

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y SU ASIGNACIÓN DE HÍBRIDOS
COMERCIALES DE MAÍZ**

POR:

MANUEL VÁZQUEZ PÉREZ

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2010

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. MANUEL VÁZQUEZ PÉREZ, ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL
COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR:

Asesor Principal:


DR. ARTURO PALOMO GIL

Asesor:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:


DR. ORALIA ANTONA GRIALVA

Asesor:


DR. HÉCTOR JAVIER MARTÍNEZ AGÜERO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


MC. VICTOR MARTINEZ CUETO



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. MANUEL VÁZQUEZ PÉREZ QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H.
JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

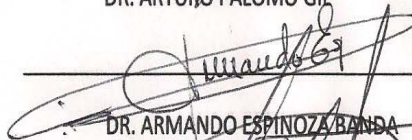
COMITÉ EXAMINADOR:

PRESIDENTE:



DR. ARTURO PALOMO GIL

VOCAL:



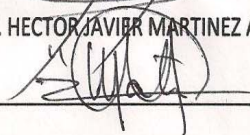
DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL:



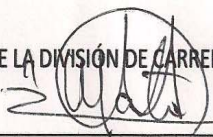
DR. HECTOR JAVIER MARTINEZ AGÜERO

VOCAL:



MC. VICTOR MARTINEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



MC. VICTOR MARTINEZ CUETO



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2010

DEDICATORIAS

Dios:

A ti DIOS que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

A mis Padres:

Con mucho cariño a mis padres, Héctor Vázquez Castro y María Eugenia Pérez Pérez. Que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papa y mama por darme una carrera para mi futuro y por creer en mi, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

A mis Hermanos:

Roberto, Gabrielito (+), Evedelia, Rosita, Anita, Reyna y Erika Isabel. Por estar conmigo y apoyarme económica y moralmente siempre. Son unos hermanos maravillosos.

A mis Sobrinos:

Carlos Roberto, Lizbeth Paulina, Cinthia Yamileth y al recién nacido. A todos ellos porque en algunos momentos les quite parte de lo que les correspondía por terminar mi carrera. Los adoro.

A unas personas muy especial:

A mi hermano Gabrielito y a mi sobrino Robertito que a pesar que no están conmigo en estos momentos, se que sus almas si lo están y porque quizás en algún momento tuvieron los mismos sueños que yo, les dedico con todo mi corazón mi tesis. Jamás los olvidaré.

A ti abuelita (María) que desde el cielo a un sigues guiándome en mi camino, gracias por tus concejos que me dabas para que las cosas me salieran bien, se que en este momento estas compartiendo mi alegría. Nunca te olvidare.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

A ti Dios, por darme la vida y por ayudarme a terminar este proyecto, gracias por darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad, por estar conmigo en cada momento de mi vida. Por cada regalo de gracia que me has dado. Pero antes de ser un profesionalista quiero ser siempre tu hijo, ya que es el mayor privilegio que podemos tener, más valioso que todos los títulos de la tierra.

A mis Padres:

Papá, gracias por tu apoyo, la orientación que me has dado, por iluminar mi camino y darme fuerzas para poder realizarme en mis estudios y en mi vida. Agradezco los consejos sabios que en el momento exacto has sabido darme para no dejarme caer y enfrentar los momentos difíciles, por ayudarme a tomar las decisiones que me ayuden a balancear mi vida y sobre todo gracias por el amor tan grande que me das.

Mami, tú eres la persona que siempre me ha levantado los ánimos tanto en los momentos de mi vida estudiantil como personal. Gracias por todo el apoyo que me diste durante toda la carrera, por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre tienes para mis enojos, mis tristezas y mis momentos felices, por ser mi amiga y ayudarme a cumplir mis sueños, te quiero mucho.

A mis Hermanos:

Roberto, Gabriel (+), Evedelia, Rosita, Anita, Reyna, Erika, en verdad soy muy afortunado y feliz por tenerlos como hermanos y mis mejores amigos. Gracias a todos ustedes por todo el apoyo que me brindaron, porque de no haber sido por esos consejos y por ese apoyo incondicional no hubiera logrado este momento tan importante en mi vida, gracias también por ayudarme a crecer interiormente, me siento muy orgulloso de ustedes de esa alma tan bella que tienen, los adoro.

Naty, eres una niña muy especial no solo te tengo un gran aprecio si no que te quiero como una hermana mas. De verdad que he disfrutado esos momentos felices y tristes que hemos pasados juntos durante toda la carrera, gracias por tus consejos en todo momento, por los regaños que bien merecido me das cuando me equivoco y por compartir conmigo los

momentos dulces y amargos que se nos presentó durante estos años, como olvidar aquellos momentos súper dulces de pastel, chocolates, helados y antojos en general. Te quiero.

A todos mis amigos (Anayeli, Fidadelfia, Abelina, Magdalena, Medinael), y todos mis compañeros de la carrera, en cada uno de ustedes hay una persona muy especial. He aprendido y disfrutado con ustedes mis horas de estudio, gracias por la ayuda cuando en ocasiones me sentía perdido y por esa amistad sincera, los voy a extrañar.

