

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE GRANO, FORRAJE Y BIOMASA
EN HÍBRIDOS ÉLITE DE MAÍZ

ULISES SANTIAGO LÓPEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Asesor y director de tesis: Ph.D. ARTURO PALOMO GÍL

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2011.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE GRANO, FORRAJE Y BIOMASA
EN HÍBRIDOS ÉLITE DE MAÍZ**

TESIS

ULISES SANTIAGO LÓPEZ

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

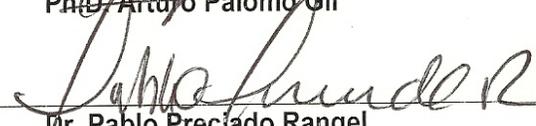
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor principal:


Ph.D. Arturo Palomo Gil

Asesor:


Dr. Pablo Preciado Rangel

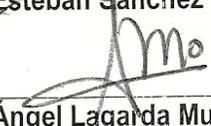
Asesor:


Dr. Armando Espinoza Banda

Asesor:


Dr. Esteban Sánchez Chávez

Asesor:


Dr. Ángel Lagarda Murrieta


Dr. Fernando Ruíz Zárate
Subdirector de Postgrado


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado, U.L.

Torreón, Coahuila, México
Diciembre de 2011

AGRADECIMIENTOS

"Los extremos del hombre, son la oportunidad de Dios"

Antes que nadie agradezco a **DIOS** por prestarme la vida y a mi apreciable familia.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, mi ALMA TERRA MATER, por ser la casa que me formo como profesional y como persona.

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

Al Ph.D. Arturo Palomo Gil, asesor y director de tesis, por ser la persona quien me oriento y apoyo durante la realización de esta investigación. De la misma manera a mis asesores de tesis Dr. Pablo Preciado Rangel, Dr. Armando Espinoza Banda, Dr. Esteban Sánchez Chávez y al Dr. Ángel Lagarda Murrieta, por sus valiosas contribuciones a este trabajo.

***"DALE UN PESCADO AL HOMBRE Y COMERÁ POR UN DÍA
ENSÉÑALE A PESCAR, Y SE PODRÁ ALIMENTAR TODA SU VIDA"***

(Anónimo)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con gran amor, respeto, gratitud y admiración

A mis padres;

Sr. Félix Santiago Ramos

Y

Sra. Senorina López Cruz

A mi esposa:

Érika Renata Cabrales Soto

A mis hermanos:

Elizabeth Santiago López

Guadalupe Santiago López

Norma Santiago López

Arquímedes Santiago López

Por su apoyo incondicional que me han brindado durante el transcurso de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
COMPENDIO	VIII
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos generales del cultivo de Maíz.....	3
2.1.1. Antecedentes históricos y centro de origen.....	3
2.2. Características descriptivas y clasificación taxonómica.....	5
2.3. Descripción botánica de la planta	5
2.4. Requerimientos del cultivo de Maíz	6
2.4.1. Edáficos.....	6
2.4.2. Climáticos.....	7
2.4.3. Nutricionales.....	8
2.5. Potencial de producción de Maíz grano.....	9
2.5.1. Producción Nacional.....	10
2.5.2. Producción Regional	12
2.6. Potencial de producción de Maíz forrajero.....	13
2.6.1. Producción Nacional.....	13
2.6.2. Producción Regional	15
2.6.3. Calidad del forraje de Maíz.....	16

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Área geográfica donde se estableció el experimento	17
3.2. Material genético	17
3.3. Labores de cultivo.....	18
3.3.1. Preparación del terreno	18
3.3.1.1. Barbecho	18
3.3.1.2. Rastreo	18
3.3.1.3. Nivelación	18
3.3.1.4. Surcado	19
3.3.2. Siembra	19
3.3.3. Riego y fertilización	19
3.3.4. Control de plagas y malezas	20
3.3.4.1. Control de plagas.....	20
3.3.4.2. Control de malezas.....	21
3.4. Cosecha.....	21
3.5. Variables agronómicas evaluadas	22
3.5.1. Rendimiento total de forraje verde (RFV) y materia seca (MS)	22
3.5.2. Rendimiento de grano (RG).....	22
3.5.3. Producción de biomasa total (PBT) y su distribución en los órganos de la planta.....	23
3.5.4. Calidad forrajera	23
3.5.4.1. Determinación de fibra detergente neutra (FDN) y acida (FDA)	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Rendimiento de grano (RG) y sus componentes	25
4.2. Rendimiento de forraje verde (RFV), materia seca (MS) y sus componentes	29
4.3. Producción y distribución de biomasa total (PBT).....	33
4.4. Calidad forrajera: Fibra Detergente Neutra y Ácida (FDN Y FDA)	35
V. CONCLUSIONES.....	38
VI. LITERATURA CITADA	39
VII. ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Pág.
Cuadro 1.	Requerimientos y extracción de nutrientes del cultivo de maíz para producir una tonelada de grano.....	9
Cuadro 2.	Superficie, rendimiento y producción nacional de maíz grano en condiciones de riego.....	10
Cuadro 3.	Volumen de producción y rendimiento nacional de maíz grano por estados en el 2010.....	11
Cuadro 4.	Superficie, rendimiento y producción de maíz grano bajo condiciones de riego, en la región Lagunera de Coahuila.....	13
Cuadro 5.	Superficie, rendimiento y producción nacional de forraje verde de maíz en condiciones de riego.....	14
Cuadro 6.	Volumen de producción y rendimiento nacional de forraje verde de maíz por estados en el 2010.....	14
Cuadro 7.	Superficie, rendimiento y producción de forraje verde de maíz bajo condiciones de riego, en la región Lagunera de Coahuila.....	15
Cuadro 8.	Medias mensuales de temperaturas, unidades calor (UC) y precipitaciones, que se presentaron durante la conducción de los experimentos en los años 2010 y 2011.....	17
Cuadro 9.	Híbridos de maíz de ciclo intermedio y ciclo precoz establecidos y evaluados en el experimento.....	18
Cuadro 10.	Riegos aplicados durante la etapa fenológica de cada cultivo.....	19
Cuadro 11.	Reactivos de preparación de la solución empleada en la determinación de fibra detergente acida (FDA).....	24
Cuadro 12.	Reactivos de preparación de la solución para análisis de la fibra detergente neutra (FDN).....	24

Cuadro 13.	Rendimiento de grano y sus componentes obtenidos en los ciclos de primavera y verano para el estudio realizado con híbridos élite de maíz en la Región Lagunera de Coahuila.....	27
Cuadro 14.	Rendimiento de grano y sus componentes en híbridos élite de maíz con siembras de primavera y verano.....	27
Cuadro 15.	Correlación entre rendimiento de grano y sus componentes en híbridos de maíz.....	28
Cuadro 16.	Rendimiento de forraje verde, materia seca y sus componentes, en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.....	30
Cuadro 17.	Rendimiento de forraje verde, materia seca y sus componentes, en híbridos élite de maíz en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.....	31
Cuadro 18.	Correlación entre rendimiento de forraje verde y sus componentes, en híbridos élite de maíz.....	31
Cuadro 19.	Producción y distribución de biomasa total en cada órgano de la planta de maíz, con siembras de primavera y verano 2010, en híbridos élite de maíz.....	34
Cuadro 20.	Producción y distribución de biomasa total en cada órgano de la planta, en híbridos élite de maíz con siembras de primavera y verano 2010.....	35
Cuadro 21.	Correlación entre las variables en estudio para la producción de biomasa total y su distribución en los órganos de la planta de maíz.....	35
Cuadro 22.	Calidad forrajera del maíz en base al contenido de fibras, con siembras en ciclos primavera y verano 2010.....	36
Cuadro 23.	Calidad forrajera en híbridos élite de maíz, en base al contenido de fibras, con siembras en ciclos de primavera y verano 2010.....	37
Cuadro 24.	Correlación entre rendimiento de forraje verde y sus componentes con el contenido de fibras.....	37

Cuadro 25.	Fuentes de variación y probabilidad estadística del análisis de varianza para las variables en estudio de rendimiento de maíz grano (RG) durante tres ciclos.....	45
Cuadro 26.	Fuentes de variación y probabilidad estadística del análisis de varianza para las variables en estudio de rendimiento de forraje verde (RFV) y materia seca (MS) en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.....	45
Cuadro 27.	Fuentes de variación y probabilidad estadística para las variables en estudio de producción de biomasa total y su distribución en los órganos de la planta 2010.....	46
Cuadro 28.	Fuentes de variación y probabilidad estadística para las variables en estudio de rendimiento de forraje verde, materia seca y calidad forrajera en base al contenido de fibras 2010.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.		Pág.
Figura 1.	Teorías acerca del origen del maíz.....	4
Figura 2.	Relación superficie, producción y rendimiento de maíz grano nivel nacional.....	11
Figura 3.	Promedios de las Unidades Calor acumuladas (UCA) durante la etapa fenológica del cultivo, en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.....	32
Figura 4.	Promedios de Unidades Calor (UC) diarias durante la etapa fenológica del cultivo, en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.....	33

COMPENDIO

POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE GRANO, FORRAJE Y BIOMASA EN HÍBRIDOS ÉLITE DE MAÍZ

POR

ULISES SANTIAGO LÓPEZ
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) está en función de dos factores fundamentales, el ambiente y la genética de cada individuo, así como su potencial para reaccionar a las diferentes condiciones ambientales en las cuales se está desarrollando. Algunos de estos factores ambientales pueden ser manipulados por el hombre por medio de un buen manejo agronómico, tal es caso de la elección de fechas de siembra adecuada y la selección de genotipos con alta productividad. La combinación de estos dos factores puede ser determinante para obtener altos rendimientos de materia seca y su distribución adecuada al órgano de interés, (mazorca, tallos, hojas) de acuerdo a su uso (grano o forraje), además de la obtención de un producto de buena calidad. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial de producción de ocho híbridos comerciales de maíz, a diferentes fechas de siembras en ciclos de primavera y verano, en los años 2010 y 2011, en la región Lagunera de Coahuila. Se evaluaron los híbridos: Rio Grande, Arrayan, Genex 778, Narro 2010, Advance 2203, DAS 2358, P4082W, HT9150W; de los cuales los cuatro primeros son de ciclo intermedio y el resto de ciclo precoz. Las siembras se efectuaron en primavera y verano de cada año respectivamente. Las fechas de siembra fueron: 4 de mayo y 1 de julio para 2010, 13 de abril y 13 de junio para 2011. La cosecha se efectuó cuando el grano presentó $\frac{1}{3}$ de avance de línea de leche, para determinar el rendimiento de forraje verde (RFV), materia seca (MS) y calidad forrajera. Para el rendimiento de

grano (RG), producción de biomasa total (PBT) y su distribución en cada uno de los órganos de la planta, la cosecha se realizó a madurez fisiológica total. Se evaluaron las siguientes variables agronómicas: Para RG; días a floración masculina (FM) y femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), rendimiento de mazorca (RM), longitud de mazorca (LM), peso individual de mazorca (PIM), peso de grano por mazorca (PGM), peso de olote (PO), diámetro de mazorca y olote (DM, DO), número de hileras por mazorca (NHM) y número de granos por hilera (NGH). Para evaluar el RFV; se consideró el peso de plantas (PP) y elotes (PE) en verde. Para la MS; se tomó una muestra de tres plantas enteras que fueron molidas y posteriormente se tomó una sub-muestra de 0.5 kg que fue secada a la estufa hasta lograr un peso constante. Para PBT; se consideró el peso de mazorca, tallo, hojas, bráctea y espiga (PM, PT, PH, PB, PE). La calidad forrajera se determinó mediante el contenido de fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA). Los resultados muestran que la mejor expresión de RG, RFV, MS y PBT se observó en el ciclo de primavera con una diferencia de: 5,251; 22,393; 6,548 kg ha⁻¹ y 193 g m⁻², respectivamente, superior a los rendimientos obtenidos en el ciclo de verano. Respecto a la calidad forrajera, el menor contenido de FDN y FDA se obtuvo en las siembras de verano con el 17 y 16 % menos al ciclo de primavera, respectivamente. De los ocho genotipos evaluados los más sobresalientes en RG fueron los híbridos: HT9150W, DAS2358, P4082W y Río Grande con rendimientos de 9,877; 9,509; 9,431 y 9,396 kg ha⁻¹; para RFV y MS fueron los híbridos Río Grande y HT9150W con rendimientos de 72,959 y 68,752 kg ha⁻¹ de FV y 19,232 y 17,949 kg ha⁻¹ de MS; la PBT más alta se obtuvieron con los híbridos Arrayan y P4082W con 3,218 y 2,862 g m⁻²; respecto a la calidad forrajera, los híbridos con menor contenido de fibras fueron: Advance 2203 con un 50 y 27 % de FDN y FDA, respectivamente, seguido por DAS2358 y HT9150W ambos con 52 % de FDN y 29 y 30 % de FDA. Todos ellos con rendimientos estadísticamente iguales. El genotipo con mayor potencial productivo fue el híbrido HT9150W de la empresa AGRIBIOTECH, presentando un RG (9,877 kg ha⁻¹), RFV (68,752 kg ha⁻¹), MS (17,949 kg ha⁻¹) y calidad forrajera (52 y 30 % de FDN y FDA), por lo que se determina que es el más apto para su explotación en esta región.

Palabras clave: Zea mays L., manejo agronómico, ciclos, híbrido, rendimiento.

