolo de la planta.
- **Numero de mazorca por parcela**: Se contabilizo el numero de mazorcas de los dos surcos centrales
- **Peso de mazorca por parcela**: Se determino con una balanza (TORINO®)
- **Peso de mazorca por hectárea**: Se promedio con el peso de mazorca por parcela.
- **Peso de grano por ha**, Se desgranó cada mazorca se colocaron los granos en la balanza precisa (SCIENTECH SG8000®) para obtener la lectura.

- **Peso de mazorca por hectárea:** Se promedió con el peso de mazorca por parcela
- **Índice de cosecha:** se obtuvo al dividir el peso de grano entre el peso total de plantas.
- **Plantas por hectárea.** Se contaron las plantas contando de la parcela los dos surcos útiles y se determinó el valor.
- **Numero de mazorcas por hectárea.** Se contabilizó el número de mazorcas de los dos surcos centrales
- **Rendimiento por hectárea.** Se cosecharon y pesaron las mazorcas de los dos surcos centrales de cada parcela, se multiplicó este valor por el porcentaje de grano de diez mazorcas para obtener el peso de grano por parcela, y se hizo la conversión del rendimiento del área de la parcela a la superficie de una hectárea

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar; se realizó un análisis de varianza y en su caso una prueba de comparación de valores promedio utilizando la prueba DMS al 0.05 %. Ambos análisis se realizaron mediante el programa con sus siglas ingles SAS (Statistical Analysis System) (SAS, 1999).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 y 2 se presentan los resultados de los análisis físicos y químicos de suelo y agua del sitio experimental.

Cuadro 1. Análisis químico del suelo de 0-30 cm. y 30-60 cm.

PARAMETROS	Profundidad 0 -30	Profundidad 30 – 60
Textura	Migajón-arcilloso-limosos	Migajón-arcilloso
Arena %	18.96	20.60
Arcilla%	28.32	34.96
Limo%	52.72	44.72
pH	8.05	8
Cond. Eléctrica mS/cm	2.31	1.775
Nitrógeno %	.078	0.042
Fosforo (P) ppm	18.219	17.944
CATIONES SOLUBLES		
Calcio(Ca) meq/lto	11.2	6
Magnesio (Mg) meq/lto	2	4
Sodio (Na) meq/lto	9.9	7.75
MICRONUTRIENTES		
Cobre(Cu) ppm	123	114
Fierro (Fe) ppm	117	129
Zinc (Zn) ppm	75	22.5
Manganeso (Mn) ppm	377	290

Cuadro 2. Análisis de agua de riego empleada durante el desarrollo del cultivo de maíz.

Característica	Unidades	Rango
Na	meq•L ⁻¹	6.28
Ca	meq•L ⁻¹	4.4
Mg	meq•L ⁻¹	5.68
pH		7.31
CE	mS•cm ⁻¹	1.196

En el presente trabajo se estableció un lote de producción de maíz para grano, bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada, donde se estudió la respuesta de estos factores sobre algunas variables agronómicas, de rendimiento y sus componentes, los cuales se describen a continuación

4.1 características de crecimiento.

Los resultados obtenidos para las características de crecimiento, se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Cuadro con medias de tratamiento de las características de crecimiento de la planta de maíz, bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

TRATAMIENTOS	AP	DT	NMP	NHP
Kg N/ha	(m)	(cm)		
60	2.796	1.4875	1	14.55
120	2.784	1.5375	1	14.725
180	2.737	1.7325	1	13.775
AP= 240	2.737	1.5125	1	13.975

Altura de planta, DT= Diámetro de tallo, NMP=Número de mazorcas por planta, NHP=Numero de hojas por planta.

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de varianza realizados a las características de crecimiento de la planta.