A los Doctores:

Arturo Palomo Gil, Oralia Antuna Grijalva y al M.C. Francisco Ariel Camacho Inzunza, por ayudarme en la realización de este proyecto, y por su valioso tiempo que dedicaron en mí para salir adelante en la culminación de dicho trabajo. Deberás que me siento muy agradecido por su aportación en dicho proyecto.

A MI ALMA TERRA MATER:

Por abrirme sus puertas y darme un lugar en sus instalaciones para desarrollarme como persona y profesional.

RESUMEN

En el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, se evaluaron tres híbridos comerciales de maíz (ARRAYAN, PAN-6723, SB-301) de diferentes compañías semilleras para conocer el rendimiento de materia seca, durante el ciclo primavera-verano 2009.

La siembra se efectuó en seco, a una densidad de 8 semillas por metro lineal, a 0.75m entre surcos por 5m de largo, como parcela experimental. El manejo agronómico se realizó conforme al paquete tecnológico recomendado para la Comarca Lagunera. Los materiales se cosecharon cuando se presento el estado fisiológico de 1/3 de línea de leche. Se tomo información de las siguientes variables agronómicas: altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), peso de totomoztle (PT), peso de hoja (PH), peso de lígula (PL), Peso de tallo (PT), Peso de espiga (PE), peso de mazorca (PM). Analizadas con el diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones y evaluado con el paquete estadístico SAS.

El híbrido arrayan numéricamente superó a los demás materiales con valores de 34.85 g en PT, en PH con 48.80 g, en PM con 43.23 g, PL con 27.31 g y PE con 16.57 g. Además, fue el híbrido con mayor altura de planta y mazorca. En cuanto a los promedios de las características de materia seca, no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo numéricamente el híbrido Arrayan superó a los demás materiales con valores de 34.85 g en PT, en PH con 48.80 g, en PM con 43.23 g, PL con 27.31 g y PE con 16.57 g. Sin embargo, el híbrido que presentó menor rendimiento en materia seca fue el PAN-6723 con valores de 28.31 g (PT),

42.10 g (PH), 34.79 g (PM), 20.63 g (PL) y 13.30 g (PE). Se concluye, que el híbrido Arrayan superó a todos los materiales, con un buen rendimiento de materia seca, mayor altura de planta y mazorca.

Palabras claves: biomasa, híbrido, rendimiento, comportamiento agronómico, características agronómicas.

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iv
INDICE DE CUADROS	viii
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo:	3
1.2 Hipótesis:	3
II.REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Materia seca	4
2.2 Factores que afectan la producción de materia seca	5
2.3 Fases vegetativas de las plantas de maíz	7
2.4 Fase vegetativa	7
2.5 Fase vegetativa activa	7
2.6 Fase inicial de llenado activo del grano	7
2.7 Fase de llenado activo del grano	8
2.8 Acumulación de carbohidratos	8
2.9 Características de las hojas	9
2.10 Crecimiento y fases de desarrollo	10
2.11 Fase reproductiva	10
2.12 Factores que afectan el crecimiento y desarrollo del maíz	12
2.13 Factores genéticos	13
2.14 Factores ambientales	13
2.15 Temperatura	13
2.16 Humedad	14
2.17 Luz	15

2.18 Área foliar-----	17
III. MATERIALES Y METODOS -----	18
3.1 Localización geográfica del sitio experimenta-----	18
3.2 Material genético -----	18
3.3 Diseño experimental-----	19
3.4. Preparación del terreno -----	19
3.5 Fecha de siembra -----	19
3.6 Riegos -----	19
3.7 Fertilización -----	20
3.8 Control de malezas -----	20
3.9 Control de plagas-----	20
3.10 Variables Evaluadas -----	20
3.11 Altura de Planta (AP) -----	21
3.12 Altura de Mazorca (AM)-----	21
3.13 Muestreo para determinación de materia seca-----	21
3.14 Peso de hoja (PH) -----	22
3.15 Peso de lígula (PL) -----	23
3.16 Peso de tallo (PT)-----	23
3.17 Peso de espiga (PE) -----	23
3.18 Peso de totomoztle (PT) -----	24
3.19 Peso de mazorca (PM)-----	24
3.20 Análisis estadístico -----	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	26
V.CONCLUSIONES-----	31
VI. LITERATURA CITADA -----	32

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Híbridos comerciales de maíz evaluados en primavera-verano de 2009 en Torreón, Coahuila. -----	18
Cuadro 4.1. Cuadrados medios de materia seca en tres híbridos comerciales de maíz, primavera -verano de 2009. -----	27
Cuadro 4.2. Promedio de ocho características agronómicas de tres híbridos comerciales de maíz, primavera -verano de 2009. -----	30

I.INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de forraje de maíz en la actualidad demandan alternativas entre las que destaca la utilización de híbridos sobresalientes por su adaptación a las condiciones agroecológicas de una región, así como por su alto nivel de producción. El creciente aumento en la producción de este forraje en las cuencas lecheras de México, plantea la necesidad de definir estrategias de trabajo que permitan identificar fuentes de germoplasma y aprovechar el potencial genético existente a través de programas de mejoramiento genético.