ABSTRACT

POTENTIAL PRODUCTION OF GRAIN, FORAGE AND BIOMASS IN ELITE CORN HYBRIDS

BY

ULISES SANTIAGO LÓPEZ
MASTER'S DEGREE IN AGRARIAN SCIENCE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

The yield of a corn crop (*Zea mays* L.) is a function of two factors, the environment and the genetic characteristics of each subject, such as its potential to react to different environmental conditions in which it is growing. Some of the environmental factors can be manipulated by human through good agronomic manage, such as selecting the appropriate planting dates and the genotypes with high productivity. The combination of these two factors can be critical to get high yields of dry matter and its distribution in the corn crop (ear corn, footstalk, leaves) according to their uses (grain or forage). The objective in this study was to evaluate the potential production of the eight commercial maize hybrids at different planting dates in spring and summer stage, in 2010 and 2011, in the region of la Laguna de Coahuila. The evaluate Hybrids were: Río Grande, Arrayan, Genex 778, Narro 2010, Advance 2203, DAS 2358, P4082W, HT9150W, the first four hybrids are mid-cycle and the last four are early cycle, The hybrids proceed from different breeding companies and research institutions. Plantings were done in spring and summer stage of each year respectively. The planting date were at May 4 and the first July of 2010, and the April 13 and the June 13 of 2011. The harvest was done when the crop grain showed $\frac{1}{3}$ of feed milk line to determine the yield of fresh fodder (RFV), dry matter (MS) and quality of the forage. For the crop grain yield (RG), production of total biomass (PBT) and its distribution in each of the part of

the plant, the harvest was done at full physiological maturity of the crop. The following agronomic variables were considered: to evaluating the RG, male flowering days after planting (FM) and female flowering days after planting (FF), plant height (AP) and height of the ear corn (AM), yield of the ear corn (RM), ear corn length (LM), weight of each ear corn (PIM), weight of the grain per ear corn (PGM), corncob weight (PO), ear corn and corncob diameter (MD, DO), number of rows per ear corn (NHG) and number of grain per row per ear corn (NGH). To evaluating the RFV yield, weight plants (PP) and green corn (PE) were recorded. For MS yield evaluation, a sample from three grind corn plants was taken, after a sub-sample of 0.5 kg were taken and was dried in the oven stove until a constant weight. For PBT yield evaluation, the weight of the ear corn, footstalk, leaves, bracts and spike of the corn plant (PM, PT, PH, PB, PE) was considered. The forage quality was determined by the neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) parameters. The major yield of RG, RFV, MS and PBT was observed in the spring stage with: 5,251; 22,393; 6,548 kg ha⁻¹ and 193 g m⁻², respectively, over the yields obtained in the summer stage. Referent to the quality forage the lower NDF and ADF content was obtained in summer stages with 17 and 16 % less than the spring cycle, respectively. The major of the eight hybrids evaluate respect to the RG were: HT9150W, DAS2358, P4082W and Rio Grande with yields of 9.877, 9.509, 9.431 and 9.396 kg ha⁻¹. Referent to the RFV and MS the Rio Grande and HT9150W hybrids were the best with yields of 72.959 and 68.752 kg ha⁻¹ of VF and 19.232 and 17.949 kg MS ha⁻¹. The higher PBT were obtained with Arrayan and P4082W hybrids with 3.218 and 2.862 g m⁻², the hybrids with less fiber content were: Advance 2203 with 50 and 27 % of NDF and ADF, respectively, followed by DAS2358 and HT9150W both with 52 % NDF and 29 and 30 % of FDA. All these hybrids yields with similar statistical index. The hybrid with greater productive potential in terms of RG (9.877 kg ha⁻¹), RFV (68.752 kg ha⁻¹), MS (17.949 kg ha⁻¹) and forage quality (52 and 30% of NDF and ADF) was the HT9150W genotype. For this reason we indicate that this hybrid is the most apt for its seeding at this region.

Key words: *Zea mays* L., agronomic management, stages, hybrid, yield.

I. INTRODUCCIÓN

Todas las naciones del mundo consideran a la agricultura como una actividad de gran relevancia para su economía, ya que proporciona bienes de consumo básicos a sus habitantes y aporta numerosos productos a las exportaciones. En nuestro país la agricultura tiene mayor peso, en razón de que la población que reside en el campo aún desarrolla labores agrícolas, independientemente de que sea o no su principal fuente de ingresos. En el caso del cultivo de maíz, la productividad varía notablemente en cada zona, por lo que la importancia agrícola no debe estimarse sólo por el número de hectáreas cultivadas, sino que además deben tomarse en cuenta los rendimientos y la competitividad del mismo.

1.1. Justificación

El maíz es el cereal que se ubica, después del trigo y el arroz, como el cultivo que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y a inicios del XXI. Lo anterior se debe a que en los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados, y recientemente para la producción de etanol, además de su capacidad de adaptarse a condiciones climáticas y edáficas diversas (Colín y Morales, 2011). En maíz grano, los estudios indican que entre el 40 y 50 % de las ganancias de rendimiento se debe a los cambios en el manejo de cultivo; mientras que la otra parte (50 al 60 %) se debe a cambios en el genotipo (Russell, 1991; Duvick, 1992; Duvick, 2005). El forraje de maíz es un excelente alimento para rumiantes por su alto contenido energético (Goodrich y Meiske, 1985). En las cuencas lecheras de México el ensilaje de maíz es común en la alimentación del ganado lechero y puede constituir de 30 a 40 % de la dieta (Gonzales *et al.*, 2005). Chalupa (1995) reportó que los ensilados de maíz que se producen en México tienen un valor energético alrededor de 1.3 Mcal de energía neta de lactancia por kg de materia seca, el cual se considera bajo con respecto a los que se producen en Estados Unidos de América y Europa. Esto se atribuye a que en el pasado se hizo mayor énfasis en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, sin considerar la calidad nutritiva de los materiales (Núñez *et al.*, 2003).

Por lo cual la selección de híbridos es fundamental para mejorar esta situación; existe suficiente evidencias de la importante diferencia que existe entre híbridos, con respecto al contenido de proteína, fibra, y digestibilidad de la materia seca (Allen *et al.*, 1995; Núñez *et al.*, 2001). En la región norte de México existe poca información sobre la calidad forrajera de los híbridos comerciales que se siembran en la región. Sin embargo, la diversidad de materiales genéticos que se generan en las empresas semilleras e instituciones de investigación es numerosa y constantemente cambiante, por lo que es necesario evaluar todo material disponible e introducido para conocer su potencial productivo bajo diferentes condiciones ambientales y con ello poder seleccionar aquellos que presenten las mejores características nutritivas y de producción (Hunt *et al.*, 1992; Ruiz *et al.*, 2006).

La Comarca Lagunera de México, considerada como una de las cuencas lecheras más importantes del país, en el 2010 se sembraron 30 mil 306 hectáreas de maíz en condiciones de riego y 858 hectáreas en condiciones de temporal, las cuales presentaron un rendimiento promedio de 44.76 y 18.21 t ha⁻¹ de forraje verde respectivamente (SIAP, 2011).

1.2. Objetivos

- Evaluar el potencial de producción de grano, forraje, biomasa y calidad forrajera en híbridos élite de maíz con siembras en ciclos de primavera y verano, bajo condiciones de riego.

1.3. Hipótesis

- Los híbridos de maíz presentan el mismo potencial de rendimiento de grano, forraje, biomasa y calidad forrajera en siembras de primavera y verano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

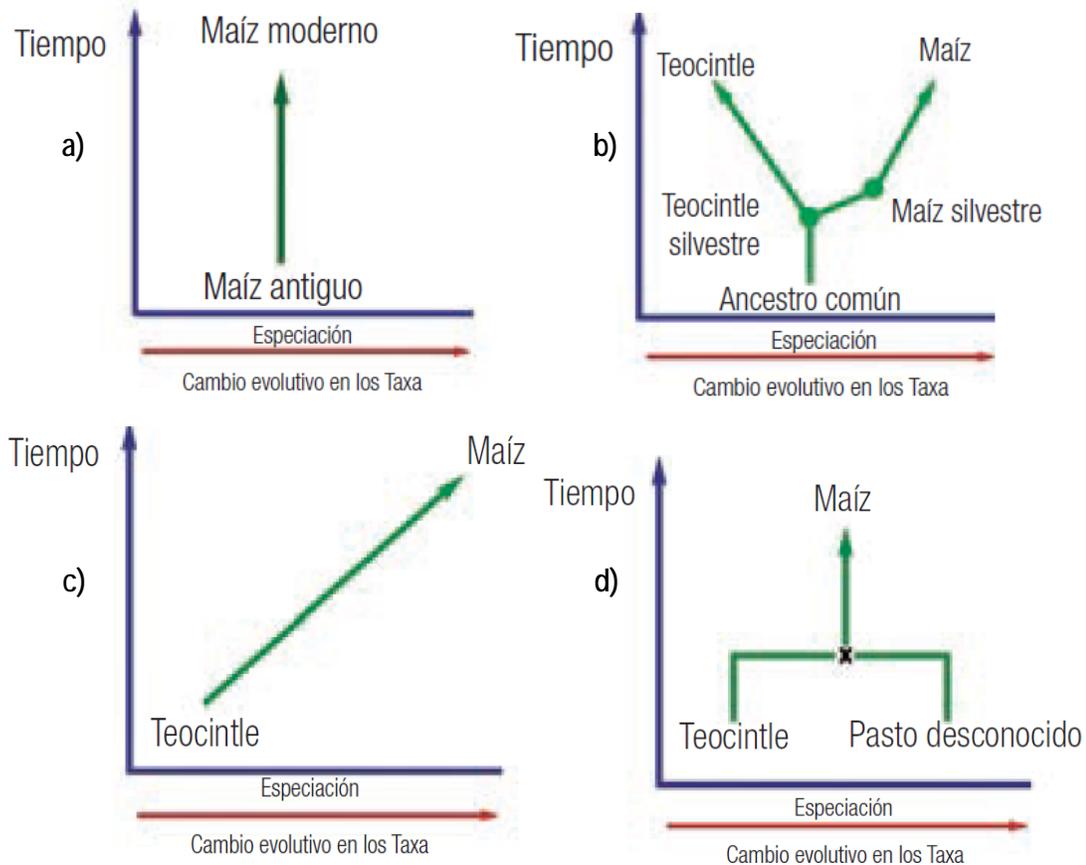
2.7. Aspectos generales del cultivo de Maíz

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América; desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica, estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta. Esta asociación entre cultura y agricultura del maíz ha motivado a científicos y humanistas a preguntarse: ¿Cuál es el origen de este cereal? ¿Cómo fue su evolución, una vez que los diferentes grupos humanos lo adoptaron y cultivaron para su provecho? Estas preguntas los han llevado a explorar el pasado y en la actualidad, junto al desarrollo científico y tecnológico, han podido descifrar varios de los enigmas que rodean la domesticación de este cultivo (Beadle, 1978).

2.1.1. Antecedentes históricos y centro de origen

Aunque no se han resuelto por completo todos los detalles que permitan explicar su origen y domesticación, los científicos tienen un consenso: "El ancestro directo del maíz es el teocintle". Sin embargo, durante más de 70 años, antes de llegar a esa conclusión se generó un riquísimo debate que contribuyó al avance del conocimiento en muchas áreas del quehacer científico (Serratos, 2009). Nikolai Vavilov (1887–1943) uno de los más grandes genetistas del siglo XX y estudioso de las plantas cultivadas, exploró ocho grandes regiones del mundo en las que se originaron las plantas cultivadas, consolidando el concepto de "centro de origen" definiéndolo como; *zona geográfica en donde se encuentra un máximo de diversidad del cultivo y en el que coexisten o coexistieron sus parientes silvestres*; tomando en cuenta tres aspectos; 1) áreas geográficas en las que se siguen cultivando; 2) se asocian a grandes extensiones de territorio y; 3) los focos primarios del origen de los cultivos se encuentran en las regiones montañosas". De acuerdo a las observaciones de Vavilov, el origen del maíz junto con aproximadamente 49 especies más, está en el Centro Primario VII que se localiza desde el centro-sur de México, hasta la mitad del territorio de Centroamérica (Harlan, 1971).

Wilkes y Goodman (1995) resumieron en forma de diagrama las diferentes teorías sobre el origen del maíz: **a)** Evolución vertical: Maíz a partir de maíz silvestre, propuesta por Kempton, (1934); Mangelsdorf, (1974, 1986); Goodman(1988); Wilkes, (1989) **b)** Evolución vertical: El maíz y el teocintle provienen de un ancestro común pero la domesticación del maíz se realiza a partir de un maíz silvestre, propuesta por Montgomery, (1906); Weatherwax, (1918, 1919, 1954) **c)** Evolución Progresiva: Maíz a partir del teocintle, propuesta por Vavilov,(1931); Beadle, (1972, 1980); de Wet y Harlan, (1972); Galinat, (1971, 1983, 1985, 1988, 1992) Iltis, (1972, 1983); Doebley, (1983); Kato, (1984) **d)** Origen del maíz por hibridación Harshberger, (1896, 1899); Collin, (1912, 1918) (Figura 1).



Fuente: (Wilkes y Goodman, 1995; Serratos, 2009)

Figura 1. Teorías acerca del origen del maíz.

2.2. Características descriptivas y clasificación taxonómica

Nombre Común: Maíz.

Origen: México, América Central (González, 1984).

Distribución: 50° LN a 40° LS (González, 1984; Purseglove, 1985).

Adaptación: Regiones tropicales, subtropicales y templadas (Doorenbos y Kassam, 1979).

Ciclo vegetativo: 80 a 180 días (Doorenbos y Kassam, 1979; Benacchio, 1982; Ruiz, 1985).

Tipo Fotosintético: C₄ (Raya y Aguirre, 2008)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

2.3. Descripción botánica de la planta

El maíz es una planta de porte robusto y de hábito anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de uno a cinco metros, con pocos macollos o ramificaciones, presentando nudos, entrenudos y una médula esponjosa. Las hojas inician en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable. Las raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, que crecen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta (Jugenheimer, 1988).

Es una planta monoica de flores unisexuales, que presenta flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta: la inflorescencia masculina es terminal, se conoce como panícula (o espiga) consta de un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico, cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen

en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen. La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y anteras, que pueden ser de coloración verde, amarilla, rojiza o morada. Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se localizan en las yemas axilares de las hojas, son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen. La mazorca puede formar alrededor de 400 a 1000 granos arreglados en promedio de ocho a veinticuatro hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas (totomoxtle), los estilos largos saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso se conocen como pelo de elote; el jilote es el elote tierno.

Por las características mencionadas, el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento, la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Reyes, 1990; Jugenheimer, 1988). En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Como cualquier otro cereal, las estructuras que constituyen el grano del maíz (pericarpio, endospermo y embrión) le confieren propiedades físicas y químicas (color, textura, tamaño, etc.) que han sido importantes en la selección del grano como alimento (Kato, 2009). Su ciclo vegetativo tiene una duración que va desde los 80 a 180 días, esto depende del material genético, ambiente en el que se desarrolle y manejo agronómico (Doorenbos y Kassam, 1979; Benacchio, 1982)

2.4. Requerimientos del cultivo de Maíz

2.4.1. Edáficos

- ✓ Textura de suelo: Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, 1982). Prospera en suelos de textura ligera a media (FAO, 1994).

- ✓ Profundidad del suelo: En suelos profundos las raíces pueden llegar a una profundidad de 2 m. El sistema ramificado se sitúa en la capa superior de 0.8 a 1 m, capa donde se absorbe el 80 % del agua del suelo. Normalmente el 100 % del agua se absorbe a una profundidad de 1 a 1.7 m (Doorenbos y Kassam, 1979).
- ✓ Salinidad: Tolera salinidad, siempre que ésta no sea mayor que 7 mmhos/cm (Benacchio, 1982). La disminución del rendimiento como consecuencia del aumento de la salinidad del suelo es la siguiente: 0% para una conductividad eléctrica de 1.7 mmhos/cm; 10 % para 2.5 mmhos/cm; 25 % para 3.8 mmhos/cm; 50 % para 5.9 mmhos/cm y 100 % para 10 mmhos/cm (Doorenbos y Kassam, 1979).
- ✓ pH: El pH óptimo está entre 5.0 y 7.5 (Moreno, 1992). Es muy sensible a la acidez, especialmente con la presencia de iones de aluminio (Montaldo, 1982).
- ✓ Drenaje: Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos, suelos inundados por más de 36 horas suelen dañar a las plantas y su rendimiento final (Barandas, 1994).