Cuadro 4. Cuadro de cuadrados medios de características de crecimiento de la planta de maíz, bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

FRUENTE DE VARIACION	G.L	AP	DT	NMP	NHP
TRATAMIENTO	3	0.0037889	0.0500667	0	0.8222917
REPETICION	3	0.0200956	0.1371333	0	0.910625
ERROR EXPERIMENTAL	9	0.0421511	0.0819889	0	0.2489583
TOTAL	15				
r ²		0.158872	0.432166	0	0.698815
C.V.		7.428748	18.26711	0	3.499919
Pr>F		0.9638	0.6249	0	0.0715
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS

G.L= Grados de libertad. AP= Altura de planta, DT= Diámetro de tallo, NMP=Número de mazorcas por planta, NHP=Numero de hojas por planta

4.1.1. Altura de planta (AP)

La altura media de planta alcanzada en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 3. El análisis de varianza realizado para esta variable,(cuadro 4) no detectó diferencia significativa entre tratamientos 60, 120, 180 y 240 kg de nitrógeno por hectárea, con valores de 2.796, 2.784, 2.737, 2.737 m respectivamente. La altura de planta desde la base del tallo a la

base de la espiga de la dosis de 60-30-00 fue la de mayor promedio al medir 2.79 m, después la de 120 kg de nitrógeno, con 2.78 m, abajo quedaron la de 180 kg de nitrógeno, con 2.73 m, y la de 240 kg de nitrógeno con 2.73 m. Altura similar a la obtenida por Santa cruz, (2011), utilizando el híbrido AN-423 con 1.90 m, mientras que los resultados de Ruedas (2009), para altura de planta, fueron inferiores con fertilización química y compost los cuales fueron de 2.16 y 2.22 m respectiva mente. Lo anterior pudo ser debido a una menor disponibilidad de nutrientes en el experimento.

4.1.2. Diámetro de tallo (DT)

En diámetro de tallo en las dosis 180 kg de nitrógeno, fue el de mayor promedio al medir 1.73 cm, después la dosis 120 kg de nitrógeno con 1.53 cm, abajo quedaron las dosis 240 kg de nitrógeno con 1.51 y 60 kg de nitrógeno con 1.48 cm (Cuadro 3). Según el análisis de varianza se pudo determinar que no fue significativo en las repeticiones con valores medios que oscila en 1.4 a 1.7 cm (Cuadro 4). Estos datos son inferiores a los obtenidos por Medina, (2010), que en comparación de medias obtuvo datos que oscilan de 3.14 a 3.10 cm respectivamente.

4.1.3. Número de mazorca por planta (NMP)

El análisis de varianza realizado en número de mazorcas por planta en los tratamientos evaluados, no encontró diferencia en los tratamientos (cuadro 4), dando como resultado los promedios de 1NMP, para los cuatro tratamientos (cuadro 3), datos inferiores a los que obtuvo Medina (2010), de acuerdo a las

tres dosis que implemento en su experimento los promedios fueron de 1.33, 1.27, 1.20; obtenido respectivamente.

4.1.4. Número de hojas por planta (NHP)

El análisis de varianza realizado en número de hojas por planta en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 4. No encontró diferencia en los tratamientos dando como resultado los valores medios de 14.55, 14.72 y 13.7, 13.97, hojas por planta respectivamente (cuadro 3). Estos datos fueron similares a los obtenidos por Velázquez, (2011), rango inferior al obtenido por Matheus, (2007), que evaluando el desarrollo y producción de diferentes híbridos de maíz bajo fertilización química, obtuvo un número de hojas promedio de 17 hojas por planta. Lo cual puede ser resultado del tipo de híbrido evaluado, los cuales son diferentes a los evaluados en este experimento.

4.2. Componentes de rendimiento por planta

En el cuadro 5 se presentan los valores medios de los componentes de rendimiento por planta.

Cuadro 5. Cuadro de medias de componentes de rendimiento por planta de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

TRATAMIENTOS	PM/PTS (kg)	PGRA/PTS (kg)	PSOLOTE (kg)	NH/MRC	NG/H
60	1.67	1.26	0.21	14.72	30.77
120	1.88	1.43	0.24	18.3	32.67
180	1.82	1.39	0.22	14.65	33.55
240	1.85	1.45	0.22	18.45	28.8

PM/PTS= peso de mazorca por 10 plantas; PGRA/PTS= peso de grano por 10 plantas; PSTOTOM/PTS= peso de totomoxtle por 10 plantas PSOLOTE= peso de olote por 10 plantas; NH/MRC= numero de hileras por mazorca NG/H= número de grano por hilera

A los resultados de las variables de los componentes de rendimiento por planta se les realizó el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Cuadro de cuadrados medios de los componentes de rendimiento por planta de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