Para satisfacer las necesidades de alimentación del ganado, se requiere de grandes cantidades de alimento y por lo tanto el maíz forrajero es de gran importancia, tanto por los volúmenes de producción, como por su valor nutricional. La materia seca de este forraje es uno de los factores que determina la capacidad de consumo de los animales y es un indicador importante para calcular la disponibilidad de forraje en una explotación ganadera. La oferta de este carácter permite establecer el consumo de nutrientes, el balance nutricional, y el cálculo de raciones, haciendo posible ajustar la suplementación de los animales en las épocas y cantidades adecuadas. El cual está directamente asociado al crecimiento de la demanda de maíz, ya que es el principal forraje utilizado en la industria

cárnica y las estimaciones sobre el incremento de su demanda tienen base en las tendencias de crecimiento económico y demográfico (Pordesimo, 2004).

La contribución de las características nutritivas en la digestibilidad de híbridos de maíz, se basa en el conocimiento adecuado de las diferentes etapas de crecimiento durante el ciclo del cultivo, determinadas por la constitución genética de la planta, por condiciones climáticas y edáficas predominantes en el entorno. El rendimiento depende de la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a cosecha. Un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento y tiene un papel fundamental en la producción (Peil *et al.*, 2005).

Sin embargo; a la fecha ninguno de los híbridos de maíz usados para forraje han sido desarrollados en programas de mejoramiento genético para, mayor producción y calidad forrajera, si no que fueron seleccionados por rendimientos de grano (Peña *et al.*, 2004).

1.1 Objetivo:

El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de materia seca en diferentes híbridos comerciales de maíz.

1.2 Hipótesis:

Ho: Al menos un híbrido de maíz presenta un alto rendimiento de materia seca.

Ha: Todos los híbridos de maíz presentan un alto rendimiento de materia seca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Materia seca

Asturias (2004) define a la materia seca (MS) como la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. El porcentaje en los alimentos es uno de los parámetros que presentan mayor variabilidad.

Algunos alimentos, como la leche bovina, tienen muy bajos porcentajes de materia seca (12,5 %), mientras que otros llegan a casi el 100 %. Dentro de los alimentos que habitualmente se utilizan para animales de producción, las variaciones son altas.

Los verdeos de invierno y las pasturas pueden tener porcentajes de materia seca, sumamente bajos, de hasta 12%, mientras que en el otro extremo, granos y henos tienen porcentajes cercanos al 90% (Stritzler *et al.*, 1985; Castillo *et al.*, 1992).

La estimación del porcentaje de materia seca es de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes que los animales consumirán. Los cálculos de raciones deben hacerse en materia seca, de la

misma manera que la comparación entre nutrientes ofrecidos y requerimientos de los animales (Stritzler *et al.*, 2004).

Por otro lado, en animales en pastoreo, la estimación de biomasa y porcentaje de materia seca en pastizales naturales o pasturas cultivadas, son variables importantes en la determinación de carga animal.

2.2 Factores que afectan la producción de materia seca

Cuando los requerimientos de agua y nutrientes están satisfecho es función del número de plantas por hectárea, así es que el volumen de materia seca por hectárea aumenta en forma proporcional al número de plantas pero hasta un límite, que lo pone el coeficiente de intercepción de luz (Castillos *et al.*, 2003).

La máxima producción de materia seca por hectárea, para un cultivo esta dada cuando el mismo intercepta el 95% de la radiación incidente, a partir de ese coeficiente un mayor número de plantas no aumenta el volumen de materia seca total por hectárea, pero sí se altera la relación paja-grano la cual puede caer abruptamente por la competencia entre las plantas, y por otra parte, el exceso en el número de plantas por hectárea, produce plantas débiles que ante cualquier tormenta de viento se pueden, acamar y dificultar la cosecha.

La fecha de siembra es uno de los factores importantes ya que esto asegura la disponibilidad de agua en el suelo y nutrientes, pero realmente la producción de materia seca (MS) esta gobernada por la relación luz-temperatura. Las altas temperaturas tienen un fuerte impacto acelerando el crecimiento de la plantas, pero a su vez acortan los períodos ontogénicos de las plantas, al acortar estos períodos se pone límite a la producción y acumulación de materia seca, que luego se podrá transferir a la cosecha de grano.

Por otra parte, con altas temperaturas diurnas y nocturnas las plantas deben bombear agua para regular temperatura, para lo cual requerirá un gasto grande de energía que no irá a las cosechas. El aumento de las temperaturas medias tiene una correlación negativa con producción de grano.

Al maíz le favorecería en floración temperaturas máximas que no superen los 31°C y que a la noche las mismas no sean mayores a los 12 °C a 14 °C, que no haya ningún día nublado, a medida que estos valores sean superados se aleja la posibilidad de lograr récord de cosecha (Vega y Ramírez, 2004).

2.3 Fases vegetativas de las plantas de maíz

2.4 Fase vegetativa

Esta fase se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total (Bolaños y Barreto, 1991).

