



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MAÍCES TRILINEALES CON FINES
FORRAJEROS EN ZONAS SEMIÁRIDAS

Por:

Karina Rodríguez Villanueva

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA



COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MAÍCES TRILINEALES CON FINES
FORRAJEROS EN ZONAS SEMIARIDAS

Por:

Karina Rodríguez Villanueva

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Asesor Principal:

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo

Co-asesores:

Dr. José Marín Sánchez

Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor

El trabajo titulado “**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE MAICES TRILINEALES CON FINES FORRAJEROS EN ZONAS SEMIARIDAS**”, fue realizado por: **Karina Rodríguez Villanueva** como requisito parcial para obtener el título de “**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

DR. MARCO ANTONIO RIVAS JACOBO _____

Asesor

DR. JOSÉ MARÍN SÁNCHEZ _____

Co-asesor

DRA. CAMELIA ALEJANDRA HERRERA CORREDOR _____

Co-asesor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., a los 11 días del mes de julio de 2013.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por haber estado siempre conmigo y no dejarme caer a mitad del camino, he superado muchas pruebas que me has puesto, y ahora estoy lista para las que siguen.

A MIS ABUELOS

Santiago Villanueva Montalvo (+) y Gabina Vargas Rodríguez (+) por haberme hecho la persona que soy, por haberme enseñado lo que se... LOS AMO y LOS EXTRAÑO, hoy me hacen falta pero sé que se encuentran bien.

Espero que estén orgullosos de MÍ.

A MI MADRE

Ma. Del Carmen Villanueva Vargas por estar siempre conmigo, apoyándome, y dejándome resolver mis problemas por mi misma, me has enseñado a ser perseverante y fuerte TE AMO.

A MIS HERMANAS

Ericka Rodríguez Villanueva y Cristina Rodríguez Villanueva porque hemos estado juntas en las buenas y en las malas.

A MIS SOBRINAS

Melannie Zamara Flores Rodríguez y Evoeth Daiana Flores Rodríguez por ser lo mejor que tengo en esta vida su TIA LAS AMA.

A MIS TIOS

San Juana Villanueva Vargas, Matiana Villanueva Vargas y Santiago Villanueva Vargas, porque cada uno de ustedes en su momento estuvo siempre conmigo.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

Por darme la oportunidad de realizarme como profesional.

A MIS ASESORES

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo, Dr. José Marín Sánchez y la Dra. Camelia Alejandra Herrera Cordero por sus sabios consejos, comprensión y toda su enseñanza, durante el tiempo de realización de la Tesis, con toda mi admiración.

A MIS PROFESORES

MC Jesús Felipe Morón Cedillo, IAZ Francisco Javier Almendárez y la profesora Socorro Hernández Arteaga por estar disponibles en cualquier momento y aclarar las dudas de diferentes materias y por su amistad y confianza durante el tiempo de mi carrera.

Y al Prof. José Luis Woo que siempre me regalo una sonrisa y palabras de ánimo.

A MIS AMIGOS

Aquellas personitas que siempre estuvieron conmigo, aquellos que nunca me dieron la espalda y siempre me brindaron una mano: Zulema, Karla, Libertad, Esthela, Coco, Ezenia, Karen, Yuliana, Marcela, Sinahí, Adriana, Mauro, Tania, Javier, Heriberto, Roberto, Omar, Almazán, Rafa, Carlos S, Rodrigo S y Darwin.

Y aquellos que no estuvieron cerca de mí pero siempre presentes, Omar Jara, Leticia Rojas, Diana Parra, Marlenne Espinoza, Alba Marina, Nancy Silva.

AL PERSONAL DE LA ESCUELA

A Don Genaro, Don Lalo, Don Remigio, Don Miguel, Don Pedro, Pancho, Mónico, Aldo, Ofé, José, Martita, a todos en general.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY	ix
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Importancia del Maíz	4
Origen del Maíz.....	4
Producción de Maíz a Nivel Mundial.....	5
Producción de Maíz en México.....	5
Producción de Maíz en el Estado de San Luis Potosí	5
Producción Bajo Temporal.....	6
Características de una Planta de Maíz	6
Nutrición del Maíz.....	7
Tecnología de Producción de Maíz Forrajero	8
Preparación de la cama de siembra.....	8
Barbecho	8
Rastreo	9
Nivelación.....	9
Surcado y trazo del riego	9
Época, densidad y método de siembra.....	9
Variedades e híbridos	10
Utilización de Labranza Mínima Para Producir Maíz.....	11
Plagas y Enfermedades.....	12
Control de Malezas.....	15
Cosecha	16