FRUENTE DE VARIACION	G.L	PM/PTS	PGRA/PTS	PSOLOTE	NH/MRC	NG/H
TRATAMIENTO	3	0.035	0.030	0.000	18.14	17.85
REPETICION	3	0.033	0.023	0.001	13.93	17.04
ERROR EXPERIMENTAL	9	0.040	0.033	0.000	28.44	13.68
TOTAL	15					
r ²		0.363	0.346	0.518	0.27	0.459
C.V.		12.48	13.26	9.999	32.26	11.76
Pr>F		0.485	0.482	0.549	0.609	0.331
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS

PM/PTS= peso de mazorca por 10 plantas; PGRA/PTS= peso de grano por 10 plantas; PSOLOTE= peso de olote por 10 plantas; NH/MRC= numero de hileras por mazorca NG/H= número de grano por hilera.

4.2.1. Peso de mazorca por 10 plantas PM/PTS

Al efectuar el análisis de varianza se determinó que no existió diferencia significativa en las repeticiones (cuadro 6), ya que oscilan en una media de 1.67 a 1.88 kg, (cuadro 5) bajo sus diferentes dosis de nitrógeno correspondientes a cada tratamiento.

4.2.2. Peso de grano por 10 plantas (PGRA/PTS)

El análisis de varianza realizado para esta variable en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 6. No se encontró diferencia en los tratamientos dando como resultado los promedios de 1.26 a 1.45 kg respectivamente (cuadro 5), datos que fueron inferiores a los de Medina, (2010), obteniendo resultados de 2.12 a 2.29 kg, siendo aún menores a los resultados de Martínez, (2011), que obtuvo 2.68 a 2.84 kg, con fertilización química usando las dosis 00-00-00, 60-60-00 y 120-60-00.

4.2.3. Peso de olote por 10 plantas (PSOLOTE)

El análisis de varianza realizado en peso de olote por 10 planta en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 6. No se encontró diferencia en los tratamientos dando como resultado los promedios de 0.21, 0.24, 0.22, 0.22 kg (cuadro 5), con un coeficiente de variación de 9.99 %.

4.2.4. Número de hileras por mazorca (NH/MRC)

De acuerdo al análisis de varianza se determinó que no existió diferencia significativa en los tratamientos evaluados (cuadro 6), obteniendo valores medios de 14.65 a 18.45 (cuadro 5). Siendo superiores a los resultados de Martínez, (2011), quién obtuvo de 14.33 a 14.68; mientras que Medina (2010), sus valores son superiores con un una media de 18.44 a 19.44 con tres distintas dosis de nitrógeno usadas en su experimento.

4.2.5. Número de grano por hilera (NG/H)

El análisis de varianza realizado en número de granos por hilera en los tratamientos evaluados no se encontró diferencia (cuadro 6), dando como resultado medios de 28.80 a 33.55 como se presenta en el cuadro 5. Mientras que Martínez (2011), obtiene valores promedios de 33.27 a 34.00 manejando tres dosis similares a las usadas en este experimento.

4.3. Componentes de peso seco de planta

Las medias de los componentes de peso seco de planta se representan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Cuadro de medias de componentes de peso seco de diez plantas de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013

TRATAMIENTOS	PST (kg)	PSH (kg)	PM/PTS (kg)	PTAL/PTS (kg)	IC
60	0.9385	0.7005	1.6768	3.3158	0.38125
120	1.0758	0.6575	1.8895	3.6228	0.39825
180	1.0883	0.5383	1.8238	3.4503	0.4075
240	1.0135	0.5383	1.8508	3.514	0.417

PST = peso seco de tallo, PSH= peso seco de hoja, PM/PTS= pesos eco de 10 plantas, PTAL/PTS= peso total por 10 plantas, IC= índice de cosecha

A los resultados obtenidos de los componentes de peso seco de planta se sometieron al análisis de varianza y los valores obtenidos se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Cuadro de cuadrados medios de los componentes de peso seco de planta de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