2.4.2. Climáticos

- ✓ Fotoperiodo: Es una planta de día corto (<10 h), aunque muchos cultivares se comportan indiferentes a la duración del día (Chang, 1968; Doorenbos y Kassam, 1979).
- ✓ Altitud: 0-3300; 0-1600 msnm.
- ✓ Riegos: De la siembra a la madurez requiere de 500 a 800 mm, dependiendo de la variedad y del clima. El uso consuntivo varía de 410 a 640 mm, con valores extremos de 300 a 840 mm. La deficiencia de humedad provoca reducción en el rendimiento de grano en función de la etapa de desarrollo; en el período vegetativo tardío se reduce de 2 a 4 % por día de estrés, en la floración de 2 a 13 % por día de estrés y en el llenado de grano de 3 a 7 % por día de estrés (Shaw, 1977). El período más crítico por requerimiento hídrico es el que abarca 30 días antes de la polinización.
- ✓ Humedad ambiental: Lo mejor es una atmósfera moderadamente húmeda (Benacchio, 1982).
- ✓ Temperatura: La temperatura óptima para la germinación está entre 18 y 21 °C; por debajo de 13 °C se reduce significativamente y de 10 °C hacia abajo no se presenta germinación. La mayoría de los procesos de crecimiento y desarrollo en maíz están

fuertemente influidos por temperaturas entre 10 y 28 °C (Warrington y Kanemasu, 1983). Tanto la fotosíntesis como el desarrollo de maíz son muy lentos a 10 °C y alcanzan su valor máximo de 30 a 33 °C (Duncan, 1975). Las áreas con mayores rendimientos en Estados Unidos tienen temperaturas medias entre 20 y 24 °C, con temperaturas nocturnas de 15 °C. La temperatura óptima diaria de siembra a germinación es de alrededor de 25.8 °C; de germinación a la aparición de la inflorescencia femenina entre 25 y 30 °C y desde ese período a la madurez del grano se consideran óptimas una mínima de 21°C y una máxima de 32°C (Benacchio, 1982).

- ✓ Luz: Requiere mucha insolación, por ello no son aptas las regiones con nubosidad alta. Necesita abundante insolación para máximos rendimientos. La intensidad óptima de luz está entre 32.3 y 86.1 lux (Barandas, 1994).

2.4.3. Nutricionales

La adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen desarrollo y crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Los nutrientes disponibles en el suelo generalmente limitan la producción de maíz, siendo necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización (García, 2010).

En el Cuadro 1 se indica los requerimientos (cantidad total de nutriente absorbida por el cultivo) y la extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz (Barraco *et al.*, 2009). García (2010) indica que para obtener un rendimiento de 12 t ha⁻¹ de maíz grano, se requieren absorber aproximadamente 264-48-48 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y azufre (S), respectivamente.

Cuadro 1. Requerimientos y extracción de nutrientes del cultivo de maíz para producir una tonelada de grano.

Nutriente	Requerimiento	Índice de cosecha	Extracción
	kg t		kg t
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3.0
Potasio	19	0.21	4.0
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
Boro	0.020	0.25	0.005
Cloro	0.444	0.06	0.027
Cobre	0.013	0.29	0.004
Hierro	0.125	0.36	0.045
Manganeso	0.189	0.17	0.032
Molibdeno	0.001	0.63	0.001
Zinc	0.053	0.50	0.027

(Barraco *et al.*, 2009)

2.5. Potencial de producción de Maíz grano

El rendimiento de maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie y el peso individual de los mismos (López *et al.*, 2000). El primero está en función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración, por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el cultivo debe lograr un óptimo estado fisiológico en floración, cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. El segundo depende de los componentes de crecimiento de grano tal como; la tasa, periodo total y efectivo de llenado de grano (López *et al.*, 2004).

En México, la demanda de grano de maíz para consumo humano es alrededor de 25 millones de toneladas; sin embargo, sólo se producen cerca de 23 millones de toneladas (Peña *et al.*, 2010). El valor total de la producción nacional de maíz, representa aproximadamente el 32.4 % del total de los más de 320 cultivos (Núñez y Ayala, 2009), abarcando la mitad de la superficie destinada a todos los cultivos que se siembran en el país y emplea más del 40 % (3 millones) de la fuerza de trabajo del sector agrícola, cerca de un 8 % del total de la fuerza laboral de México (Nadal, 2000; Nadal y Wise, 2005). El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal básico de la alimentación humana en el país, ocupando el segundo lugar después de Malawi (Morris, 1998), con un consumo *per cápita* de 127 kg (Pecina *et al.*, 2011).

La pauta de consumo en México es distinta a la de Estados Unidos y otros países industrializados, ya que el 68 % de todo el maíz se utiliza directamente como alimento para consumo humano; 21 % a nivel mundial. En países industrializados, incluyendo a Estados Unidos, el maíz se usa con mayor frecuencia como forraje o como insumo industrial, tendencia que recientemente comienza a enfatizar aún más en nuestro país (Nadal y Wise, 2005; Núñez y Ayala, 2009). En los últimos cinco años (2006-2010) se sembraron en promedio alrededor de 8 millones 368 mil 288 hectáreas en condiciones de riego y temporal, de las cuales el 95 % corresponde a la superficie destinada a la producción de maíz grano y el resto 5 % representa la producción de forraje en verde. Datos reportados por el SIAP (2011).

2.5.1. Producción Nacional

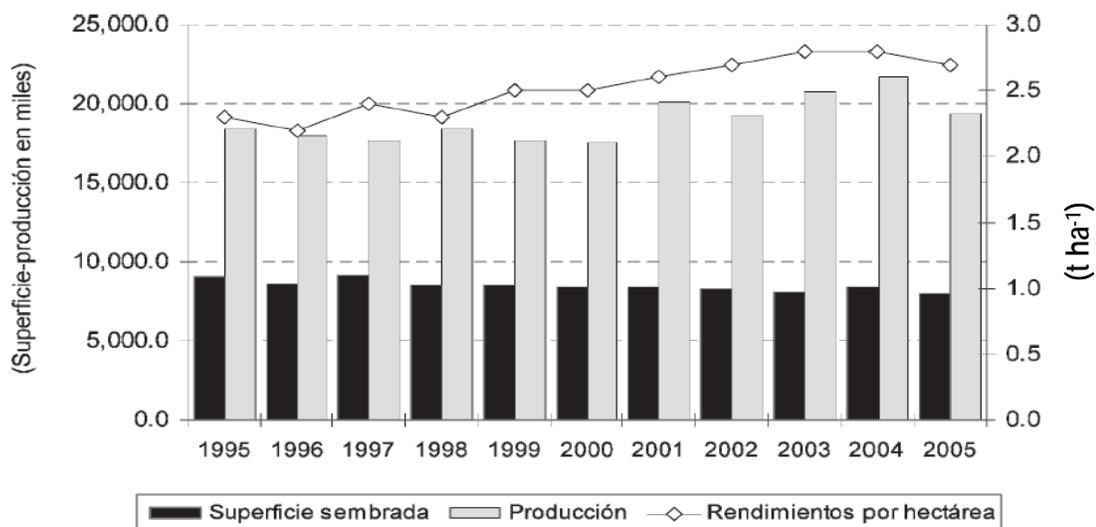
En promedio durante los últimos cinco años se sembraron 7 millones 890 mil 762 hectáreas de maíz grano, de las cuales el 18 % se produjo en condiciones de riego y el 82 % restante en condiciones de temporal, con un rendimiento promedio de 3.21 t ha⁻¹. La media por modalidad en cuanto a riego y temporal se encuentra en las 7.24 y 2.20 t ha⁻¹ de grano respectivamente. A continuación se presenta la superficie sembrada, producción y rendimientos obtenidos durante los últimos 5 años en condiciones de riego a nivel nacional (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie, rendimiento y producción nacional de maíz grano en condiciones de riego.

Año	Superficie sembrada ha ⁻¹	Superficie cosechada	Producción ton	Rendimiento t ha ⁻¹
2006	1,351,852.50	1,339,806.45	9,131,993.86	6.82
2007	1,452,322.60	1,428,915.12	10,211,646.68	7.15
2008	1,470,056.51	1,423,284.94	10,436,900.02	7.33
2009	1,410,017.98	1,394,542.99	10,219,218.18	7.33
2010	1,425,157.46	1,399,397.05	10,622,978.20	7.59
Media	1,421,881.41	1,397,189.31	10,124,547.39	7.24

(SIAP, 2011)

La superficie destinada a la producción de maíz grano, no obstante su disminución, se sigue manteniendo, mientras que los rendimientos y la producción se incrementan, como se puede observar en la Figura 2, que interrelaciona la superficie sembrada, producción y rendimientos durante los años 1995 a 2005.



Fuente: Elaborado a partir de datos del SIAP/SAGARPA y SIACON

Figura 2. Relación superficie, producción y rendimiento de maíz grano a nivel nacional.

La producción maicera se desarrolla principalmente en 14 estados del país, que por orden de importancia son: Sinaloa, Jalisco, México, Michoacán, Guerrero, Chiapas, Guanajuato, Puebla, Chihuahua, Veracruz, Oaxaca, Hidalgo, Tamaulipas, Campeche, siendo los más importantes en cuanto a volumen de producción se refiere, que en conjunto produjeron aproximadamente el 90 % de total nacional, en riego y temporal para el año de 2010. Por otro lado, con respecto a los rendimientos el estado de Sinaloa sigue ocupando el primer lugar con casi 10 t ha⁻¹ de maíz grano, siguiendo; Baja California Sur, Jalisco y Sonora con 6.1, 6 y 5.6 t ha⁻¹ respectivamente, [datos reportados por el SIAP Y la SAGARPA \(2011\)](#) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Volumen de producción y rendimiento nacional de maíz grano por estados en el 2010.

Estado	Producción	Rendimiento	Total	Avance
	ton	t ha ⁻¹		%
SINALOA	5,227,872.02	9.96	22.4	22
JALISCO	3,395,071.76	6.00	14.6	37
MEXICO	1,549,545.32	2.85	6.6	44
MICHOACAN	1,526,483.72	3.29	6.6	50
GUERRERO	1,413,973.17	3.03	6.1	56
CHIAPAS	1,394,496.30	2.03	6.0	62
GUANAJUATO	1,185,172.29	4.17	5.1	67
PUEBLA	1,080,462.01	1.90	4.6	72
CHIHUAHUA	1,068,688.96	4.40	4.6	77

VERACRUZ	973,457.57	1.92	4.2	81
OAXACA	645,531.27	1.19	2.8	84
HIDALGO	613,320.09	2.84	2.6	86
TAMAULIPAS	540,170.45	3.67	2.3	88
CAMPECHE	384,582.11	2.54	1.7	90
TLAXCALA	305,543.96	2.55	1.3	91
ZACATECAS	292,194.92	1.57	1.3	93
QUERETARO	282,426.61	2.71	1.2	94
DURANGO	249,437.30	1.49	1.1	95
SONORA	240,953.50	5.58	1.0	96
NAYARIT	176,223.69	4.06	0.8	97
SAN LUIS POTOSI	165,768.47	1.02	0.7	97
YUCATAN	120,541.53	0.82	0.5	98
TABASCO	104,467.40	1.56	0.4	98
MORELOS	94,008.03	3.21	0.4	99
NUEVO LEON	60,735.40	2.31	0.3	99
QUINTANA ROO	55,779.45	0.83	0.2	99
AGUASCALIENTES	51,629.61	2.60	0.2	100
COAHUILA	39,277.52	1.19	0.2	100
COLIMA	38,141.05	3.02	0.2	100
BAJA CALIFORNIA SUR	17,094.55	6.12	0.1	100
DISTRITO FEDERAL	8,828.95	1.61	0.0	100
TOTAL	23,301,878.98	2.97	100	100

(SIAP y SAGARPA, 2011)

2.5.2. Producción Regional

La Comarca Lagunera de México, está integrada por 5 municipios del estado de Coahuila (Torreón, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Francisco I. Madero, Viesca) y 10 del estado de Durango (Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí, San Pedro del Gallo, San Luis del Cordero, Rodeo, Nazas, General Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe).

Específicamente en la Comarca Lagunera de Coahuila durante los últimos cinco años se sembraron en promedio 578 hectáreas de maíz grano, 414 (72 %) de ellas se sembraron bajo condiciones de riego y el resto, 163 hectáreas (28 %) en condiciones de temporal. Los rendimientos fluctúan entre 4 y 1 t ha⁻¹ para riego y temporal respectivamente. A continuación se presentan los datos de producción y rendimientos obtenidos durante los últimos 5 años en la región Lagunera de Coahuila (Cuadro 4).

Cuadro 4. Superficie, rendimiento y producción de maíz grano bajo condiciones de riego, en la región Lagunera de Coahuila.

Año	Superficie sembrada ha ⁻¹	Superficie cosechada ha ⁻¹	Producción ton	Rendimiento t ha ⁻¹
2006	337	337	1,115.00	3.31
2007	827	827	3,476.00	4.2
2008	625	625	2,120.00	3.39
2009	179	179	857	4.79
2010	104	97	263	2.71
Media	414.4	413	1,566.2	3.68

(SIAP, 2011)

2.6. Potencial de producción de Maíz forrajero

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

2.6.1. Producción Nacional

Del 2006 al 2010 se sembraron cerca de 452 mil 378 hectáreas de maíz para forraje verde en condiciones de riego y temporal, con un rendimiento promedio de 27.79 t ha⁻¹ de forraje verde, de las cuales el 26 % representa la superficie sembrada en condiciones de riego, y el 74 % restante, sembrada en condiciones de temporal. La media de rendimiento en cuanto a modalidad de producción se refiere; riego y temporal, se encuentra en las 48.09 y 18.85 t ha⁻¹ de forraje verde respectivamente. Estos rendimientos son bajos, pues el potencial de producción de forraje en las áreas de riego es superior a las 70 t ha⁻¹ de forraje verde y 20 t ha⁻¹ de materia seca (Núñez *et al.*, 1999; Tovar *et al.*, 2002). A continuación se presenta la superficie sembrada, producción y rendimientos obtenidos de forraje verde durante los últimos cinco años en condiciones de riego a nivel nacional (Cuadro 5).

Cuadro 5. Superficie, rendimiento y producción nacional de forraje verde de maíz en condiciones de riego.

Año	Superficie sembrada ha ⁻¹	Superficie cosechada	Producción ton	Rendimiento t ha ⁻¹
2006	108,709.96	108,461.01	5,177,710.65	47.74
2007	119,751.24	119,544.74	6,057,477.80	50.67
2008	117,899.68	116,119.94	5,384,783.36	46.37
2009	121,241.23	121,059.23	5,659,228.80	46.75
2010	127,605.49	126,737.99	6,199,140.77	48.91
Media	119,041.52	118,384.58	5,695,668.28	48.09

(SIAP, 2011)

En el 2010, el 84 % de la producción total de forraje verde en condiciones de riego y temporal, lo produjeron en conjunto 8 estados del país, que por orden de importancia son: Jalisco, Durango, Aguascalientes, México, Chihuahua, Nuevo León, Querétaro y Coahuila. El estado con mayor producción de forraje verde es Jalisco, en donde se cosecharon 2 millones 19 mil 513 toneladas, pero únicamente alcanzó un rendimiento de 20.33 t ha⁻¹; en este mismo año, Querétaro fue el estado que presentó el mayor rendimiento con un valor de 63.07 t ha⁻¹, seguido por Baja California Sur y Coahuila con 49.30 y 46.53 t ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Volumen de producción y rendimiento nacional de forraje verde de maíz por estados en el 2010.