2.5 Fase vegetativa activa

Se desarrollan las hojas, el culmo y el primordio de los órganos reproductivos. Primeramente ocurre un aumento activo del peso de las hojas, y posteriormente del culmo. Esta fase termina con la emisión de los estigmas.

2.6 Fase inicial de llenado activo del grano

El peso de las hojas y el culmo continúa elevándose a una velocidad menor. Continúa el aumento en el peso de las espatas y del raquis, y el peso de los granos se incrementa lentamente. Esta puede ser considerada como una fase transitoria entre la vegetativa y la de llenado del grano.

2.7 Fase de llenado activo del grano

Se presenta un rápido incremento en el peso de los granos, que va acompañado por un ligero abatimiento del peso en hojas, culmo, espatas y raquis.

2.8 Acumulación de carbohidratos

En los órganos vegetativos casi no hay almidón. El contenido de azúcares de las hojas es bajo durante todo el crecimiento. En el caso del culmo, este contenido es bajo en las etapas tempranas del desarrollo, comienza a incrementarse considerablemente antes de la emisión. Alcanza el máximo al final de la fase inicial de llenado del grano, y posteriormente se abate. El contenido de azúcares del raquis más las espatas, y el de los granos, es relativamente alto durante la fase inicial de llenado del grano, y posteriormente, durante la fase de llenado activo del grano, disminuye.

Solamente una pequeña cantidad de carbohidratos se acumula en los órganos vegetativos, sin embargo, la acumulación en el culmo y en el raquis más las espatas, durante la fase inicial de llenado del grano, es significativa. Durante la fase de llenado activo del grano, la cantidad de carbohidratos en estos órganos se abate, mientras que en los granos aumenta rápidamente

2.9 Características de las hojas

La longitud y anchura de las hojas, y consecuentemente el área foliar, aumentan desde las hojas inferiores hacia las superiores y alcanzan el máximo en la decima o decimo-primera para después decrecer gradualmente. El grosor de las hojas aumenta desde la base hacia el ápice de la planta y las mas pesadas son de la decima a la decima-segunda. Las cinco hojas más grandes incluyen a la que esta situada inmediatamente bajo de la primera mazorca.

Más del 90% del peso de los granos se deriva de los fotosintatos producidos durante el llenado del grano y que son translocalizados directamente a ellos, por lo cual, la producción de materia seca después de la emisión de los estigmas es importante para la producción de grano. Probablemente las cinco hojas ubicadas en la región de la mazorca o

inmediatamente por encima de ella son las más importantes durante el llenado de grano.

2.10 Crecimiento y fases de desarrollo

La planta de maíz presenta diferente comportamiento a las condiciones agroclimáticas. El conocer las características fenológicas establece el marco temporal que forma el rendimiento y sus componentes (Werner y Leihner, 2005).

En los puntos cardinales de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica se delimitan respectivamente las fases vegetativas, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperiodo y de la temperatura (Bolaños y Edmeades, 1993).

2.11 Fase reproductiva

En esta fase, se elabora el órgano de interés desde el punto de vista de la cosecha, la mazorca y el número de granos por mazorca que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso del maíz las

flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde se este desarrollando el cultivo, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. Este período se puede alargar entre 5-8 días para las condiciones del altiplano. La polinización es una fase extremadamente sensitiva al efecto que puedan causar los estreses ambientales tales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento (Bolaños y Edmeades, 1993, a y b).

Bartolini(1990) menciona que la fase vegetativa de la planta se desarrolla totalmente desde la germinación de la semilla asta la floración, a partir de la floración el rendimiento de la planta entera esta ligado a la acumulación de materia seca (MS) en el grano. La fase reproductiva incluye floración masculina, femenina y formación de granos, la fase de maduración es cuando ya existe llenado de grano en estado lechoso, pastoso y vidrioso.

Las plantas de maíz aumentan su peso lentamente en su fase inicial de crecimiento. Pero conforme se exponen más hojas a la luz solar, la tasa de acumulación de la materia seca aumenta gradualmente. Las hojas se forman primero, seguidas por las vainas de las hojas, el tallo, jilote, olote, y hojas del elote, posteriormente y finalmente los granos. Para este estadio hay suficientes hojas expuestas a la luz solar, que la tasa de acumulación

de materia seca es muy rápida. Bajo condiciones favorables esta rápida tasa de acumulación de materia seca, continua diariamente en las partes aéreas de la planta, hasta cerca de la madurez.

La división celular de las hojas sucede en las puntas de crecimiento de los tallos, las hojas se alargan se tornan verdes, aumentan su peso seco.

Conforme se van desarrollando y son expuestas a la luz, una vez que la hoja esta completamente expuesta, no ocurre ningún crecimiento o división celular. Si una planta de maíz crece bajo una baja densidad de plantas, se aumenta la prolificidad (número de mazorcas por planta). Aumentando el número de plantas en un área dada, se reduce el número de mazorcas por planta y el número de granos por mazorca (Cebada *et al.*, 2007).

2.12 Factores que afectan el crecimiento y desarrollo del maíz

El crecimiento y desarrollo de las diferentes especies están controlados por diferentes factores genéticos, ambientales y la interacción entre ellos, por tal razón, es necesario conocer que factores genéticos y ambientales estarían participando.