FRUENTE DE VARIACION	G.L	PST	PSH	PM/PTS	PTAL/PTS	IC
TRATAMIENTO	3	0.018836	0.019154	0.034567	0.065763	0.000928
REPETICION	3	0.162853	0.03717	0.035359	0.296815	0.002835
ERROR EXPERIMENTAL	9	0.143834	0.021899	0.048157	0.262068	0.000361
TOTAL	15					
r^2		0.2963	0.461588	0.326152	0.31562	0.776379
C.V.		36.85655	23.24971	12.12293	14.72876	4.739613
Pr>F		0.9392	0.4895	0.5659	0.8587	0.1193
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS	NS

PST = peso seco de tallo, PSH= peso seco de hoja, PM/PTS= pesos eco de 10 plantas, PTAL/PTS= peso total por 10 plantas, IC= índice de cosecha

4.3.1. Peso total por 10 plantas.

El análisis de varianza realizado en peso total por 10 plantas en los tratamientos evaluados, no encontró diferencia en los tratamientos (cuadro 8), dando como resultado las medias de 3.31 a 3.62 kg (cuadro 7). Datos que fueron mayores en comparación a los obtenidos por Soplin, (2012) oscilaba en una media de 2.25 kg. Respectivamente.

4.3.2. Peso seco de hoja.

El análisis de varianza realizado en peso seco de hoja en los tratamientos evaluados, no encontró diferencia en los tratamientos (cuadro 8), dando como resultado medios de 0.53 a 0.70 kg (cuadro 7), datos menores a 1.59 kg, obtenidos por Soplin et al, (2012).

4.3.3. Peso de mazorca por 10 plantas.

De acuerdo al análisis de varianza se determinó que no existió diferencia significativa en los tratamientos evaluados, (cuadro 8), obteniendo valores medios de 3.31 a 3.62 kg respectivamente (cuadro 7).

4.3.4. Peso seco de tallo.

El análisis de varianza realizado en peso seco de tallo en los tratamientos evaluados, no se encontró diferencia (cuadro 8), dando como resultado las medias de 3.31 a 3.51 kg (cuadro 7), siendo mayores a los de Soplin et al; (2012), con valores de 2.99 Kg.

4.3.5. Índice de cosecha

El índice de cosecha es la relación entre kilogramos de grano obtenido a partir de la materia seca producida por el cultivo, e indica la eficiencia que este tiene, en la conversión de fotoasimilados a grano. Con los datos obtenidos en este experimento siendo los promedios de 0.38 a 0.41 (cuadro 7). Cabe mencionar que estos datos no mostraron valores significativos en el análisis de varianza entre los tratamientos (cuadro 8), sin embargo se observa tendencia de menor a mayor conforme se incrementa la dosis de nitrógeno. Los resultados obtenidos concuerdan con los que obtuvo Marozzi et. al; (2005) con una media de 0.41 y 0.44 respectiva mente.

4.4. Componentes de rendimiento por hectárea.

En el cuadro 9 se presentan los valores medios de los componentes de rendimiento por hectárea

Cuadro 9. Cuadro de medias de componentes de rendimiento por hectárea para el cultivo de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

TRATAMIENTOS	NMAZHA	PMAZHA (kg)	PLANHA (kg)	RENDHA (kg)
60	103500	10118	96833	7620.8
120	112500	11926	105833	9093.5
180	108667	10883	102000	8337.8
240	99667	10734	93000	8432.5

NMAZHA= numero de mazorca por hectárea; PMAZHA= peso de mazorca por hectárea; PLANHA= Plantas por hectárea; RENDHA= rendimiento por hectárea.

A los valores medios de los componentes de rendimiento por hectárea se realizó el análisis de varianza y los resultados se presentaron en el cuadro 10.

Cuadro 10. Cuadro de cuadrados medios de los componentes de rendimiento por hectárea para el cultivo de maíz bajo diferentes dosis de nitrógeno en UAAAN-UL, 2013.

FRUENTE DE VARIACION	G.L	NMAZHA	PMAZHA	PLANHA	RENDHA
TRATAMIENTO	3	127596019	2255657.75	127590019	1453025.42
REPETICION	3	165964093	1218107.08	165965870	960759.417
ERROR EXPERIMENTAL	9	143913364	2045212.36	143918438	1523337.92
TOTAL	15				
r^2		0.404743	0.361496	0.404731	0.345626
C.V.		11.30845	13.10209	12.067	14.74397
Pr>F		0.4841	0.3973	0.4842	0.4551
SIGNIFICANCIA		NS	NS	NS	NS

NMAZHA= numero de mazorca por hectárea; PMAZHA= peso de mazorca por hectárea; PLANHA= Plantas por hectárea; RENDHA= rendimiento por hectárea.