Estado	Producción ton	Rendimiento t ha ⁻¹	Total	Avance %
JALISCO	2,019,513.04	20.33	19	19
DURANGO	1,459,707.15	37.09	14	33
AGUASCALIENTES	1,090,743.95	21.96	10	44
MEXICO	1,032,530.41	46.41	10	54
CHIHUAHUA	912,931.97	17.88	9	63
NUEVO LEON	819,578.00	15.39	8	70
QUERETARO	735,354.00	63.07	7	77
COAHUILA	711,721.60	46.53	7	84
ZACATECAS	460,129.30	5.62	4	89
TLAXCALA	352,855.86	39	3	92
GUANAJUATO	263,536.00	45.32	3	95
PUEBLA	199,053.94	36.62	2	97
HIDALGO	134,223.00	40.95	1	98
COLIMA	67,070.00	27.45	0.6	99

NAYARIT	66,889.65	32.68	0.6	99
OAXACA	26,977.27	35.4	0.3	99
VERACRUZ	16,485.00	26.42	0.2	100
SAN LUIS POTOSI	16,010.00	17.4	0.2	100
GUERRERO	14,148.00	36	0.1	100
DISTRITO FEDERAL	4,583.00	17.04	0.0	100
BAJA CALIFORNIA SUR	4,227.25	49.3	0.0	100
SONORA	3,600.65	10	0.0	100
YUCATAN	2,036.00	20.99	0.0	100.00
TOTAL	10,413,905.04	30.81	100.00	

(SIAP y SAGARPA, 2011)

2.6.2. Producción Regional

En la Comarca Lagunera de México, la producción de bovinos de leche, es la principal actividad agropecuaria (Cueto *et al.*, 2006), lo que implica una alta demanda de forraje de calidad para balancear las dietas del ganado (Reta *et al.*, 2007). El ensilaje de maíz es un componente importante en las raciones de ganado bovino (30 a 40 %), esto se debe a que es un forraje de alto valor energético (Barrière y Argillier, 1997).

En la Comarca Lagunera de Coahuila durante los últimos cinco años se sembraron 11 mil 956 hectáreas de maíz para forraje verde en condiciones de riego, con un rendimiento promedio de 45.59 t ha⁻¹ (Cuadro 7). No se reportan datos de siembras en temporal. Datos proporcionados por la SAGARPA y el SIAP^a (2011).

Cuadro 7. Superficie, rendimiento y producción de forraje verde de maíz bajo condiciones de riego, en la región Lagunera de Coahuila.

Año	Superficie sembrada ha ⁻¹	Superficie cosechada ha ⁻¹	Producción ton	Rendimiento t ha ⁻¹
2006	11,023.00	11,023.00	509,990.00	46.27
2007	11,353.00	11,353.00	504,336.00	44.42
2008	10,597.10	10,597.10	475,802.00	44.9
2009	11,979.00	11,969.00	546,237.00	45.64
2010	14,829.00	14,180.00	662,293.00	46.71
Media	11,956.22	11,824.42	539,731.60	45.59

(SIAP, 2011)

2.6.3. Calidad del forraje de Maíz

La calidad de forraje de maíz está determinada por la capacidad de proveer los requerimientos nutricionales a los animales incluyendo su aceptabilidad, composición química y digestibilidad (Cantú, 2003). La digestibilidad del maíz está influenciada tanto por el contenido de grano como por la digestibilidad del tallo y esto depende de la composición del contenido celular y de la pared celular (Argillier *et al.*, 2000). El contenido celular es en su mayor parte digestible, en cambio, la pared celular lo es menos y de digestibilidad variable (Wolf *et al.*, 1993). La pared celular es la fracción fibrosa del forraje, compuesta por la fibra detergente neutra (FDA) y ácida (FDA). La FDN constituida por celulosa, lignina y hemicelulosa, en tanto que la FDA por celulosa y lignina; la primera relacionada con la ingesta de materia seca y la segunda, estrechamente relacionada con la fracción no digestible del forraje. Wolf *et al.* (1993) señala que se ha encontrado variabilidad en el contenido de FDN en hojas y tallos con valores de 57.9 a 65 % y de 30 a 60 % del total y variaciones en la digestibilidad de las fibras en híbridos que fluctúan de 24.8 a 61.5 %. Herrera (1999) y Olague *et al.* (2006) indican que un maíz de alta calidad forrajera es aquél que presenta valores de FDA de 25 a 32 %, FDN de 40 a 52 %, total de nutrientes digeribles (TND) superiores a 65 % y una energía neta de lactancia (ENL) de 1.45 Mcal kg⁻¹ o más. Núñez y Cantú (2000) señalan que ambientes con temperaturas más altas como la región Lagunera de Coahuila, pueden causar disminución en la calidad forrajera, debido al aumento en la concentración de fibras y de lignina.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área geográfica donde se estableció el experimento

El estudio se realizó en el 2010 y 2011 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), en Torreón Coahuila, México. Municipio que se encuentra en la Comarca Lagunera, ubicada geográficamente entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1120 msnm (Palomo *et al.*, 2004). Las medias mensuales de temperaturas, unidades calor (UC) y precipitaciones que se presentaron durante la conducción de los experimentos, se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Medias mensuales de temperaturas, unidades calor (UC) y precipitaciones, que se presentaron durante la conducción de los experimentos en los años 2010 y 2011.

Mes	2010					2011				
	Máxima	Mínima	Media	UC	Precipitación	Máxima	Mínima	Media	UC	Precipitación
	°C				mm	°C				mm
Abril	31.69	14.30	23.36	400.80	12.4	35.07	15.03	25.84	475.20	0.00
Mayo	35.42	18.14	27.31	536.61	13.8	35.37	18.02	27.24	534.44	0.60
Junio	35.62	21.74	28.82	564.60	50.4	36.29	21.53	29.76	592.80	0.00
Julio	32.05	21.19	26.39	508.09	102.2	34.35	22.05	28.38	569.78	0.80
Agosto	35.09	22.01	28.86	584.66	2.4	35.94	22.72	29.67	609.77	6.40
Septiembre	31.93	19.39	25.61	468.30	69.8	33.18	18.34	26.38	491.40	1.20
Octubre	30.20	11.56	21.17	346.27	0.0	30.92	14.16	22.67	392.77	0.00
Noviembre	26.17	5.79	15.90	177.00	0.0	26.19	7.88	17.09	212.70	0.20
Totales	32.27*	16.77*	24.68*	3,586+	251+	33.41*	17.47*	25.88*	3,879+	9.20+

* Promedios, +Acumulados.

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

3.2. Material genético

Se utilizaron ocho híbridos de maíz, de los cuales cuatro de ellos fueron de ciclo intermedio y cuatro de ciclo precoz, todos pertenecientes a diferentes empresas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Híbridos de maíz de ciclo intermedio y ciclo precoz establecidos y evaluados en el experimento.

Híbridos	Empresa	Ciclo biológico
Río Grande	Avante(VMV)	Intermedio
Arrayan	Agribiotech	Intermedio
Genex 778	Genex	Intermedio
Narro 2010	UAAAN	Intermedio
Advance 2203	Syngenta	Precoz
DAS 2358	Dow	Precoz
P4082W	Pionner	Precoz
HT9150W	Agribiotech	Precoz

3.3. Labores de cultivo

Las labores de cultivo realizadas en el experimento, fueron las convencionales que se realizan en cada ciclo agrícola productivo en la región Lagunera, permitiendo así el desarrollo óptimo que inicia desde la germinación de la semilla hasta la cosecha del producto final.

3.3.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno fue el paso previo a la siembra y se hizo con el fin de propiciar un medio favorable para el buen desarrollo del cultivo.

3.3.1.1. Barbecho: Esta labor se realizó con un arado de discos, con el objeto de invertir la posición del suelo a una profundidad de 30 cm, logrando así la incorporación de residuos de cosechas y la destrucción por medio de la exposición a la intemperie de plagas y malezas que pudieran estar presentes en el suelo.

3.3.1.2. Rastreo: Se realizó con el fin de desintegrar los terrones que quedaron en el barbecho y desmenuzar los tallos, tanto de malezas como de las plantas que se cultivaron en el ciclo anterior, esta labor se efectuó por medio de un arado de rastreo compuesto por dos hileras de discos.

3.3.1.3. Nivelación: Esta actividad se realizó por medio de una escropa y se hizo con el fin de emparejar la superficie del suelo para lograr la distribución uniforme del agua de riego.

3.3.1.4. Surcado: Con el objeto de eficientar el uso del agua y facilitar las labores correspondientes, los surcos se trazaron con un arado de cinceles suspendidos en una barra de soporte, a una distancia de 0.75 y 0.1 m de ancho y profundidad respectivamente.

3.3.2. Siembra

La siembra se realizó manualmente a una profundidad de 3 cm aproximadamente en los ciclos de primavera y verano de cada año. Las fechas de siembra fueron: 4 de mayo y 1 de julio para 2010, 13 de abril y 13 de junio para 2011.

Las siembras se hicieron en seco, posteriormente se aplicó un riego ligero. Con el fin de lograr una población aproximada de 88 mil plantas por hectárea, en los dos años se realizó el desahije. En el 2010 se efectuó a los 23 días después de la siembra (DDS) para primavera y 21 DDS para verano y para el 2011 se realizó a los 22 y 24 DDS.

En ambos años se realizó un aporque al cultivo con el objeto de darle mayor resistencia a la planta, asegurando así su buen desarrollo: para el 2010 se efectuó a los 28 DDS para primavera y 20 DDS para verano, para el 2011 se realizó a los 31 y 25 DDS respectivamente.

3.3.3. Riego y fertilización

El sistema de riego empleado en los dos años fue el de gravedad y se realizó mediante un sistema de tubería con multicompuertas, dando un total de 4 riegos de auxilio durante la etapa fenológica de cada cultivo con una lámina aproximada de 70 cm por ciclo, los cuales fueron aplicados como se señala en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Riegos aplicados durante la etapa fenológica de cada cultivo.

Riegos	2010		2011	
	Primavera	Verano	Primavera	Verano
	DDS			
1° auxilio	16	21	15	15
2° auxilio	34	41	38	37
3° auxilio	52	59	60	59
4° auxilio	78	80	81	80

DDS = días después de la siembra

En el suelo donde se estableció el cultivo, antes del primer ciclo de producción (primavera) de cada año (2010 y 2011), en la estación de otoño-invierno se estableció el cultivo de avena forrajera sin fertilizar, lo anterior se hizo con el objetivo de blanquear el suelo y así minimizar el efecto de residuos minerales.

Referente a la fertilización del cultivo, todos los tratamientos en los dos ciclos y en ambos años, recibieron la misma dosis de fertilización: 150-80-00 (N, P, K), utilizando Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ como fuente de nitrógeno (N) y Fosfato Monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) MAP como fuente de fósforo (P_2O_5). La fertilización se llevó a cabo aplicando el 50 % de N y el total de P_2O_5 durante la siembra, completando la dosis de N antes del segundo riego de auxilio.

3.3.4. Control de plagas y malezas

3.3.4.1. Control de plagas: El control de plagas durante todo el ciclo de crecimiento del cultivo se realizó mediante aplicaciones de insecticida, efectuándose de la siguiente manera.

- a) Para el año 2010 se hicieron 6 aplicaciones en total, 3 en cada ciclo (Primavera y Verano). En primavera la primera se hizo a los 46 DDS para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) aplicando una mezcla de CLORVER® 480 CE (Clorpirifós etil) y CYTRIN® 200 (Cipermetrina) con dosis de 1 y 0.25 L ha⁻¹ respectivamente. La segunda se efectuó a los 53 DDS aplicando CYTRIN® 200 y MALATION® 1000 en dosis de 0.5 L ha⁻¹ para el control de diabrotica (*Diabrotica* spp) y pulga saltona (*Chaecotonema* spp). Posteriormente a los 74 DDS se hizo una aplicación igual a la primera para el control de gusano elotero (*Heliothis zea*). Para el ciclo de verano se hicieron aplicaciones de CLORVER 480 CE® (Clorpirifós etil) y CYTRIN® 200 (Cipermetrina) con dosis de 1 y 0.25 L ha⁻¹ a los 19, 35, y 46 DDS para el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*).
- b) En el 2011 se hicieron cuatro aplicaciones en total, dos en cada ciclo; para primavera se realizó a los 31 y 56 DDS y 22 y 42 DDS para verano; todas ellas para el control de gusano cogollero (*S. frugiperda*), en el primer control de cada ciclo se hicieron aplicaciones de CLORVER® 480 CE y en el segundo control se aplicó una mezcla de CLORVER® 480 CE y CYTRIN® 200 con dosis de 1 y 0.25 L ha⁻¹ en ambos ciclos.

Las primeras aplicaciones de producto en cada ciclo se realizaron mediante una fumigadora manual de mochila de la marca GIBER® GM-20 con capacidad para 20 L, posteriormente cuando las plantas rebasaban los 60 cm de altura las aplicaciones se efectuaron mediante una fumigadora de motor de la marca ECHO® DM 4610 de igual capacidad que la anterior.

3.3.4.2. Control de malezas

El control de malezas para los dos años se realizó químicamente en etapa inicial de cada siembra con el herbicida agrícola suspensión acuosa PRIMAGRAM GOL® (Atrazina + S-Metolaclor) con una dosis de 5 L ha⁻¹ y posteriormente se realizó manualmente con la ayuda de palas y azadones.

Para el año 2010 se hicieron 2 aplicaciones, una en cada ciclo: 4 y 5 DDS respectivamente. Para el 2011 se aplicó a los 6 DDS para primavera, 3 y 18 DDS para verano. Todas las aplicaciones se hicieron con una fumigadora manual de 20 L.

3.4. Cosecha

- a) En el 2010 la cosecha en ambos ciclos se realizó de la siguiente manera: Para primavera el forraje se cosecho a los 90 DDS y para la producción de grano y acumulación de biomasa los parámetros se midieron a los 136 DDS. Para el ciclo de verano la cosecha para forraje se efectuó a los 97 DDS y para la producción de grano y biomasa acumulada la cosecha se realizó a los 149 DDS.
- b) En el 2011 la cosecha para determinar la producción de forraje en los ciclos de primavera y verano se realizaron a los 94 y 92 DDS respectivamente y la cosecha para la producción de grano en primavera se realizó a los 131 DDS.