2.13 Factores genéticos

Los sistemas de producción de forraje de maíz en la actualidad demandan alternativas entre las que destaca la utilización de híbridos sobresalientes por su adaptación a las condiciones agroecológicas de una región, así como por su alto nivel de producción. El creciente aumento en la producción de este forraje en las cuencas lecheras de México, plantea la necesidad de definir estrategias de trabajo que permitan identificar fuentes de germoplasma y aprovechar el potencial genético existente a través de programas de mejoramiento genético (Peña *et al.*, 2004).

2.14 Factores ambientales

Los principales elementos del clima que afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos son temperatura, luz (intensidad y duración) y humedad.

2.15 Temperatura

La temperatura debe de ser considerada a nivel del suelo, aire y planta, la del ambiente tiene mayor influencia sobre los procesos fisiológicos. La temperatura del suelo afecta la germinación, emergencia y los procesos metabólicos de las raíces. La temperatura de las plantas varía según el órgano estudiado, y aun dentro del mismo órgano (Romo y Arteaga, 1989).

Neild y Newman (1987) mencionan que la floración masculina de maíz se acelera cuando aumenta la temperatura de 15 a 20°C, temperaturas menores de 15°C provocan un retraso en la espiga.

2.16 Humedad

Tadeo (1994) indica que el uso del agua en el cultivo de maíz aumenta hasta la época de floración y cuando la planta tiene su máxima superficie solar. El consumo del agua se mantiene aun nivel alto, hasta 50 mm por semana o más, durante el llenado de grano, después la cantidad de agua se reduce al terminar el ciclo reproductivo y llegar a la madurez fisiológica. Un estrés de agua en el llenado del grano puede reducir el rendimiento desde un 20 a un 50 %.

El rendimiento del cultivo de maíz depende de la cantidad de agua que evapotranspira. Aunque el requerimiento hídrico del cultivo varía con el estado de desarrollo, el efecto del estrés hídrico sobre el rendimiento es función del componente de rendimiento que el cultivo está determinando al momento de la ocurrencia del estrés. Así, el impacto del estrés es máximo durante los estados reproductivos cuando se definen el número y peso de grano y es mínimo durante los estados vegetativos. El impacto del estrés alrededor de floración ha sido ampliamente estudiado y de acuerdo a la intensidad y duración, puede llegar a una reducción total del rendimiento (Andrade *et al.*, 2007).

Sin embargo, en situaciones de estrés menos drásticas (que son las más comunes en condiciones de producción comercial), las caídas en el número de granos pueden ser, al menos parcialmente, compensadas con incrementos en el peso de grano (Bolaños y Edmeades, 1993).

2.17 Luz

La luz se mide en intensidad de la energía solar y la duración del día o fotoperiodo. Respecto a la intensidad existen dos tipos de plantas: eficientes y no eficientes, las plantas eficientes son aquellas capaz de captar la energía disponible para la fotosíntesis y convertirla en materia seca, utilizando la ruta C4, como es el caso de maíz y sorgo, y las plantas

no eficientes aquellas cuya conversión la realizan por la ruta C3. El fotoperiodo influye en el desarrollo del maíz, no en la velocidad de crecimiento ni en la fotosíntesis, si no en la diferenciación y la floración, pero existen híbridos que son insensibles al fotoperiodo (Zarco *et al.*, 2005).

La radiación es un proceso físico mediante el cual se transmite energía, y sin ella, sería difícil la vida de las plantas. La radiación es generada por el sol en más del 99% y afecta por medio de la duración y la intensidad de la luz (Ortega, 1987).

El fotoperiodo en el maíz tiene influencia en el crecimiento vegetativo, formación de flores, semillas y frutos, extensión de las ramificaciones, forma de las hojas, formación de pigmentos, pubescencia,

desarrollo radicular y muerte de la planta. El maíz es considerado como una planta de fotoperiodo corto (Reyes 1990).

Robles (1990) indica que el maíz es insensible al fotoperiodo debido a que se adapta a regiones con fotoperiodo neutro, corto y largo, sin embargo, los mayores rendimientos se obtienen en fotoperiodo de 11 a 14 horas luz.

2.18 Área foliar

Reta (2002) menciona que el maíz como organismo autótrofo, requiere satisfacer sus necesidades, la energía requerida para ello se produce principalmente a través de la fotosíntesis y de la respiración. El lugar donde la planta transforma la energía física a química, que son los productos resultantes de la fotosíntesis, es uno de los órganos denominados como fuente. Básicamente se refiere al área foliar y las estructuras fotosintéticas no laminares; el área foliar puede ser descrita en términos de tamaño (índice de área foliar y duración de área foliar) y eficiencia (tasa de acumulación neta).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica del sitio experimenta

Con el objetivo de conocer la producción y acumulación de la materia seca en la planta de maíz se realizó una evaluación en el campo experimental de la UAAAN ubicado en la región agrícola de la Comarca Lagunera en el municipio de Torreón, Coahuila, localizada geográficamente entre los paralelos 25° y 33" de latitud norte y entre los 102° y 103° 40' de latitud oeste del meridiano de Greenwich a una altura de 1,100 a 1,400 msnm (Atlas Nacional del Medio Físico, 1982).