4.4.1. Plantas por hectárea.

Las variable rendimiento de plantas por hectárea, del híbrido bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada con los resultados medios de 93,000 a 105,833 plantas por hectárea se presentan en el cuadro 9. El análisis estadístico no detecto diferencia significativa en las cuatro dosis de nitrógeno (cuadro 10).

4.4.2. Numero de mazorca por hectárea.

El análisis de varianza realizado en número de mazorcas por hectárea en los tratamientos evaluados, no se encontró diferencia en los tratamientos

(cuadro 10), dando como resultado las medias de 9,966 a 11,250 (cuadro 9), respectivamente.

4.4.3. Peso de mazorca por hectárea.

De acuerdo al análisis de varianza se determinó que no existió diferencia significativa en los tratamientos evaluados, (cuadro 10), obteniendo valores medios de 10,118 a 11,926 toneladas por hectárea (cuadro 9).

4.4.4. Rendimiento por hectárea.

El análisis de varianza realizado para esta variable en los tratamientos evaluados, se presenta en el cuadro 10. No se encontró diferencia en los tratamientos dando como resultado los promedios de 7.62 a 9.09 toneladas por hectárea (cuadro 9), datos que fueron mayores a los de Martínez (2011), obteniendo resultados de 5.94 a 7.31 toneladas por hectárea usando tres dosis de nitrógeno similares a esta investigación, siendo menores a los resultados de Vera (2012), con un rendimiento de 12.90 toneladas por hectárea con fertilización química en la UAAAN-UL.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados realizados en el presente trabajo, el híbrido AN-77-185 X CML- 506-41 tiene una capacidad de 9.09 toneladas por hectárea; esto es producido con la dosis 120 kg de nitrógeno por hectárea, que es la recomendada en la Región Lagunera. El rendimiento obtenido por el híbrido AN-77-185 X CML- 506-41 se ubica dentro de los valores aceptables para rendimiento de grano en la región. De la misma manera el índice de cosecha con valores de 0.38 a 0.41 es aceptable para la producción de grano. Por lo anterior se recomienda el híbrido AN-77-185 X CML- 506-41 como una opción más, de las que dispone el productor, para la producción de maíz grano. La dosis de fertilización 120 kg de nitrógeno por hectárea, es adecuada para obtener el potencial del rendimiento de Maíz grano bajo las condiciones en que se realizó el experimento.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Almeida H., D. y L. W. Rooney. 1996.** Avances en la manufactura y calidad de productos de maíz nixtamalizado. *Industria alimentaria* 18(6):4-13.
- Bast, L.E. 2009.** Evaluation of nitrogen recommendations for corn based on soil analysis and remotely sensed data, Ohio State University, Ohio
- CEFP.2007.México:** El Mercado del Maíz y la Agroindustria de la Tortilla. Consultado 17 de marzo del 2010, en línea <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0042007.pdf>
- Elizondo, J. 2006.** El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agronomía Mesoamericana* 17: 70 - 76.
- Escalante, L.E.,Y.I. Escalante, and C. Linzaga. 2007.** La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. *Agronomía Costarricense* 2:95-100.
- Espinosa, J., E.Carrillo, D.J.Palma, J.J. Peña, and S.Salgado. 2002.** Eficiencia de la fertilización nitrogenada en sorgo con la técnica isotópica ^{15}N , en un vertisol con drenaje subsuperficial. *Terra latinoamericana* 20:129 -139
- FAO (Food Agriculture Organization of the United Nations). 2009.** Statistical databases. En línea: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es>. Consultado 07 de Marzo del 2011.
- Figueroa C., J. D., S. R. Mauricio, S. Taba, E. Morales, A. Mendoza, M. Gaytán, F. Rincón S., M. L. Reyes, J. J. Véles. 2005.** Kernel characteristics and tortilla making quality of maize accessions from Mexico, the Caribbean, and South and Central America. *In*: S. Taba (ed). *Latin American Maize Germplasm Conservation: Regeneration, in*

situ Conservation, Core Subsets, and Prebreeding. Proc. Workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003. México, D.F. CIMMYT. pp. 51-57.