Características del Maíz Como Forraje	17
Rendimiento de Materia Verde y Materia seca	18
Componentes Morfológicos	19
MATERIALES Y METODOS	21
Localización y Área del Estudio	21
Material Genético	21
Tratamientos	21
Desarrollo de Campo	23
Variables Evaluadas	23
Diseño Experimental	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
CONCLUSIONES	33
LITERATURA CITADA	34

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1	Relación de genotipos de Híbridos trilineales, utilizados como tratamientos.....	22
2	Distribución de las parcelas.....	22
3	Distribución de Tratamientos.....	22
4	Comparación de medias de rendimiento de materia seca de tallo más hojas, elotes y total, y número de elotes de nueve híbridos trilineales no comerciales, dos comerciales y un criollo de la región media de San Luis Potosí.....	27
5	Comparación de medias de número de hojas, diámetro, número de elotes y área foliar de la primera hoja seminal de nueve híbridos trilineales no comerciales, dos comerciales y un criollo de la región media de San Luis Potosí.....	30
6	Coefficientes de Correlación entre las variables de rendimiento y las variables.....	31

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad evaluar el comportamiento productivo de 12 variedades de maíz trilineales para un programa de mejoramiento dirigido para forraje, así como las relaciones de los componentes morfológicos y algunas Características de las estructura de la planta. La investigación se realizó en Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., ubicado a 22° 13' LN y 100° 50' LO, a 1,835 m.s.n.m. con clima semi-seco templado y temperatura media anual de 17.1 °C, con 362 mm de precipitación. Se utilizaron nueve híbridos trilineales experimentales formados en 2006 en con fines forrajeros en el Programa de Producción de Semillas del Colegio de Postgraduados (HT-1, HT-2, HT-4, HT-5, HT-6, HT-8, HT-9, HT-10, HT-12) y como testigos se utilizaron dos variedades comerciales liberadas (HS-2 del Colegio de Postgraduados y el Forra Sierra de Semillas Caloro) y un criollo de Cerritos, San Luis Potosí. Se barbechó y rastreó el 26 de mayo de 2011 posteriormente a los dos días se regó en forma de gravedad y el 30 de mayo se rastreó en tierra húmeda. La Siembra se realizó el 30 de mayo de 2011, para ello se trazaron parcelas de 5 surcos de 0.50 cm de ancho x 3 metros de largo, se depositó una semilla por golpe cada 20 cm a una profundidad de 7 cm en forma manual para tener una densidad de 100,000 plantas por hectárea, los riegos se realizaron por gravedad cada quince días en promedio y se fertilizó a una dosis de 160-40-00 (N-P-K). Los híbridos HT-10 y HT-8 presentan valores altos con rendimientos de 14 y 15 kg MSTO ha⁻¹. En cuanto al número de hojas los híbridos trilineales HT-5, HT-4, Forra sierra y Cerritos mostraron los valores más altos con 15.6, 15.4, 15.0 y 15.0, respectivamente. En el diámetro las variedades HT-1, HT-2 y HT-8, mostraron los mayores valores con 2.55, 2.51 y 2.48 cm, respectivamente. Número de elotes por planta donde los híbridos HT-8, HT-7, HS-2, HT-9, HT-3 y Criollo Cerritos fueron los mejores y en lo que a área foliar se refiere las variedades con altos rendimientos fueron Forra sierra, HT-8, HT-3, HT-9, HT-1, HT-5 y HT-7.