3.2 Material genético

Se utilizaron tres híbridos de origen comercial, los cuales se presentan en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Híbridos comerciales de maíz evaluados en primavera-verano de 2009 en Torreón, Coahuila.

Número	Híbrido	Empresa
1	ARRAYAN	AgriBio Tech (ABT)
2	SB-302	Berentsen
3	PAN-6723	Pannar Seed-Pioneer

3.3 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió en dos surcos de 5m de largo y 0.75 m de ancho. La parcela útil fue de un surco de 3m de largo y 0.75 m de ancho

3.4. Preparación del terreno

Se realizó un barbecho a una profundidad de 30 cm y posteriormente un rastreo, después se realizó el empareje del terreno.

3.5 Fecha de siembra

La siembra se efectuó en forma manual, el 1 de abril de 2009, en surcos de 0.75 m y un espaciamiento entre plantas de 17 cm, se depositó dos semillas en cada espacio.

3.6 Riegos

El riego se aplicó por gravedad, realizándose un riego de pre-siembra y tres de auxilio.

3.7 Fertilización

Se empleó fertilizante a una dosis de 46-00-00 (UREA). Aplicado antes de la siembra y antes del período de la floración.

3.8 Control de malezas

El control de maleza se realizó manualmente.

3.9 Control de plagas

Para el control de plagas se aplicó cipermetrina y cloropirifos etil de 100 g y 720 g de ingrediente activo por ha, respectivamente. Principalmente el gusano cogollero (*spodoptera frujiperda*).

3.10 Variables Evaluadas

Las variables evaluadas en campo fueron altura de planta y mazorca, efectuada a los 92 días después de la siembra.

3.11 Altura de Planta (AP)

Se llevo a cabo al medir con un estadal, desde la base del tallo a la base de inserción de la última hoja, en 10 plantas seleccionadas al azar de cada híbrido y expresando el resultado en m.

3.12 Altura de Mazorca (AM)

Realizado al utilizar un estadal, al ser medida de la base del tallo a la base de inserción de la mazorca principal, expresado en m.

3.13 Muestreo para determinación de materia seca

Se realizaron tres muestreos destructivos a los 62, 92 y 114 días después de la siembra. En cada muestreo se recolectaron dos plantas por cada unidad experimental, que presentaron competencia completa.

En el laboratorio se disectaron todos los órganos: vegetativos (tallo, lígula y hoja) y reproductivos (flor masculina-espiga, flor femenina y/o mazorca) de las plantas de maíz. Estos órganos fueron colocados por separado en bolsas de papel estraza, previamente perforadas y etiquetadas. Posteriormente se dejaron secar al ambiente por tres días, después se colocaron en una estufa (Felisa) de aire forzado a una temperatura de $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 60 minutos, para eliminar el resto de humedad. Finalmente, se pesaron las muestras en una balanza digital (Ohaus), expresándose los resultados en gramos y de esa manera se determinó la materia seca, obteniendo los siguientes componentes:

3.14 Peso de hoja (PH)

Para la evaluación de esta variable se cosecharon dos plantas completas, al separar las hojas de la planta con unas tijeras, posteriormente se colocaron en bolsas de de papel estraza previamente perforadas y se dejaron secar al ambiente por tres días para eliminar resto de humedad, se colocaron en una estufa (Felisa) a una temperatura de $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por un espacio de una hora. Transcurrido el tiempo se pesaron las muestras en una balanza digital (Ohaus), los resultados se expresaron en gramos.

3.15 Peso de lígula (PL)

Esta variable se realizó mediante la separación de la lígula del tallo y de la hoja con un exacto y se colocaron en bolsas de papel estraza perforadas, se continuó el mismo procedimiento de secado que en el peso de la hoja.

3.16 Peso de tallo (PT)

En esta variable, al tallo se eliminó la lígula, mazorca y espiga. Este fue dividido en partes pequeñas para que perdiera la humedad con más facilidad y puestas en bolsas de papel estraza, llevadas a la estufa a $110^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 60 minutos, pesadas en una balanza CS200 marca Ohaus con una aproximación a 0.1g. Para determinar el rendimiento en materia seca detallo, en gramos.

3.17 Peso de espiga (PE)

Esta se separó del tallo con una tijera colocadas en bolsas de papel estraza previamente perforadas para llevarlas a la estufa a $75^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, por

60 minutos, se pesó en una balanza marca Ohaus con una aproximación a 0.1g, para determinar el rendimiento en materia seca de espiga, en gramos.

3.18 Peso de totomoztle (PT)

Para medir esta variable se le retiró el pedúnculo y la mazorca al totomoztle, después colocados en bolsas de papel estraza, posteriormente se llevaron a la estufa de aire forzado marca Felisa a $110^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 30 minutos, pesadas en una balanza CS200 marca Ohaus con una aproximación a 0.1g para ver el rendimiento en materia seca de totomoztle, en gramos.