Para determinar la fecha de cosecha de forraje y grano en los dos años. El forraje se cosecho cuando el grano se encontraba a $\frac{1}{3}$ de la línea de leche (Núñez *et al.*, 2001) y a madurez fisiológica total para la producción de grano y producción de biomasa total.

3.5. Variables agronómicas evaluadas

Para todas las variables agronómicas evaluadas se consideró, la fecha de inicio de floración masculina (FM), femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM). El rendimiento total de forraje verde (RFV) y grano (RG) se estimó en una parcela útil de dos surcos centrales (uno para forraje y uno para grano) de 3 metros de longitud (2.25 m^2), esto con el fin de cosechar plantas en competencia completa. Las variables medidas en unidades de masa $\leq 0.5 \text{ kg}$ se midieron en una balanza de precisión TRANSCCELL TECHNOLOGY®, INC. Modelo ESW con capacidad de $0.5 \times 0.001 \text{ kg}$ y las $\geq 0.5 \text{ kg}$ se obtuvieron mediante una báscula digital de la marca REVUELTA® modelo ERCG 30-HS con capacidad para $30 \times 0.02 \text{ kg}$. Las unidades de longitud se midieron con un vernier TRUPER® de 0.15 m y una regla metálica de 0.30 m , únicamente las alturas de planta y mazorca fueron tomadas por medio de un estadal topográfico de aluminio de 4 m de longitud.

3.5.1. Rendimiento total de forraje verde (RFV) y materia seca (MS): De la parcela útil cosechada se contó y peso por separado las plantas y elotes en verde, para finalmente obtener por adición el RFV. Para determinar el rendimiento de MS, el porcentaje de humedad se calculó tomando aleatoriamente tres plantas enteras por parcela, las cuales se trituraron en un molino de Roto Martelo Móvel con malla de fondo liso de la marca NOGUEIRA® modelo DPM Júnior 3 HP con rotación de $2,500 \text{ RPM}$. Una vez realizado lo anterior, se tomó una muestra fresca homogénea de 0.5 kg , que fue secada al sol y posteriormente en un horno digital de la marca FELISA® modelo FE-293AD a una temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta lograr un peso constante, para finalmente determinar la MS en base al RFV.

3.5.2. Rendimiento de grano (RG): De la parcela útil cosechada, se contó el número total de plantas y mazorcas producidas, las mazorcas fueron pesadas inmediatamente para obtener así el peso de campo de mazorca. Para medir las variables agronómicas se tomaron tres mazorcas por parcela y se obtuvieron los siguientes datos: peso, longitud, diámetro, número de hileras por mazorca y número de granos en tres hileras por mazorca, posteriormente se desgrano cada una de las mazorcas y se determinó el diámetro, peso del olote y peso de grano por mazorca. Finalmente se desgranó y peso el resto de las mazorcas cosechadas (sumándole el peso de

grano de las tres mazorcas tomadas para determinar las variables agronómicas), obteniendo de esta manera el RG en toneladas por hectárea. Con el fin de obtener las características del grano se tomó una muestra de 10 granos por tratamiento y se midió el ancho, largo y espesor de cada uno de ellos.

3.5.3. Producción de biomasa total (PBT) y su distribución en los órganos de la planta: Una vez que el cultivo alcanzó su madurez fisiológica total, se tomaron dos plantas por parcela y se separó cada uno de sus órganos (hojas, tallos, mazorca, bráctea y espiga), posteriormente fueron secados en el horno digital de la marca FELISA® a 70 °C hasta lograr un peso constante de cada órgano, obteniendo de esta manera la distribución y por adición de los mismos la PBT.

3.5.4. Calidad forrajera: Una vez secas las muestras utilizadas para obtener la MS, estas fueron sometidas a un proceso de molienda, la primera se realizó en el molino "NOGUEIRA" con una malla de 3 mm, posteriormente la segunda se efectuó en un molino de café de la marca KRUPS® con capacidad de 85 g. Hecho lo anterior se tomó una sub-muestra de 50 g de cada muestra molida para determinar la Fibra Detergente Neutra y Acida (FDN y FDA) por los métodos que se detallan a continuación:

3.5.4.1. Determinación de fibra detergente neutra (FDN) y acida (FDA): El análisis bromatológico se determinó bajo la metodología de [Van Soest et al. \(1991\)](#) utilizando un analizador de fibras ANKOM 220. El ensayo consistió en tomar 0.500 ± 0.01 g de cada muestra que fue depositada en una bolsa de papel filtro (ANKOM No. F57). Posteriormente las muestras fueron colocadas en el analizador de fibras y se le agregó 2 L de solución en el vaso de digestión, para el análisis de FDA (**Cuadro 11**) y 20 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 4 ml de alfa amilasa para la FDN (**Cuadro 12**). Posteriormente las muestras para determinar FAD y FND fueron digeridas en el analizador de fibras por un lapso de 60 minutos a una temperatura de $100 \pm 1^\circ\text{C}$. Cuando el tiempo de digestión fue alcanzado, se retiraron y lavaron con agua destilada caliente (100°C), efectuándose 3 veces este proceso. Para el análisis de FDN se agregaron 4 ml de alfa amilasa a cada uno de los dos primeros enjuagues. Posteriormente se retiraron las muestras y se colocaron en un vaso de precipitado de 500 ml, donde se les añadieron 200 ml de acetona por un tiempo de 3 minutos, con la finalidad de eliminar probables residuos de las soluciones utilizadas. Realizado lo anterior las muestras fueron expuestas al medio ambiente por un lapso de 45

minutos para que se evaporara la acetona, enseguida, las muestras se colocaron en una estufa a $105^{\circ} \pm 1^{\circ}C$ de temperatura por 24 horas. Finalmente, se pesaron las muestras en una balanza analítica. Con los datos obtenidos bajo este procedimiento, se determinó el porcentaje de FDN y FDA con la fórmula siguiente:

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

Dónde:

W_1 = Peso de la bolsa antes del análisis

W_2 = Peso de la muestra

W_3 = Peso final

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

Dónde:

W_{BA} = Peso del blanco analizado

W_B = Peso del blanco sin analizar

Cuadro 11. Reactivos de preparación de la solución empleada en la determinación de fibra detergente acida (FDA).

Reactivo	Formula	Cantidad	Unidades
Bromuro de cetylTrimetilamonio	$(CH_3(CH_2)_{15}N(CH_3)_3 Br$	20	g
Ácido sulfúrico	H_2SO_4	1	l

Cuadro 12. Reactivos de preparación de la solución para análisis de la fibra detergente neutra (FDN).

Reactivo	Formula	Cantidad	Unidades
Lauril sulfato de sodio	$C_{12}H_{25}O_4SNa$	150	g
Sal disódica	EDTA	93.05	g
Tetrabaorato de sodio decahidratado		34.05	g
Fosfatoácidodisódico	Na_2HPO_4	22.80	g
Agua destilada		5	l
Etilenglicol		50	ml

Todos los datos obtenidos se analizaron en el programa estadístico SAS System (SAS Inst., 2002-2008) mediante el procedimiento de análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental utilizado ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$). La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS, $p < 0.05$). También se realizaron análisis de correlación simple entre las variables medidas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de grano (RG) y sus componentes

El análisis estadístico mostro diferencias altamente significativa ($p \leq 0.01$) para rendimiento de grano (RG) y mazorca (RM) entre ciclos y genotipos así como para la interacción ciclo por genotipo. El RG promedio fue superior para el ciclo de primavera 2010 (P2010), en comparación al ciclo de primavera 2011 (P2011), con una diferencia de 1,094 kg ha⁻¹, sin embargo la diferencia entre P2010 fue aún más marcada en comparación con el RG obtenido en el ciclo de verano 2011 (V2010), ya que este presento un rendimiento de 5,251 kg ha⁻¹ menos que en primavera (Cuadro 13). El RG y RM fueron significativamente mayores en siembras de primavera con respecto a la de verano, a pesar de que existieron diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos en los ciclos de P2010 y P2011. Lo anterior se atribuye al afecto de las variaciones ambientales y climáticas (variación de temperatura y humedad relativa, precipitación, etc.) que existen de un ciclo a otro, afectando así el comportamiento de las plantas. Esto concuerda con lo que señala [Jost y Cothren \(2000\)](#) y [Palomo *et al.*, \(2004\)](#), que es normal obtener diferentes rendimientos a través de los años por causas como: diferencias en las condiciones climatológicas prevaecientes durante el ciclo del cultivo, calidad del suelo y manejo del mismo. En el presente estudio, las posibles causas de las diferencias en el rendimiento son: la temperatura, precipitación y fecha de siembra. Donde en el 2010 se tuvo una temperatura máxima, mínima y media de 32.27, 16.77 y 24.68 °C respectivamente, con una precipitación promedio de 251 mm, en contraste con el 2011 donde la temperatura máxima, mínima y media fue de 33.41, 17.47 y 25.88 °C respectivamente, con apenas 9.20 mm de precipitación, durante los meses de desarrollo de los experimentos (Abril a Noviembre).

En los componentes de rendimiento, casi todas las variables evaluadas presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.01$) entre ciclos y genotipos, a excepción del número de hileras por mazorca entre ciclos y longitud de mazorca entre genotipos, variables que no presentaron diferencia alguna. Cabe aclarar que para los ciclos de P2010 y P2011 únicamente la floración masculina, femenina, altura de plantas y mazorcas presentaron diferencias significativas entre sí, todas las demás variables entre estos dos ciclos no existió diferencias significativas, sin embargo si la hubo entre primavera y verano.

Para el caso de la interacción ciclo por genotipo únicamente existió diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) para la floración femenina, altura de plantas y mazorca, diámetro de mazorca y número de granos por hilera, todas las demás no presentaron diferencias.

De los ocho genotipos evaluados cuatro de ellos presentaron RG estadísticamente iguales, destacando los híbridos HT9150W y DAS2358, con rendimientos de 9,877 y 9,509 kg ha⁻¹ de grano respectivamente. En este grupo los menos rendidores fueron P4082W y Río Grande, con un rendimiento de 9,431 y 9,396 kg ha⁻¹ para cada uno de ellos. El alto RG y RM en el híbrido HT9150W se debe a los altos valores que presentó en el peso individual de mazorca y grano, lo que es correcto y concuerda con lo que señalan López *et al.*, (2000) donde mencionan que el RG es función del número y peso individual del grano por unidad de superficie. El híbrido Arrayan también presentó un alto valor en el diámetro de mazorca, peso individual de mazorca y grano pero a la vez presentó un alto valor en diámetro de olote y bajo número de granos por hilera, lo que lo colocó en quinto lugar con un rendimiento promedio de 8,817 kg ha⁻¹. Cabe destacar que seis de los ocho híbridos evaluados se encuentran por encima de la media nacional (7,000 Kg ha⁻¹; SIAP, 2011), lo que los coloca en segundo lugar de rendimiento nacional promedio, después del estado de Sinaloa, siendo ellos ordenados de forma descendente; HT9150W, DAS2358, P4082W, Río Grande, Arrayan, Narro 2010, a diferencia de dos de ellos que obtuvieron rendimientos menores, tal es el caso de los híbridos Advance2203 y Genex 778 quienes obtuvieron rendimientos de 6,986 y 5,560 kg ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 14). Todos los RG obtenidos en los híbridos evaluados, se encuentran por encima de la media regional de la Comarca Lagunera de Coahuila, que de acuerdo a la SAGARPA, (2011) se obtienen en promedio cerca de 4 mil kg ha⁻¹. Por otro lado, la media general de rendimiento de grano supera por 540 kg ha⁻¹ al resultado máximo obtenido por Reta y Faz, (1999) en la misma región.

Existe una alta asociación entre el RG con variables agronómicas, tal es el caso de la floración masculina y femenina que se asocian positivamente con el rendimiento de grano y mazorca (Cuadro 15). Reta *et al.*, (2000) indican que probablemente el mayor rendimiento de grano en primavera se debe al desarrollo de una mayor capacidad fotosintética por efecto de un ciclo de desarrollo más largo en la etapa vegetativa y mayor índice de área foliar, situación que coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde la emergencia de los estigma se presentó diez días después en primavera con respecto al ciclo de verano.

Cuadro 13. Rendimiento de grano y sus componentes obtenidos en los ciclos de primavera y verano para el estudio realizado con híbridos élite de maíz en la Región Lagunera de Coahuila.

Ciclo	Variables													
	RG	RM	FM	FF	AP	AM	LM	PIM	PGM	PO	DM	DO	NHM	NGH
	kg ha ⁻¹		días		cm			g			mm			
P2010	10,527 a	12,596 a	74 b	77 b	232 a	119 b	17 a	218 a	194 a	30 a	48 a	26 a	15 a	39 a
P2011	9,433 b	11,318 b	77 a	80 a	223 b	124 a	17 a	217 a	193 a	28 a	48 a	26 a	15 a	38 a
V2010	5,276 c	8,922 c	66 c	68 c	195 c	101 c	15 b	199 b	170 b	25 b	46 b	24 b	15 a	34 b
MEDIA	8,412	10,945	72	75	217	115	16	211	186	28	47	25	15	37

P = Primavera; V = Verano; RG = Rendimiento de grano; RM = Rendimiento de mazorca; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; LM = Longitud de mazorca; PIM = Peso individual de mazorca; PGM = Peso de grano por mazorca; PO = Peso de olote; DM, DO = Diámetro de mazorca y olote; NHM = Número de hileras por mazorca; NGH = Número de granos por hilera. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Cuadro 14. Rendimiento de grano y sus componentes en híbridos élite de maíz con siembras de primavera y verano.

Híbridos	Variables													
	RG	RM	FM	FF	AP	AM	LM	PIM	PGM	PO	DM	DO	NHM	NGH
	kg ha ⁻¹		días		cm			g			mm			
HT9150W	9,877 a	11,793 a	77 a	80 a	215 cd	108 b	16 b	229 a	202 a	29 ab	51 a	27 a	16 a	36 bcd
DAS2358	9,509 ab	11,603 a	78 a	80 a	210 de	114 b	17 ab	215 a	189 ab	27 b	46 cd	25 b	15 cd	39 a
P4082W	9,431 ab	12,823 a	76 b	79 b	227 a	123 a	16 c	215 a	193 ab	32 a	49 ab	27 a	17 a	38 a
Rio Grande	9,396 ab	12,294 a	76 b	78 b	214 cd	113 b	17 ab	216 a	186 ab	29 ab	48 bc	27 a	16 abc	39 a
Arrayan	8,817 b	11,759 a	69 c	71 c	222 abc	114 b	16 b	228 a	198 ab	31 ab	50 a	27 a	16 ab	35 cd
Narro 2010	7,718 c	10,260 b	69 c	71 c	225 ab	122 a	17 bc	208 a	179 b	29 ab	45 d	25 b	14 e	38 ab
Advance2203	6,986 c	8,829 c	68 d	70 d	204 e	100 c	16 bc	169 b	150 c	19 c	44 e	23 c	15 de	34 d
Genex778	5,560 d	8,201 c	68 d	70 d	217 bcd	126 a	15 c	112 c	130 c	27 b	45 d	24 bc	15 bcd	36 c
MEDIA	8,412	10,945	72	75	217	115	16	211	186	28	47	25	15	37
C.V	9.6	12	1.6	1.1	4.1	6.2	8	13.5	12.7	15.9	3.7	4.7	6.7	7.8

RG = Rendimiento de grano; RM = Rendimiento de mazorca; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; LM = Longitud de mazorca; PIM = Peso individual de mazorca; PGM = Peso de grano por mazorca; PO = Peso de olote; DM, DO = Diámetro de mazorca y olote; NHM = Número de hileras por mazorca; NGH = Número de granos por hilera; CV = Coeficiente de variación. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Cuadro 15. Correlación entre rendimiento de grano y sus componentes en híbridos de maíz.