SUMMARY

The present work was aimed and evaluate the performance of 12 varieties of corn trilinear for a breeding program aimed for fodder, and the relationships of the components and some morphological features of the plant structure. The research was conducted in Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., located at 22 ° 13 'NL and 100 ° 50' W, at 1,835 m semi-dry with temperate climate and average annual temperature is 17.1 ° C, with 362 mm of precipitation. Trilinear were nine experimental hybrids formed in 2006 for fodder purposes in Seed Production Program of the Graduate College (HT-1, HT-2, HT-4, HT-5, HT-6, HT-8, HT -9, HT-10, HT-12) and as witnesses used two commercial varieties released (HS-2 Forra Sierra de Semillas Caloro) and a native of Cerritos, San Luis Potosi. It fallow and traced the May 26, 2011 two days later to be watered as gravity and May 30 in moist soil is crawling. Sowing took place on May 30, 2011, for it was traced plots 5 rows of 0.50 cm wide x 3 feet long, was deposited a seed per every 20 cm to a depth of 7 cm by hand to be a density of 100,000 plants per hectare, irrigation is carried out by gravity fortnightly averaged and was fertilized at a dose of 160-40-00 (NPK). Hybrids HT-10 and HT-8 show high values with 14y yields MSTO 15 kg ha⁻¹. As for the number of leaves trilinear hybrid HT-5, HT-4, and Cerritos Forra sierra showed higher values with 15.6, 15.4, 15.0 and 15.0, respectively. In HT varieties diameter-1, HT-2 and HT-8, showed the highest values with 2.55, 2.51 and 2.48 cm, respectively. Number per plant corn hybrids where HT-8, HT-7, HS-2, HT-9, HT-3 and Criollo Cerritos were the best and when it refers to the leaf area high yielding varieties were Forra sierra, HT-8, HT-3, HT-9, HT-1, HT-5 and HT-7.

INTRODUCCIÓN

Los forrajes son plantas o algunas partes vegetativas de plantas cultivadas o utilizadas para la alimentación del ganado mediante el pastoreo directo o la cosecha; constituyen la manera más económica y practica de alimentar el ganado; pueden ser gramíneas o leguminosas y resultan indispensables en la dieta por las funciones digestivas que cumplen los animales (Pineda, 2013).

El maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América. En nuestro país, se calcula que esta especie cubre alrededor de 51% del área total que se encuentra bajo cultivo. En América el maíz llegó a constituir el cultivo fundamental para los primeros colonizadores, tal como lo era para los pueblos indígenas (Robles, 1978).

El estado de San Luis Potosí cuenta con más de 4 millones de hectáreas, de las cuales 918 mil hectáreas están dedicadas a la producción agrícola de lo que aproximadamente el 36.7% corresponde al cultivo del maíz (INEGI, 1996).

En la Zona Media Potosina, el cultivo del maíz para grano bajo riego ocupa un lugar importante a nivel social como económico. Anualmente se siembran en promedio 12 mil hectáreas con un rendimiento medio de tres toneladas de grano por hectárea de riego (INIFAP, 2002).

La producción de forraje y en particular, el maíz como forraje verde o ensilado, representa un bien necesario y de mucha relevancia para la producción de ganado lechero o de engorda en México, por su alto contenido de materia seca con un buen nivel de tecnología (20 ton ha⁻¹) a un costo menor, en comparación con otros insumos que tiene mayor costo por kilogramo de materia seca, ya que se ha creado dependencia de la alfalfa, pero también el uso intensivo de granos, subproductos industriales y productos industrializados aumentan de una manera considerable los costos de alimentación (Navarro *et al.*, 2008), y no solo para los bovinos, sino también para complementar las necesidades de materia seca de los ovinos e incluso los caprinos que se encuentran en pastoreo en el norte de México y en otras áreas del país, ya que el forraje que se produce en los pastizales nativos en ciertas épocas del año baja su producción por la falta de lluvia en la época seca y en el invierno provocando estados nutricionales bajo de los

animales y con ello una baja tasa reproductiva y menor número de animales gordos a la venta y menor producción de leche para su comercialización (Rivas *et al.*, 2005).

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar la productividad forrajera de nueve híbridos trilineales de maíz en zonas semiáridas.

Objetivos Específicos:

- a) Estimar el rendimiento de materia seca y sus componentes morfológicos de los híbridos en estudio.
- b) Medir características distintivas de las plantas de maíz como área foliar, número de hojas, elotes y diámetro.

HIPÓTESIS

Hipótesis General:

De un grupo de maíces trilineales existe al menos un genotipo con buen comportamiento productivo en zonas semiáridas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del Maíz

El maíz es el cultivo de mayor relevancia a nivel mundial por el volumen de su producción, la gran diversidad de su uso y por producirse en países de todos los continentes en condiciones extremadamente diferentes. La mayor parte de la producción es de grano amarillo que se destina al consumo forrajero. Su uso para la fabricación de fructuosa, aceites y combustibles, ha crecido aceleradamente en años recientes, distinguiéndose más de 600 productos derivados de maíz. Una parte reducida de su producción es de grano blanco que se destina en su mayoría a harinas para el consumo humano (SIAP, 2010).