3.19 Peso de mazorca (PM)

Las mazorcas fueron separadas del tallo, se eliminó el totomoztle y el pedúnculo, se colocaron en bolsas de papel estraza perforadas y se pusieron en la estufa a $110^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 30 minutos, se pesó en una balanza marca Ohaus con una aproximación a 0.1 g, el resultado se expreso en gramos.

3.20 Análisis estadístico

Para la siembra en campo y para el análisis de datos se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, usando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + R_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: μ = media general; $\tau_i + R_j$ = elementos de tratamientos y repeticiones y ε_{ij} = error experimental para cada observación.

Se realizó la prueba de rango múltiple DMS (Diferencia Mínima Significativa) al 0.05 de probabilidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de biomasa medida en: peso seco de totomoztle(PT), peso de hojas(PH), peso de mazorca (PM), peso de lígula (PL), peso de espiga (PE) y peso de tallo (PT) no presentó diferencia estadística para ninguno de los tratamientos; en las variables de altura de planta y mazorca, se observó el mismo comportamiento entre los híbridos (Cuadro 4.1). Los coeficientes de variación fueron altos en peso de mazorca (PM), peso de espiga (PE), peso de tallo (PT) y peso de totomoztle (PTM) con valores de 57.99, 36.17, 23.51 y 22.16 %, respectivamente. En las variables de peso de lígula (PL), peso de hoja (PH), altura de planta y altura de mazorca los coeficientes oscilaron entre 15.49 % a 5.46 %, los cuales, se consideran aceptables en experimentos de maíz (De la Cruz, 2007).

Cuadro 4.1. Cuadrados medios de materia seca en tres híbridos comerciales de maíz, primavera -verano de 2009.

FV	gl	PT (g)	PH (g)	PF (g)	PL (g)	PE (g)	PT (g)	FV	gl	AP (m)	AM (m)
Muestreo	1	204.35 ns	60.31 ns	26695.9 ns	287.20 ns	1785.03 ns	190.36 ns	Rep	2	0.01 ns	00.1 ns
Tratamiento	2	65.56 ns	68.18 ns	133.93 ns	67.68 ns	21.34 ns	64.32 ns	Trat	2	0.09	0.012
Rep*Muestreo	4	67.60 ns	22.38 ns	179.27 ns	6.14 ns	82.15 ns	8.93 ns				
Muestreo*Trat	2	149.45 ns	21.90 ns	146.34 ns	10.51 ns	3.94 ns	87.87 ns				
Error	8	52.16	24.57	544.63	14.04	31.38	197.83	Error	4	0.04	0.005
CV %		22.16	10.85	57.99	15.49	36.17	23.51	CV		10.65	5.46

NS: No significativo al 0.01 y al 0.05 de probabilidad, TRAT: tratamiento, REP: repetición, PT: peso de totomoztle, PH: peso de hoja, PF: peso de fruto, PL: peso de lígula, PE: peso de espiga, PT: peso de tallo, AP: altura de planta, AM: altura de mazorca.

En cuanto a los promedios de las características evaluadas de materia seca, todos los tratamientos se comportaron de manera similar, no presentaron diferencias estadísticas, sin embargo, numéricamente el híbrido Arrayan superó a los demás materiales con valores de 34.85 g en PT, en PH con 48.80 g, en PM con 43.23 g, PL con 27.31 g y PE con 16.57 g.

El híbrido que mostró el menor rendimiento en materia seca en las variables medidas de PT, PH, PM, PL y PE. Fue el PAN-6723 con valores de 28.31, 42.10, 34.79, 20.63 y 13.30 g, respectivamente (Cuadro 4.2).

Los genotipos que manifestaron mayor altura de planta y de mazorca fue el Arrayan con 2.10 y 1.47 m, respectivamente. En cuanto a menores alturas, lo presentó el PAN-6723 con 1.85 m en altura de planta y 1.18 m en altura de mazorca.

El híbrido SB-302 mostró valores intermedios de 2.01 m y 1.29 m de altura de planta y altura de mazorca.

Los resultados indican que el genotipo Arrayan fue el de mejor comportamiento, lo que indica una mayor producción de masa durante su ciclo vegetativo. Mientras que los híbridos SB-302 y PAN-6723 presentaron

los menores pesos en sus órganos vegetativos, reflejándolo también en una menor altura de planta y mazorca. Coincidiendo estos resultados con Cabrales *et al* (2007) quienes en una evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz para forraje encontraron que los materiales con mayor altura presentaron mayor producción de biomasa y por ende mayor materia seca. Sin embargo, es recomendable contar con materiales de porte bajo, para evitar el acame de las plantas.

Cuadro 4.2. Promedio de ocho características agronómicas de tres híbridos comerciales de maíz, primavera - verano de 2009.