Goodman M., M. and L. W. Brown. 1988. Races of corn. *In:* G.F. Sprague, J. W. Dudley (eds). Corn and corn improvement. ASA Monograph 18. ASA, Madison, Wisconsin. pp. 33-79.
<http://www.ciencia-ahora.cl/Revista16/14ElCicloDelNitrogeno.pdf>

INEGI. 2007. Consulta el día 25 de febrero del 2010.
<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=mamb92&-c=5898>.

Julio A, Soplín, Ana Rengifo, Jhony Chumbe (2012). ANALISIS DE CRECIMIENTO EN *Zea mays* L. y *Arachis hypogaea* L.
http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia5_articulo12.pdf

Marozzi, Diego G; Debortoli, Gustavo D; Méndez, Miguel; Currie, Héctor (2005). Determinación de algunos indicadores de rendimiento en el cultivo de maíz bajo dos sistemas de riego. Universidad nacional del nordeste, comunicaciones científicas y tecnológicas 2005. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-036.pdf>

Martínez Ramírez José Noé,(2011). Densidades de población y efecto de la fertilización en atributos de la calidad en maíz criollo mejorado p.43 – 45. UAAAN- US, Buena Vista Saltillo Coahuila.

Matheus L., J. Caracas, J. Montilla, O. Fermín. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L.). Agricultura Andina, 2007, vol. 13 p. 27-38

Medina Veliz Pedro Evangelista (2010). Evaluación del comportamiento agronómico del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) DK 7088.
<http://www.monografias.com/trabajos89/comportamiento-agronomico-hibrido-maiz/comportamiento-agronomico-hibridomaiz.shtml#ixzz2inW4g4sB>

Mulvaney, R.L., S.A Khan, and T.R. Ellsworth. 2009. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *J Environ Qual* 38:2295 - 314.

Palomo, M., J.G. Martínez, and U. Figueroa. 2007. Desarrollo Sustentable de los Recursos Naturales al Disminuir Riesgos de Contaminación en Actividades Agropecuarias. *Investigadores del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)* 4:4 - 14

Ruedas Cynthia 2009. Proyecto: Maíz bajo el esquema de fertilización orgánica. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México. Pp. 19-26.

SAGARPA. 2009. Delegación Comarca Lagunera. Consultado el 08 de marzo del 2010 en línea <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/laguna/informacion.htm>

SIAP. s/f. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996 - 2012. Fecha de consulta. 22/nov/2009. Disponible en: http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/maiz96-12.pdf

Turrent F., A., R. J. Laird, J. I. Cortes F., A. Barrios A. 2005. Revisiting agroecosystem productivity: II. Validity for adapting technology to maize in Mexico. *Agrociencia* 39: 149-159.

USDA.2010. Reporte mensual de oferta y demanda mundial De usda febrero del 2010. Consultado En 17 De marzo del2010, En línea <http://www.infoaserca.gob.mx/boletineszip/repusda.pdf>

Velázquez Ramírez Javier. (2011). Efectos de diferentes tipos de fertilizantes en la absorción de nutrientes en maíz forrajero (*Zea mays* L.) Torreón, Coahuila, México UAAAN UL. Pg.29-30.

Vera González Juan Luis, (2011). Producción de grano de dos híbridos de maíz bajo fertilización orgánica e inorgánica, Torreón Coahuila México UAAAN-UL.

Zagal, E. s/a. El ciclo del nitrógeno en el suelo. Fecha de consulta 23/03/2010.
Disponible en:

Zepeda B., R., A. Carballo C., A. Muñoz O., J. A. Mejía C., B. Figueroa S., F. V. González C. 2007. Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad de nixtamal-tortilla del grano de híbridos de maíz. Agricultura Técnica en México Vol. 33 Núm. 1: 17-24.

Zhang F., F. Mackenzie A., L. Smith D. 1993. Corn yield and shifts among corn quality constituents following application of different nitrogen fertilizer sources at several times during corn development. J. Plant Nutr. 16(7): 1317-1337.