La planta de maíz es un excelente forraje para el ganado. Produce, en promedio, mas materia seca y nutrimentos digestibles por unidad de superficie que otros forrajes (Perry, 1988).

El maíz con los granos en estado pastoso es el más adecuado para usarse como forraje y contiene más materia seca y elementos digestibles por hectárea de cualquier otro cultivo; este es también el mejor estado para preparar ensilaje. El maíz amarillo es el preferido para alimentar el ganado, al cual se le da el grano, quebrado, seco o cocido al vapor (Carlos De León *et al*, 2010).

Origen del Maíz

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Wilkes, 1979 y 1985).

Muchos investigadores creen que se habría originado en México donde el maíz y el teosinte han coexistido desde la antigüedad y donde ambas especies presentan una diversidad muy amplia (Wheatherwax, 1955; Iltis, 1983; Galinat, 1988). El hallazgo de

polen fósil y de mazorcas de maíz en cuevas en zonas arqueológicas apoya seriamente la posición de que el maíz se había originado en México.

Producción de Maíz a Nivel Mundial

Globalmente, el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas (FAO, 1999) con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas. El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, cada uno de los cuales siembra más de 50 000 hectáreas con un total de cerca de 61.5 millones de hectáreas y una producción anual de 111 millones de toneladas métricas. El rendimiento medio del maíz en los trópicos es de 1 800 kg/ha comparado con una media mundial de más de 4 000 kg/ha. El rendimiento medio del maíz en las zonas templadas es de 7 000 kg/ha (CIMMYT, 1994).

Producción de Maíz en México

El creciente aumento en la producción de maíz forrajero en las cuencas lecheras del país, 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. A la 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 en grano (Peña *et al.*, 2004).

Producción de Maíz en el Estado de San Luis Potosí

En San Luis Potosí siembran solo 8,177 ha de maíz forrajero con un rendimiento de 25.37 toneladas (t) de materia verde (MV) por ha bajo temporal y 41.28 t de MV/ha bajo riego (SIAP, 2012), información que refleja bajos rendimientos haciéndolo poco rentable si consideramos un costo de producción estimado con productores de este cultivo de \$15,000 utilizando una tecnología media y considerando costos de cosecha y acarreo. Por lo tanto se deben buscar otras y mejores variedades, que expresen mejores potenciales productivos y con mayor calidad nutritiva, que cubran los requerimientos de

los animales rumiantes a menor costo y que a la vez estas variedades estén adaptadas a la región (Rivas *et al.*, 2006).

Producción Bajo Temporal

Los productores mexicanos cosechan anualmente maíz en 1.1 millones de hectáreas de riego y 6 millones de hectáreas de temporal, y producen 20.58 millones de toneladas anuales. Una considerable fracción de estas tierras se maneja con dosis sub-óptimas de insumos. La cosecha puede aumentarse a 29 millones de toneladas en la misma superficie, si se aplicara la tecnología pública disponible a la totalidad de las tierras (Turrent Fernández, 2009).

Características de una Planta de Maíz

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual, compuesta de tallo, hoja, raíces y mazorca.

Tallo: El tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal, con una cantidad de nudos que varía entre 8 y 25, con un promedio de 16 regularmente.

Inflorescencia: El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta (Lesur, 2005).

Hojas: Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervadas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes, su color es verde, aunque también las hay ligeramente rayadas de blanco o purpura.

Raíces: El maíz cuenta con cuatro clases de raíces: las seminales (aquellas que tiene su origen en el embrión suministran nutrientes en las primeras dos semanas), las definitivas (las cuales puedes alcanzar hasta dos metros de profundidad, fijan la planta al suelo y recogen agua y nutrientes), las de soporte (su función es brindarle mayor estabilidad a la planta, tomar algunos nutrientes y agua del rocío) y las aéreas (no alcanzan a llegar al suelo) (Lesur, 2005).