Hibrido	Pt (g)	Hibrido (g)	Ph (g)	Hibrido	Pf (g)	Hibrido	Pl (g)	Hibrido	Pe (g)	Hibrido	Pt (g)	Total (g)	Hibrido	Ap (m)	Hibrido	Am (m)
Arrayan	34.85 a	Arrayan	48.80 a	Arrayan	43.23 a	Arrayan	27.31 a	Arrayan	16.57 a	Arrayan	61.17 a	231.93	Arrayan	2.10 a	Arrayan	1.47 a
Sb-302	32.41 a	Sb-302	46.16 a	Sb-302	42.70 a	Sb-302	24.60 a	Sb-302	16.57 a	Sb-302	59.47 a	221.91	Sb-302	2.01 a	Sb-302	1.29 b
Pan-6723	28.31 a	Pan-6723	42.10 b	Pan-6723	34.79 a	Pan-6723	20.63 b	Pan-6723	13.30 a	Pan-6723	58.80 a	197.93	Pan-6723	1.85 a	Pan-6723	1.18 b
Media	31.86	Media	45.69	Media	40.23	Media	24.18	Media	15.8	Media	59.81	217.57	Media	1.98	Media	1.31
DMS	9.61	DMS	6.6	DMS	31.07	DMS	4.98	DMS	7.45	DMS	31.88	91.59	DMS	0.48	DMS	0.16

PT= peso de totomoztle, PH= peso de hojas, PF= peso de fruto, PL= peso de lígula, PE= peso de espiga, PT= peso de tallo, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca

V .CONCLUSIONES

No se presentaron diferencias estadísticas en los análisis de varianza para las variables evaluadas.

En el promedio de las variables evaluadas el híbrido Arrayan superó a todos los materiales con un buen rendimiento de materia seca y mayor altura de planta.

Sin embargo, se observa entre los materiales un buen potencial para ser empleados en al región para el proceso de ensilaje.

VI. LITERATURA CITADA

Asturias M. A. 2004. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. Red por una América latina libre de transgénicos. Quito Ecuador. 27-47.

Bartolini R. 1990. El maíz. Ediciones mundi prensa. España. 9 p.

Bolaños J. and G. O. Edmeades. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. II. Responses in reproductive behavior. *Field Crops Res.* 31:253-272.

Cabrales R. M. y J. Rivera. 2007. Evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz (*Zea mays*), con fines forrajeros en el valle del Sinu Medio. *Rev. MVZ Córdoba* 12 (2): 1054 – 1060.

Castillos F., E. Herrera, J. Romero, R. Ortega, M. Goodman y M. E. Smith. S/F. Diversidad genética del maíz y su aprovechamiento *in situ* a nivel regional. Colegio de posgraduados, montecillo, México.

Cebada S., O. Valentinuz y Eyherabide G. 2007. Grupo ecofisiología vegetal y manejo de cultivos. INTA EEA Paraná. FCA-UNER. Grupo mejoramiento genético. INTA EEA Pergamino.

De la Cruz E, S.A. Rodríguez H., A. Palomo G., A. López B., V. Robledo T. A. Gómez V. R. y Osorio O. 2007. Aptitud combinatoria de líneas de maíz de alta calidad de proteína para características forrajeras. *Fitotecnia Mexicana* 23 (1): 57-68.

Neild R.E. and J. E. Newman. 1987. Growing season characteristics and requirements in the Corn Belt. *Climate and weather. USA.* Iowa state university. 1-8 p.

- Núñez H. G., C. González F., Faz, C.R. y V. Figueroa U. 2006. Etapas de madurez a la cosecha en tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Campo experimental La Laguna. INIFAP.13: 1- 35.
- Ortega A. 1987. Insectos nocivos del maíz, una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México. 106 p.
- Ortiz G. S. 2002. Los Organismos genéticamente modificados y el análisis de riesgo. Instituto nacional de ecología. SEMARNAT. Simposium Internacional. Puerto Vallarta, México.
- Peil M.R., L. Gálvez J. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. R.Bras. Agrociencia. 11(1): 05-11.
- Peña R., A., F. González C., G. Núñez H. y C. Jiménez G. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. Rev. Fitotec. Mex. 27:1-6.
- Pordesimo L.O., W.Edens C. y Sokhansanj S. 2004.Distribution of aboveground biomass in corn stover. Biomass and bioe-Nergy. 26:337-343.
- Reta S.D.G., J.S. Carrillo, A. Gaytan M., E. Castro M. y Cueto W.2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. INIFAP- CIRNOC-CELALA SAGARPA. 5:1-22
- Robles S., R. 1990. Maíz. Producción de granos y forrajes. Quinta Edición. LIMUSA. México. 9- 52 pp.
- Romo J. R. y R. Arteaga. 1990. Meteorología agrícola departamento de irrigación, Universidad Autónoma Chapingo. México. 109-153, 251-228 pp.

Tadeo R. M. 1994. Nuevos híbridos. PUMA 1157 y PUMA 1159, maíces de la UNAM. *In: Agrosintesis* 23 (2) 21-24.

Vega V. D. D. y P. Ramírez M. 2004. Situación y perspectivas del maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo. 8- 9 pp.

Werner R. y D. Leihner. 2005. Análisis del crecimiento vegetal. Universidad de Costa Rica, Turrialba. 7:1-41.

Zarco P., E. Gonzales H. V., A. López P. y Salinas M. Y. 2005. Marcadores fisiológicos de la tolerancia a sequía en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*. 39: 517-528.