	RG	RM	FM	FF	AP	AM	LM	PIM	PGM	PO	DM	DO	NHM	NGH
	kg ha ⁻¹		días		cm			g			mm			
RG	1													
RM	0.86**	1												
FM	0.78**	0.65**	1											
FF	0.77**	0.63**	0.98**	1										
AP	0.67**	0.54*	0.48*	0.49*	1									
AM	0.44	0.32	0.43	0.43	0.77**	1								
LM	0.37	0.22	0.36	0.35	0.51*	0.52*	1							
PIM	0.57*	0.57**	0.36	0.34	0.30	0.31	0.50*	1						
PGM	0.55*	0.51*	0.44	0.44	0.42	0.41	0.59**	0.91**	1					
PO	0.43	0.44	0.39	0.38	0.44	0.32	0.24	0.56*	0.56*	1				
DM	0.61**	0.59**	0.52*	0.54*	0.50*	0.30	0.17	0.57**	0.60**	0.73**	1			
DO	0.69**	0.67**	0.62**	0.62**	0.54*	0.32	0.21	0.52	0.52*	0.73**	0.89**	1		
NHM	0.24	0.37	0.26	0.26	0.07	-0.04	-0.21	0.27	0.27	0.24	0.47	0.47	1	
NGH	0.39	0.31	0.46	0.47	0.51*	0.54*	0.77**	0.56*	0.67**	0.41	0.31	0.30	-0.18	1

RG = Rendimiento de grano; RM = Rendimiento de mazorca; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; LM = Longitud de mazorca; PIM = Peso individual de mazorca; PGM = Peso de grano por mazorca; PO = Peso de olote; DM, DO = Diámetro de mazorca y olote; NHM = Número de hileras por mazorca; NGH=Número de granos por hilera.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$).

Las unidades calor (UC) acumuladas de la siembra a la madures fisiológica del cultivo durante los ciclos de primavera en los años 2010 y 2011 fueron de 2426 y 2400 UC respectivamente, en contraste con el ciclo de V2010 donde el cultivo alcanzó acumular 2065 UC, valores que pueden ser atribuibles a los bajos rendimientos en este ciclo.

4.2. Rendimiento de forraje verde (RFV), materia seca (MS) y sus componentes

Para rendimiento de forraje verde (RFV), el análisis estadístico detectó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre años, ciclos y genotipos, así como para las interacciones año*ciclo y año*genotipo, a diferencia de las interacciones ciclo*genotipo y años*ciclo*genotipo donde no presento diferencia alguna. En rendimiento de materia seca únicamente existió diferencia ($p \leq 0.01$) entre ciclos, genotipos y la interacción año*genotipo.

En todos los componentes de rendimiento, el análisis mostro diferencias ($p \leq 0.01$) para las fuentes de variación: años, ciclos y genotipos. Las interacciones año*ciclo únicamente existió diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) en el peso de plantas y elotes, en la interacción año*genotipo la mayoría de las variables presentaron diferencias, a excepción del peso y altura de planta, para la interacción ciclo*genotipo únicamente el peso de planta no presentó diferencia alguna, y para la interacción año*ciclo*genotipo solamente la floración masculina y femenina presentaron diferencias altamente significativas.

A pesar de que hubo efecto de año, por efecto de las temperaturas, precipitación y fecha de siembra, como se mencionó en los resultados de RG, los mayores rendimientos de FV y MS se obtuvieron en el ciclo de primavera, que superó a verano por una diferencia de 22,393 y 6,548 kg ha⁻¹ de FV y MS respectivamente. El rendimiento promedio de MS obtenido en el ciclo de verano en este estudio (13,648 kg ha⁻¹) coincide con lo reportado por Peña *et al.*, (2006) quienes obtuvieron 13,40 kg ha⁻¹ al evaluar la estabilidad forrajera de siete híbridos comerciales de maíz con diferente adaptación, y apoya las aportaciones de Reta *et al.*, (2000) quienes indican que las siembras de verano en la región Laguna de Coahuila generalmente no son tan productivas como las de primavera, probablemente porque en las primeras etapas de desarrollo ocurren temperaturas muy altas que reducen el área foliar de la planta y el crecimiento del cultivo, lo que afecta principalmente la acumulación de materia seca (Cuadro 16).

De los ocho genotipos evaluados dos de ellos presentaron los mayores rendimientos de FV y MS con valores estadísticamente iguales ($p \leq 0.01$), siendo ellos Río Grande y HT9150W con rendimientos de 72,959; 68,752 kg ha⁻¹ de FV y 19,232; 17,949 kg ha⁻¹ de MS. El segundo grupo de acuerdo al RFV lo conforman los genotipos Genex 778, Arrayan, P4082W y DAS 2358 quienes presentan rendimientos entre 64 y 66 mil kg ha⁻¹ de FV.

Para el rendimiento de MS este mismo grupo presenta valores estadísticamente iguales, sumándose a ellos el genotipo Narro 2010, quienes sus rendimientos oscilan entre los 16 y 17 mil kg ha⁻¹. Advance 2203 fue el híbrido que obtuvo en menor rendimiento de FV y MS con apenas 47,852 y 13,661 kg ha⁻¹ respectivamente (Cuadro 17).

Los altos rendimientos de FV y MS a los genotipos Río Grande y HT9150W, se deben a un elevado peso de plantas y elotes en verde al momento de la cosecha y posiblemente al mayor retraso que presentaron en la floración masculina y femenina, situación que pudo contribuir a una mayor acumulación de biomasa en etapa vegetativa. La altura de planta fue otro factor que pudo haber contribuido de manera positiva a estos resultados ya que existe una alta correlación entre el rendimiento de FV y MS y la altura de planta. Existe una alta correlación entre variables agronómicas y el rendimiento de FV y MS (Cuadro 18). El genotipo P4082W alcanzó el valor más alto en altura de plantas, con una media de 222 cm, sin embargo obtuvo un día de retraso en la floración masculina y femenina con respecto al genotipo más productivo (Río Grande) y además obtuvo valores bajos en el peso de planta y elote en verde. El genotipo DAS 2358 presentó su floración masculina y femenina similar al híbrido más productivo, sin embargo tuvo valores bajos en alturas de plantas, peso de plantas y elotes en verde.

Cuadro 16. Rendimiento de forraje verde, materia seca y sus componentes, en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.

Años	Variables							
	RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM
	kg ha ⁻¹				días		cm	
2010	68,218 a	17,560 a	44,281 a	23,936 a	70 b	73 b	213 a	110 b
2011	59,969 b	16,284 b	39,607 b	20,362 b	73 a	75 a	207 b	115 a
Ciclos								
P	75,290 a	20,196 a	49,587 a	25,703 a	76 a	78 a	227 a	121 a
V	52,897 b	13,648 b	34,302 b	18,595 b	68 b	70 b	193 b	103 b
MEDIA	64093	16922	41944	22149	72	74	210	112

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca. Para cada variable por cada columna y dentro de cada año y ciclo, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Cuadro 17. Rendimiento de forraje verde, materia seca y sus componentes, en híbridos élite de maíz en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.

Híbridos	Variables							
	RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM
	kg ha ⁻¹				días		cm	
Río Grande	72,959 a	19,232 a	47,878 a	25,081 a	75 a	77 a	209 bc	111 bc
HT9150W	68,752 ab	17,949 ab	43,580 ab	25,172 a	74 ab	77 a	208 bc	105 c
Genex778	65,900 bc	16,617 b	44,285 ab	21,615 b	68 d	71 d	209 bc	123 a
Arrayan	65,652 bc	16,886 b	45,174 ab	20,478 bc	70 c	72 c	215 ab	112 b
P4082W	64,733 bc	16,768 b	43,859 ab	20,874 bc	74 ab	76 b	222 a	121 a
DAS 2358	64,519 bc	17,071 b	39,285 c	25,233 a	74 ab	77 a	204 cd	111 b
Narro 2010	62,382 c	17,192 b	42,830 bc	19,552 bc	70 c	73 c	217 a	118 a
Advance2203	47,852 d	13,661 c	28,663 d	19,189 c	68 d	70 e	197 d	97 d
MEDIA	64093	16922	41944	22149	72	74	210	112
CV	11.2	13.7	12.6	11.4	1.6	1.1	3.9	6.6

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca, CV = Coeficiente de variación. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Cuadro 18. Correlación entre rendimiento de forraje verde y sus componentes, en híbridos élite de maíz.

	RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM
	kg ha ⁻¹				días		cm	
RFV	1							
MS	0.77**	1						
PP	0.97**	0.76**	1					
PE	0.88**	0.65**	0.74**	1				
FM	0.50*	0.55*	0.46	0.48*	1			
FF	0.52*	0.55*	0.48	0.50*	0.98**	1		
AP	0.68**	0.67**	0.72**	0.50*	0.49*	0.51*	1	
AM	0.50*	0.46	0.58**	0.26	0.43	0.44	0.75**	1

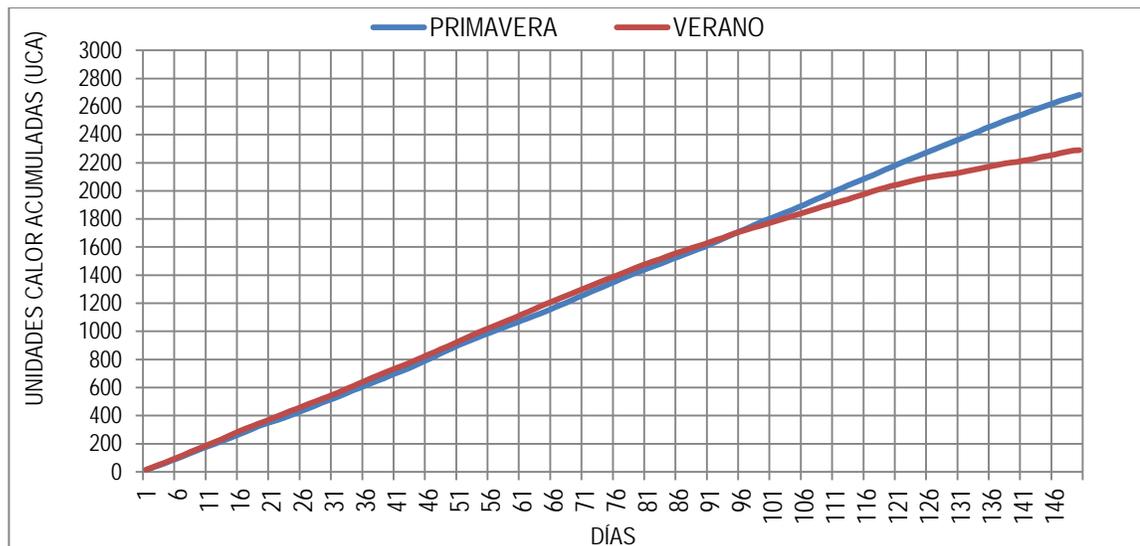
RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$).

El retraso en el ciclo de primavera y precocidad en el ciclo de verano en la floración masculina y femenina, está influenciada por las unidades calor que logre acumular el cultivo hasta esa etapa. Lo anterior debido a que en las siembras de primavera la floración masculina se presentó a los 76 DDS con una acumulación de unidades calor hasta ese momento de 1358 UCA, para esos mismos DDS pero en el ciclo de verano ya acumulaba 39 UC más que en

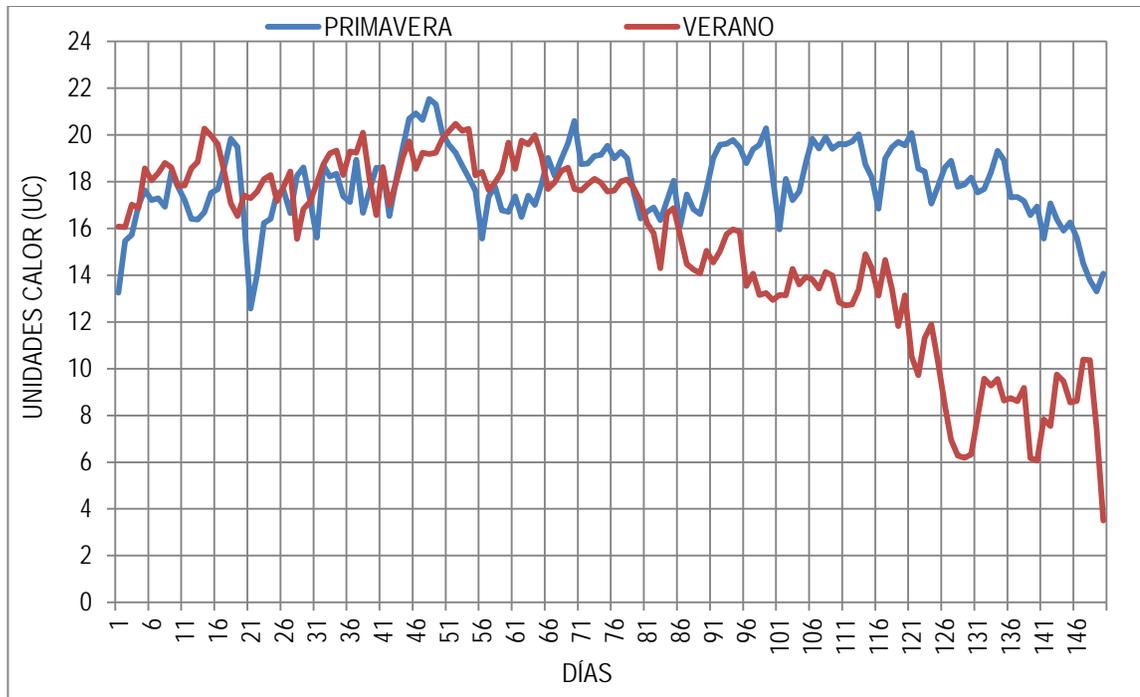
primavera con 1396 UCA situación que justifica la precocidad en la floración masculina en el ciclo de verano, que en este caso se presentó a los 68 DDS con un valor de 1233 UCA. En la floración femenina el caso fue similar, ya que en el ciclo de primavera esta se presentó a los 78 DDS con una cantidad de 1396 UCA, en el caso de verano para estos mismos DDS ya acumulaba un total de 1432 UC, 36 UCA más que en la de primavera. La floración masculina en verano se presentó a los 70 DDS con un total de 1289 UCA (Figura 3).