Reyes (1990), nos dice que las raíces permanentes son profundamente ramificadas horizontalmente alcanzando un diámetro de 1.8 metros y en profundidad más de dos metros, estos factores están muy relacionados con: variedad, textura, estructura, fertilidad, humedad y plagas en el suelo.

Flores: El maíz es una planta monoica de flores unisexuales (tiene flores masculinas y flores femeninas) en partes separadas de la misma planta (Reyes, 1990). Las flores masculinas constituyen la espiga que produce el polen, en tanto que las flores femeninas están dentro de la mazorca que surge como una rama lateral modificada, con las flores cubiertas por las hojas tiernas del jilote del que sobresalen los estigmas y estilos receptores del polen, los cuales se conocen como cabellos del elote, cada planta produce de una a tres mazorcas según la variedad y condiciones ambientales (Lesur, 2005).

Nutrición del Maíz

El maíz es el cultivo que consume más fertilizante que cualquier otro, particularmente si se trata de híbridos. Las cantidades de nitrógeno a aplicar dependerán de las condiciones del suelo, de la cosecha anterior, de la variedad y de la densidad con que se siembra pero oscila entre 40 y 70 kg por hectárea para las variedades nativas y de 100 a 300 kg o más por hectárea en los híbridos. El suministro de este elemento deberá realizarse en dos aplicaciones: 30 % antes o durante la siembra y el 70 % restante antes de la floración (Robles, 1983).

Las cantidades de fósforo y potasio son del orden mínimo de 40 a 80 kg por hectárea para el fósforo y de 80 a 160 kg por hectárea de potasio, con ello se puede aspirar a una producción superior a las 4 toneladas de grano. Sin embargo, la cantidad precisa estará en función de las condiciones del suelo, de la semilla y de la densidad de la siembra, en el caso de maíz forrajero se requieren 20 kg más de fósforo y 120 kg de potasio (Lesur, 2005).

La fertilización se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8 (Lesur, 2005).

La necesidad tanto de elementos mayores como de elementos menores según la región agrícola y aun dentro de la misma región existen diferencias en el contenido de nutrientes de suelo, existen casos en los cuales a unos cuantos metros de distancia se requieren diferentes niveles de fertilización, por otra parte no todos los cultivos requieren de las mismas cantidades de los diversos elementos fertilizantes (Robles, 1983).

Tecnología de Producción de Maíz Forrajero

Preparación de la cama de siembra

Uno de los pasos más importantes para tener éxito en el establecimiento y producción del cultivo es la preparación adecuada del terreno para crear una cama de siembra firme que permita a la semilla estar en contacto con el suelo húmedo y así obtener una buena germinación, emergencia y establecimiento de las plántulas y un desarrollo óptimo de las plantas de maíz. Una buena preparación de la cama de siembra aumenta la infiltración, retención y movimiento del agua en el suelo y promueve un crecimiento vigoroso de las raíces (Conway, 2010). En maíz forrajero, las prácticas de preparación de suelo son barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

Barbecho

Consiste en pasar el arado sobre el terreno para voltear los primeros 25 a 30 cm de suelo. Los objetivos de voltear el terreno son: 1) incorporar los residuos del cultivo anterior y la maleza existente en el terreno para facilitar su descomposición, 2) aflojar el suelo para que el sistema radical de la planta tenga un buen desarrollo, 3) mejorar la infiltración y retención del agua en el suelo y 4) reducir la presencia de plagas y malezas durante el ciclo del cultivo y 5) aumentar la aeración del suelo. Esta práctica se realiza en forma mecánica con arado de discos o con arado vertical de rejas. Se recomienda barbechar al menos 15 días antes de sembrar (Flores *et al.*, 2010).

Rastreo

Es el paso de la rastra de discos sobre el terreno para deshacer los terrones grandes que quedan después del barbecho, para obtener una superficie mullida que permita el contacto de la semilla con el suelo y eliminar la maleza pequeña que nació después del barbecho. El rastreo se lleva a cabo a una profundidad de 12 a 15 cm y se recomienda rastrear lo más cercano al momento de la siembra para eliminar la mayor cantidad de maleza. Si el terreno está muy duro es posible que se requieran dos pasos de rastra, de ser así, estos se hacen en forma cruzada, es decir el segundo paso se realiza en sentido perpendicular al primero (Flores *et al.*, 2010).