Esta precocidad y retraso en la las floraciones se atribuye a que en primavera las temperaturas son más bajas que en verano, la cual por efecto de las mismas las UC se mantienen de la misma manera, con valores bajos, razón por la cual se requiere un mayor tiempo para acumular las UC necesarias para que se de dicho proceso (floración), a diferencia de verano donde las UC son más altas por efecto de las temperaturas, afectando principalmente la etapa vegetativa del cultivo y acelerando su desarrollo fisiológico pero reduciendo su desarrollo morfológico, situación que justifica de alguna manera la menor altura de plantas en verano en comparación a la altura de plantas que se presentan en el ciclo de primavera. Por otro lado, en el ciclo de primavera se retrasa la etapa vegetativa del cultivo pero la etapa reproductiva es más rápida que en verano, caso contrario al ciclo de verano donde la etapa vegetativa en más precoz pero se retrasa la etapa reproductiva por cuestiones de temperaturas y UC más bajas (Figura 4).



Fuente: Elaborado a partir de datos obtenidos por la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas del Campo Experimental La Laguna 2011.

Figura 3. Promedios de las Unidades Calor acumuladas (UCA) durante la etapa fenológica del cultivo, en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.



Fuente: Elaborado a partir de datos obtenidos por la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas del Campo Experimental La Laguna 2011.

Figura 4. Promedios de Unidades Calor (UC) diarias durante la etapa fenológica del cultivo, en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.

4.3. Producción y distribución de biomasa total (PBT)

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para la producción de biomasa total (PBT) entre ciclos y genotipos, mas no para la interacción entre ambos. Respecto a la distribución de biomasa en los órganos aéreos de la planta, el análisis estadístico detectó diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la distribución para la mayoría de sus órganos aéreos entre ciclos, excepto su distribución en brácteas, órgano donde no existió diferencia. La distribución de biomasa en cada uno de los órganos de la planta fue diferente ($p \leq 0.05$) entre genotipos, pero no la hubo en la interacción ciclo*genotipo. Para la floración masculina (FM), femenina (FF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), el análisis mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ciclos y genotipos. Para la interacción ciclos*genotipos tres de estas variables mostraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), a excepción de la floración femenina que no mostró diferencia alguna.

La mayoría de los órganos de la planta obtuvieron una acumulación mayor en el ciclo de primavera y por efecto de los mismos una mayor PBT en ese ciclo, a excepción del peso de hojas, donde la mayor acumulación de biomasa en dicho órgano se presentó el ciclo de verano con una diferencia de 87 g m⁻² por arriba de la acumulada en primavera, caso contrario a lo reportado por [Reta et al., \(2000\)](#) quienes obtuvieron una distribución mayor en primavera para todos los órganos de la planta. La producción de biomasa total obtenida en el presente estudio en el ciclo de primavera, supero por 549 g m⁻² a la obtenida por [Reta et al., \(2007\)](#) (**Cuadro 19**).

De los ocho genotipos evaluados, dos de ellos obtuvieron la mayor PBT con valores estadísticamente iguales, siendo ellos los híbridos Arrayan y P4082W con 3,218 y 2,862 g m⁻² respectivamente. De acuerdo a la comparación de medias y con resultados estadísticamente iguales, el segundo grupo lo conforman los híbridos: Genex 778, HT9150W, Río Grande, Narro 2010 y DAS 2358, los cuales su PBT oscila entre 2,665 y 2,826 g m⁻². El híbrido con la menor PBT fue Advance 2203 (1,973 g m⁻²) con 1, 245 g m⁻² menos que el más productivo (**Cuadro 20**).

Existe una alta correlación entre el peso de los órganos de la planta con la PBT, el cual el análisis de correlación simple indica que el peso de mazorca explica en un 83 % la PBT, seguida por el peso de tallo, hojas y brácteas con un 76, 55 y 64 %. El híbrido DAS 2358 obtuvo un valor alto en peso de mazorca (1,811 g m⁻²) sin embargo obtuvo valores bajos en peso de tallos, hojas, brácteas y espigas, situación que lo colocó en el penúltimo lugar. La menor PBT en el híbrido Advance 2203 se debió a los bajos valores en el peso de órganos y menor altura de planta y mazorca. Por otro lado, también existe una correlación positiva entre el peso de tallo, la altura de planta y mazorca y esta a su vez con la floración masculina y femenina (**Cuadro 21**).

Cuadro 19. Producción y distribución de biomasa total en cada órgano de la planta de maíz, con siembras de primavera y verano 2010, en híbridos élite de maíz.

Ciclos	Variables									
	PBT	PM	PT	PH	PB	PE	FM	FF	AP	AM
	g m ⁻²						días		cm	
P	2,805 a	1,744 a	464 a	381 b	178 a	36 a	74 a	77 a	232 a	119 a
V	2,612 b	1,598 b	341 b	468 a	174 a	30 b	66 b	68 b	195 b	101 b
MEDIA	2708	1671	402	424	176	33	70	73	213	210

PBT = Producción de biomasa total; PM, PT, PH, PB, PE = Peso de mazorca, tallo, hojas, bráctea y espiga; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Cuadro 20. Producción y distribución de biomasa total en cada órgano de la planta, en híbridos élite de maíz con siembras de primavera y verano 2010.

Híbridos	Variables									
	PBT	PM	PT	PH	PB	PE	FM	FF	AM	AP
	g m ²						días		cm	
Arrayan	3,218 a	1,906 a	584 a	485 a	199 b	43 a	67 b	69 c	110 bc	218 ab
P4082W	2,862 a	1,680 ab	485 b	475 a	188 bc	32 bc	74 a	76 b	117 a	222 a
Genex778	2,826 b	1,646 ab	400 bc	481 a	256 a	41 a	65 b	69 c	116 a	211 c
HT9150W	2,732 b	1,749 ab	417 bc	388 bc	150 bc	27 cd	75 a	78 a	106 c	212 bc
Rio Grande	2,721 b	1,661 ab	377 c	447 ab	192 bc	43 a	74 a	76 b	105 c	213 bc
Narro 2010	2,670 b	1,564 bc	401 bc	481 a	185 bc	37 ab	67 b	69 c	116 a	218 ab
DAS 2358	2,665 b	1,811 ab	345 c	344 cd	140 cd	24 d	75 a	78 a	115 ab	210 cd
Advance2203	1,973 c	1,350 c	211 d	295 d	99 d	16 e	65 b	68 c	99 d	204 d
MEDIA	2708	1671	402	424	176	33	70	73	213	210
CV	11.6	14.46	20.6	14.9	25.1	19.6	2	1.3	3.9	2.6

PBT = Producción de biomasa total; PM, PT, PH, PB, PE = Peso de mazorca, tallo, hojas, bráctea y espiga; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; CV = Coeficiente de variación. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Cuadro 21. Correlación entre las variables en estudio para la producción de biomasa total y su distribución en los órganos de la planta de maíz.

	PBT	PM	PT	PH	PB	PE	FM	FF	AP	AM
	g m ²						días		cm	
PBT	1									
PM	0.83**	1								
PT	0.76**	0.39	1							
PH	0.55*	0.14	0.42	1						
PB	0.64**	0.23	0.60**	0.66**	1					
PE	0.64**	0.34	0.61**	0.52*	0.69**	1				
FM	0.24	0.38	0.29	-0.38	-0.14	0.06	1			
FF	0.22	0.35	0.31	-0.41	-0.09	0.09	0.97**	1		
AP	0.34	0.22	0.63**	-0.19	0.16	0.37	0.61**	0.63**	1	
AM	0.35	0.25	0.52*	-0.09	0.25	0.35	0.51*	0.55*	0.81**	1

PBT = Producción de biomasa total; PM, PT, PH, PB, PE = Peso de mazorca, tallo, hojas, bráctea y espiga; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$).

4.4. Calidad forrajera: Fibra Detergente Neutra y Ácida (FDN Y FDA)

En el rendimiento de forraje verde y materia seca el análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ciclos y genotipos, más no para la interacción

entre ambos. Para los componentes de rendimiento también se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre ciclos y genotipos, mientras que para la interacción entre ambos (ciclo*genotipo) únicamente hubo significancia en el peso de elote, floración masculina y porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA).

Como se mencionó anteriormente, la mayor producción de FV y MS se obtuvo en el ciclo de primavera, sin embargo no ocurrió lo mismo con la calidad forrajera en base al contenido de fibras ya que los valores más bajos en porcentaje de FDN y FDA se obtuvo en las siembras de verano, con valores de 46 % de FND y 23 % de FDA, datos que comparados con los parámetros en los que debe encontrarse un forraje de maíz con alta calidad, indicados por [Herrera, \(1999\)](#) y [Olague et al., \(2006\)](#) se encuentra dentro del rango para FDN (40-52 %) y bajo para el porcentaje de FDA (25-32 %). El menor contenido de fibras en siembras de verano, posiblemente se debe al mayor peso de las hojas y menor peso del tallo, por efecto de la distribución de biomasa, explicados anteriormente en los resultados de PBT, y aplica lo reportado por [Coors y Lauer., \(2001\)](#) quienes indican que en algunos híbridos la calidad del tallo y hojas contribuye también de manera importante en la calidad total de la planta ([Cuadro 22](#)).

Cuadro 22. Calidad forrajera del maíz en base al contenido de fibras, con siembras en ciclos primavera y verano 2010.

Ciclos	Variables									
	RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM	FDN	FDA
	kg ha ⁻¹				días		cm		%	
P	85,152 a	21,453 a	55,144 a	30,008 a	74 a	77 a	232 a	119 a	63 a	39 a
V	51,283 b	13,668 b	33,419 b	17,865 b	66 b	68 b	195 b	101 b	46 b	23 b
MEDIA	68217	17560	44281	23936	70	73	213	210	54	31

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; FDN, FDA = Contenido de fibra detergente neutra y ácida. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

De los ocho genotipos evaluados únicamente tres de ellos se encuentran dentro del rango de calidad en FDN siendo ellos los híbridos; Advance2203, HT9150W y DAS 2358, el primero con un valor de 50 % y los dos siguientes con el 52 % de FDN. En contenido de FDA únicamente cuatro de ellos se encontraron dentro de los rangos de calidad, ocupando nuevamente el primer lugar el híbrido Advance 2203 (27 %) seguido por DAS 2358 (29 %), Río Grande, HT9150W, Narro 2010 todos ellos con el 30 % y Arrayan con el 31 % de FDA ([Cuadro 23](#)).

Cuadro 23. Calidad forrajera en híbridos élite de maíz, en base al contenido de fibras, con siembras en ciclos de primavera y verano 2010.

Híbridos	Variables									
	RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM	FDN	FDA
	kg ha ⁻¹				días		cm		%	
Rio Grande	75,637 a	20,604 a	48,156 a	27,481 a	74 a	76 b	213 bc	105 c	53 b	30 b
Genex778	74,585 a	18,408 a	49,222 a	25,363 ab	65 b	69 c	211 c	116 a	58 a	34 a
P4082W	73,770 ab	18,861 a	48,815 a	24,956 b	74 a	76 b	222 a	117 a	57 ab	37 a
HT9150W	71,637 ab	17,171 b	46,270 a	25,367 ab	75 a	78 a	212 bc	106 c	52 d	30 b
DAS 2358	67,971 bc	16,679 b	41,193 b	26,778 ab	75 a	78 a	210 cd	115 a	52 d	29 c
Narro 2010	67,297 bc	19,102 a	46,474 a	20,822 c	67 b	69 c	218 ab	115 a	55 b	30 b
Arrayan	66,030 c	16,401 b	44,778 ab	21,252 c	67 b	69 c	218 ab	110 bc	56 ab	31 ab
Advance2203	48,815 d	13,257 c	29,341 c	19,474 c	65 b	68 c	204 d	99 d	50 d	27 c
MEDIA	68217	17560	44281	23936	70	73	213	210	54	31
CV	8.1	14	9.6	8.7	2	1.3	2.6	3.9	7.9	13.5

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; FDN, FDA = Contenido de fibra detergente neutra y ácida; CV = Coeficiente de variación. Para cada variable dentro de cada columna, medias seguidas con la misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de la DMS.

Existe una alta correlación entre el rendimiento de FV y MS así como sus componentes de los mismos con el contenido de FDN y FDA (Cuadro 24).

Cuadro 24. Correlación entre rendimiento de forraje verde y sus componentes con el contenido de fibras.

	RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM	FDN	FDA
	kg ha ⁻¹				días		cm		%	
RFV	1									
MS	0.88**	1								
PP	0.98**	0.91**	1							
PE	0.92**	0.74**	0.82**	1						
FM	0.70**	0.61**	0.62**	0.77**	1					
FF	0.76**	0.62**	0.67**	0.83**	0.97**	1				
AP	0.85**	0.80**	0.85**	0.74**	0.61**	0.63**	1			
AM	0.80**	0.73**	0.83**	0.67**	0.51*	0.55*	0.81**	1		
FDN	0.85**	0.71**	0.84**	0.77**	0.52*	0.55*	0.84**	0.76**	1	
FDA	0.80**	0.68**	0.80**	0.73**	0.57**	0.59**	0.84**	0.78**	0.88**	1

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; FDN, FDA = Contenido de fibra detergente neutra y ácida.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

De los ocho híbridos evaluados, la mejor expresión del rendimiento de grano (RG), forraje (FV), materia seca (MS) y producción de biomasa (PBT) se observó en los ciclos de primavera, mientras que la expresión más pobre se obtuvo en el ciclo de verano. A diferencia de la calidad forrajera evaluada mediante el contenido de fibras, donde los valores de mayor calidad se obtuvieron en siembras en el ciclo de verano.

Para rendimiento de grano (RG) los híbridos HT9150W, DAS2358, P4082W y Río Grande fueron los que presentaron el mejor potencial de producción de grano con rendimientos de: 9,877; 9,509; 9,431; 9,396 kg ha⁻¹ donde los componentes determinantes fueron el peso individual de mazorca y grano así como el diámetro de la mazorca.

Los híbridos Río Grande y HT9150W presentaron el mejor potencial de producción de forraje verde (FV) y materia seca (MS), con un rendimiento promedio de: 72,959 y 68,752 kg ha⁻¹ de FV y 19,232 y 17,949 kg ha⁻¹ de MS, los altos rendimientos en estos híbridos se debe a los elevados valores en peso de planta y elotes, teniendo una incidencia también la altura de plantas y elotes así como la floración masculina y femenina.

La mayor producción de biomasa total (PBT) se obtuvo con los híbridos Arrayan y P4082W con rendimientos de 3,218 y 2,862 g m⁻², siendo el peso de mazorca, tallos y hojas las variables que determinan con mayor incidencia la producción.

Respecto a la calidad forrajera en base al contenido de fibras (FDN y FDA) el híbrido que presentó la mejor calidad fue el Advance2203 con un 50 y 27 % de FDN y FDA, respectivamente, seguido por DAS2358 y HT9150W ambos con 52 % de FDN y 29 y 30 % de FDA. Los bajos contenidos de fibras en estos dos últimos híbridos podría ser causa del mayor contenido de elotes ya que también presentaron el mayor potencial de RG.

En términos generales el híbrido HT9150W de la empresa AGRIBIOTECH es recomendable para su explotación en la Comarca Lagunera de Coahuila, debido a que presenta una mayor capacidad de adaptación a esta región, ya que así lo demuestran los resultados obtenidos durante su evaluación en los años 2010 y 2011 con siembras en ciclos de primavera y verano respecto al RG, RFV y MS, además de presentar un valor aceptable dentro del rango de alta calidad forrajera en base al contenido de fibras (FDN y FDA).

VI. LITERATURA CITADA

1. Allen M, Ford S., Harrison J, Hunt C, Lauer J, Muck R, Soderlund S. 1995. Corn silage production, management and feeding. Am Soc of Agron.Pp1-41.
2. Arguillier O, Méchin V, Barrière Y. 2000. Inbred line evaluation and breeding for digestibility related traits in forage maize. Crop Sci. 40:1596-1600.
3. Baradas, M.W. 1994. Crop requirements of tropical crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J.F. Griffiths Editor. Oxford University Press. New York. USA. pp. 189-202.
4. Barraco, Mirian; Álvarez Cristian; Scianca Carlos. 2009. Estrategias de fertilización de maíz. Jornada Agrofutura. Trenque Lauquen. INTA Estación Experimental Agropecuaria General Villegas. mbarraco@correo.inta.gov.ar.
5. Barriere y Argillier O. 1997. In vivo silage feeding value of early maize registered in france between 1958 and 1994. Euphytica (in press).
6. Beadle, G.W. 1978. "Teosinte and the origin of maize". Maizebreeding and genetics; D.B. Walden (Ed.), Wiley Interscience;páginas 113-128.
7. Benacchio S., S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-CNIA. Maracay, Venezuela. 202 p.
8. Cantú B J E. 2003. Principios de bromatología animal. Quinta Edición. Pp. 224- 247.
9. Chalupa W. 1995. Requerimientos de forrajes de vacas lecheras. Primer Ciclo internacional de conferencias sobre nutrición y manejo. Gómez Palacio, Dgo. LALA. Pp. 19-28.
10. Chang, J.H. 1968. Climate and agriculture. An ecological survey. Aldine Publishing Company. Chicago, Illinois, USA. 304 p.
11. Colín, S. A. y Morales, J. M. 2011. ESTADÍSTICA:La productividad y competitividad del cultivo de maíz en el Estado de México. Adscritos a la Dirección General de Estudios y Publicaciones, Procuraduría Agraria. Estudios agrarios. Pp. 125.
12. Coors J G, J G Lauer. 2001. Silage corn: In: Specialty corns. A R Hallauer(ed). 2nd ed. CRC, Press. Boca Ratón FL. pp:347-392.

13. Cueto W. J. A., Reta S. D. G., Barrientos R. J. L., González C. G., Salazar S. E. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev. Fitotec. Mexicana*. Vol. 29 (No. Especial 2): 97-101.
14. Doorenbos, J. y A.H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje Núm. 33. FAO. Roma. 212 p.
15. Duncan, W.G. 1975. Maize. In: *Crop physiology. Some case histories* (Evans, L.T. Editor). Cambridge Univ. Press. Cambridge, England. pp. 23-50.
16. Duvick D N. 1992. Genetic contribution to advance in yield of USA maize. *Maydica* 37: 66-79.
17. Duvick D N. 2005. Genetic progress in yield of united states maize (*Zea mays* L.). Iowa State University, Ames, IA, USA. *Maydica* 50: 193-202.
18. FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.
19. García, F O. 2010. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Av. Santa Fe 910 – (B1641ABO) Acassuso – Argentina. fgarcia@inpofos.org.
20. Goodrich, R. D. and Meiske, J. C. 1985. Corn and sorghum silages. In: Heath, M. E.; Barnes, R. F. and Metcalfe, D. S. (eds.). *Forages. The science of Grassland Agriculture*. 4th. ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, USA. p. 527-536.
21. González, M. 1984. *Especies vegetales de importancia económica en México*. Ed. Porrúa. México, D.F. 305 p.
22. González C F, A Peña R, G, Núñez H, C A Jiménez G. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 28 (4): 393-397.
23. Harlan, J.R. 1971. Agricultural origins: Centers and noncenters. *Science* 174: 468-474.
24. Herrera S R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de ensilaje. 2º Taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN Saltillo, Coahuila, México. 133-137.
25. Hunt, C.W., Kezar, W. & Vinande, R. 1992. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 5:286.

26. Jost P H, J T Cothren (2000) Growth and yield comparisons of cottonplanted in conventional and ultra-narrow row spacing. *Crop. Sci.* 40:430-435.
27. Jugenheimer, R.W. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa. México. 841p.
28. Kato, T.A., C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. Bye. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
29. López S. J A., Ortiz C. J., Mendoza C. M del C. 2000. Componentes del crecimiento de grano de líneas de maíz de peso contrastante de grano. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 23. No. 001. Pp. 141-151
30. López S. J A., Reyes M. C A., Castro N. S., Briones E F. 2004. Componentes del crecimiento de grano de cultivares prolíficos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 27. No. especial 1. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. pp. 23-26
31. Montaldo, P. 1982. Agroecología del trópico americano. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie de Libros y Materiales Educativos Núm. 51. San José, Costa Rica.
32. Moreno, D.R. 1992. Criterios para la interpretación de resultados de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP-CIRCE-Campo Exp. Toluca. Toluca, Edo. De México. 25 p.
33. Morris, M. L.1998. Overview of the world maize economy. In : *Maize Seed Industries in Developing Countries.* Lynne Rienner Publishers, Inc. and CIMMYT, Int.
34. Nadal, A. 2000. *The Environmental & Social Impacts of Economic Liberalization on Corn Production in Mexico.* Gland, Switzerland and Oxford, UK, WWF International and Oxfam GB: 1-113.
35. Nadal, A y Wise, T. 2005. "Los costos ambientales de la liberalización agrícola: el comercio de maíz entre México y EE.UU. en el marco del NAFTA". *Globalización y Medio Ambiente: Lecciones desde las Américas.* Santiago de Chile: RIDES-GDAE. pp: 49-92.
36. Núñez, H. G.; Contreras, F.; Faz R. y Herrera, R. 1999. Selección de híbridos para obtener mayor rendimiento y alto valor energético en maíz para ensilaje. In: *Componentes*

- tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. SAGAR-INIFAP-CIRNOC-CELALA. Folleto técnico. Núm. 4. 2-5 pp.
37. Núñez H G, B J E Cantú. 2000. Producción, composición química y digestibilidad de forraje de sorgo x sudán de nervadura café en la región norte centro de México. *Téc. Pec. Méx.* 3:177-188.
 38. Núñez, H. G.; Faz, C. R.; Tovar, G. M. R. y Zavala, G. A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pecu. Méx.* 39:77-88.
 39. Núñez H.G., Contreras E. F., Faz R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Tec. Pec. Méx.* 41:37.
 40. Núñez G, L. D y Ayala O, D. A. 2009. Impacto de la producción de bioetanol en el mercado del maíz. Un análisis desde la dinámica de sistemas. *Economía y Sociedad*, Vol. XIV, Núm. 23. Pp 105-124.
 41. Olague R. J., Montemayor T. J A, Bravo S. S R., Fortis H. M.I, Aldaco N. R A., Ruiz C. E. 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial. *Técnica pecuaria en México*. Vol. 44. No. 003. Pp 351-357.
 42. Palomo G A, A Gaytán-Mascorro, R Faz-Contreras, D G Reta-Sánchez, E Gutiérrez-Del Río. 2004. Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. *Terra Lat.* 22:299-305.
 43. Pecina M. J A., Mendoza C. M del C., López S. J A., Castillo G. F., Mendoza R. M., y Ortiz C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 34 (2): 85-92.
 44. Peña, R. A.; Núñez, H. G.; González, C. F. y Jiménez, G. C. A. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. No. especial. *Rev. Fitotéc. Mex.* 27:1-6.
 45. Peña R. A., González C. F., Núñez H, G., Tovar G. M del R., Preciado O. R E., Terrón I. A., Gómez M. N., y Ortega C. A. 2006. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 29. No. especial 2. Chapingo, México. Pp. 109-114.

46. Peña R. A., González C. F. y Robles E. F J. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 Núm.1. p. 27-35.
47. Purselove, J.W. 1985. *Tropical crops: Monocotyledons*. Longman Scientific and Technical. New York, USA. 607 p.
48. Raya Pérez J. C., y Aguirre Mancilla C.L. 2008. Aparición y evolución de la fotosíntesis C₄. *Rev. Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. Vol. 14. No. 001. Pp; 45-50.
49. Reta S. D G y Faz C. R. 1999. Respuesta del maíz a diferentes niveles de humedad en el suelo y rendimiento de grano y sus componentes. *TERRA Latinoamericana*. Vol. 17. No. 004. Pp. 309-316.
50. Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. FitotecMex*. 23:37-48.
51. Reta S. D. G., Cueto W. J. A., Gaytán M. A. y Santamaría C. J. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agric. Téc. Méx*. Vol.33, No. 2 pp. 145-151. ISSN 0568-2517.
52. Reyes C., P. 1990. *El maíz y su cultivo*. AGT-EDITOR S.A. México, D.F.
53. Ruiz C., J.A. 1985. Informe anual de investigación. Programa de Agroclimatología. Documento no publicado. INIA-CIANOC-C.E. Los Cañones. Jalpa, Zac. 55 p.
54. Ruiz, O., Beltrán, R., Salvador, F., Rubio, H., Grado, A., y Castillo, Y. 2006. Valor nutritivo y rendimiento forrajero de híbridos de maíz para ensilaje. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 40, núm. 1. pp. 91-96. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
55. Russell W A. 1991. Genetic improvement of maize yield. *Adv. Agron*. 46: 245-298.
56. SAGARPA. 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Delegación Laguna. Producción de cultivos forrajeros y granos básicos.
57. Serratos, H. J A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Investigador, coordinador y académico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Greenpeace México. Santa Margarita 227, Col. del Valle, C.P. 03100, México, City. Pp.2.
58. Shaw, R.H. 1977. Climatic requirement. In: *Corn and corn improvement* (Sprague G.F. Editor). American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Agronomy No. 18. Madison, Wisconsin, USA. pp. 591-623.

59. SIAP, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Inicio/producción anual/resumen nacional por cultivo. Consultado el 2 de agosto del 2011 en http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=346.
60. SIAP^a, 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. ^aInicio/producción mensual/resumen nacional por estado. Consultado el 15 de junio del 2011 en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=347.
61. Tovar, G. M. R.; Terrón, A. D. I.; Núñez, H. G. y Arellano, V. J. L. 2002. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de maíz de alta calidad proteínica (MCP) en la región de Valles Altos. Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. 167 p.
62. Van Soest, P. J; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. DairySci.* 74:3583-3597.
63. Warrington, I.J. and E.T. Kanemasu. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassell initiation and anthesis. *Agron. J.* 75:749-754.
64. Wilkes H.G. y Goodman M.M. 1995. "Mystery and missing links: The origin of maize". Maize Genetic Resources, Maize Program Special Report; Taba, S. (editor), México, DF, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
65. Wolf D P, J G Coors, K A Albrecht, D J Undersander, P R Carter. 1993. Agronomic Evaluations of Maize Genotypes Selected for Extreme Fiber Concentrations. *Crop Sci.* 33: 1359-1365.

VII. ANEXOS

Cuadro 25. Fuentes de variación y probabilidad estadística del análisis de varianza para las variables en estudio de rendimiento de maíz grano (RG) durante tres ciclos.

FV	GL	Variables														
		RG	RM	FM	FF	AP	AM	LM	PIM	PGM	PO	DM	DO	NHM	NGH	
C	2	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**	NS	**
R(C)	6	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
G	7	**	**	**	**	**	**	NS	**	**	**	**	**	**	**	**
C*G	14	**	**	NS	**	**	**	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	**	

FV = Fuente de Variación; GL = Grados de libertad; C = Ciclos; R = Repetición; G = Genotipos.

RG = Rendimiento de grano; RM = Rendimiento de mazorca; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; LM = Longitud de mazorca; PIM = Peso individual de mazorca; PGM = Peso de grano por mazorca; PO = Peso de olote; DM, DO = Diámetro de mazorca y olote; NHG = Número de hileras por mazorca; NGH = Número de granos por hilera.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$); NS = No significativo.

Cuadro 26. Fuentes de variación y probabilidad estadística del análisis de varianza para las variables en estudio de rendimiento de forraje verde (RFV) y materia seca (MS) en ciclos de primavera y verano durante los años 2010 y 2011.

FV	GL	Variables								
		RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM	
A		**	NS	**	**	**	**	**	**	**
C		**	**	**	**	**	**	**	**	**
AxC		**	NS	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
R(AxC)	8	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
G	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**
AxG	7	*	**	NS	**	**	**	**	NS	**
CxG	7	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	*
AxCxG	7	NS	NS	NS	NS	**	**	**	NS	NS

FV = Fuente de Variación; GL = Grados de libertad; A = Años; C = Ciclos; R = Repetición; G = Genotipos.

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes en verde; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$); NS = No significativo.

Cuadro 27. Fuentes de variación y probabilidad estadística para las variables en estudio de producción de biomasa total y su distribución en los órganos de la planta 2010.

FV	GL	Variables									
		PBT	PM	PT	PH	PB	PE	FM	FF	AP	AM
C	1	*	*	**	**	NS	**	**	**	**	**
R(C)	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**
G	7	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**
C*G	7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	**	**

FV = Fuente de Variación; GL = Grados de libertad; C = Ciclos; R = Repetición; G = Genotipos.

PBT = Producción de biomasa total; PM, PT, PH, PB, PE = Peso de mazorca, tallo, hojas, bráctea y espiga; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$); NS = No significativo.

Cuadro 28. Fuentes de variación y probabilidad estadística para las variables en estudio de rendimiento de forraje verde, materia seca y calidad forrajera en base al contenido de fibras 2010.

FV	GL	Variables									
		RFV	MS	PP	PE	FM	FF	AP	AM	FDN	FDA
C	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
R(C)	4	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	NS	NS
G	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C*G	7	NS	NS	NS	**	*	NS	**	**	NS	NS

FV = Fuente de Variación; GL = Grados de libertad; C = Ciclos; R = Repetición; G = Genotipos.

RFV, MS = Rendimiento de forraje verde y materia seca; PP, PE = Peso de plantas y elotes; FM, FF = Floración masculina y femenina; AP, AM = Altura de planta y mazorca; FDN, FDA = Contenido de fibra detergente neutra y ácida.

** = Significativo ($p \leq 0.01$); * = Significativo ($p \leq 0.05$); NS = No significativo.