Nivelación

Esta práctica es necesaria para una distribución uniforme del agua de riego y hacer un uso eficiente de la misma. Se realiza después del rastreo con una escropa niveladora o con un tablón o riel. El objetivo es tapar los huecos del terreno y eliminar las zanjas y bordos que quedan por efecto del rastreo (Flores *et al.*, 2010).

Surcado y trazo del riego

El surcado se efectúa con el propósito de conducir el agua del riego de pre-siembra. La distancia entre surcos recomienda es de 0.76 m. y la longitud de los surcos no debe exceder los 100 m para evitar pérdidas por percolación; la pendiente de estos debe de ser de 1 a 5% para evitar erosión hídrica (pérdida de suelo). Cuando la pendiente excede más del 5% se recomienda hacer surcos en contornos, con respecto a las a las curvas del nivel del terreno. Los surcos se trazan en forma perpendicular a la pendiente del terreno (Flores Ortiz *et al.*, 2010).

Época, densidad y método de siembra

Para las condiciones de Zacatecas, la época de siembra para el maíz forrajero de riego inicia el 20 de abril y termina el 30 de mayo. Sembrar antes o después de esta fecha se corre el riesgo de sufrir daños en el cultivo a causa de heladas tardías (al inicio del ciclo) o tempranas (al final de ciclo). En el caso de la región de los Cañones la siembra puede iniciar desde el 20 de febrero, porque las condiciones de clima son más

calientes y la ocurrencia de heladas es menor que en el altiplano (Flores Ortiz *et al.*, 2010).

El número de plantas que se siembran por hectárea afecta el rendimiento del cultivo, la calidad del forraje cosechado y el costo de producción, por ello es importante sembrar el número correcto de semillas por unidad de superficie. La densidad de siembra recomendada en maíz forrajero es mayor que la de maíz para grano. Para maíz para ensilaje la recomendación es sembrar 80,000 plantas/hectárea, incrementar el número de plantas arriba de lo recomendado incrementa el rendimiento de materia seca pero en un porcentaje que no paga el costo de la semilla, por ejemplo, Cox y Cherny (2001) incrementaron la densidad de 80,000 a 116,000 plantas por hectárea y el rendimiento de materia seca solo aumentó 3.7%. Además, las altas densidades de siembra impactan negativamente la calidad del ensilaje porque se incrementa el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido reduciendo la digestibilidad del forraje, esto debido a que se aumenta la producción de materia seca, pero la de grano se reduce o permanece constante (Contreras *et al.*, 2010; Núñez y Faz, 2002; Widdicombe y Thelen, 2002; Cox y Cherny, 2001; Cusicanqui y Lauer, 1999). En caso de que el suelo sea de baja fertilidad o productividad la densidad de siembra deberá bajarse para obtener el mayor rendimiento de forraje (Lauer, 2009). El método de siembra recomendado es sembrar en surcos con una separación de 0.76 m.

Variedades e híbridos

La selección del híbrido o variedad es el inicio para obtener una producción de forraje rentable y un ensilaje de alta calidad. Para condiciones de riego se recomienda sembrar híbridos, porque han sido formados para que buena parte de su biomasa provenga de la mazorca, lo cual es necesario para producir un forraje de alto contenido energético (Flores *et al.*, 2010).

La selección de la variedad o híbrido se debe basar en los siguientes aspectos: 1) rendimiento de forraje, se deben escoger los híbridos que produzcan más forraje, 2) cantidad de mazorca o grano que producen; un buen ensilaje requiere de que la planta lleve una alta cantidad de grano para que ocurra un proceso de fermentación adecuado y el ensilaje presente un alto contenido de energía. Se recomienda escoger híbridos y

variedades que produzcan al menos 40% de su peso como mazorca 3) calidad nutricional, hay que tomar en cuenta la digestibilidad y contenidos de fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, proteína cruda y de energía neta de lactancia que producen cada híbrido o variedad (Bagg, 2001). Los mejores híbridos son los que tienen bajos valores de fibra y altos en digestibilidad y energía neta de lactancia. Otro aspecto a tomar en cuenta es el costo de la semilla, ya que algunos híbridos son muy caros y su rendimiento es igual a otros más baratos.

Utilización de Labranza Mínima Para Producir Maíz

La siembra de granos básicos dentro de un sistema de labranza mínima, labranza de conservación o siembra directa, constituye una gran alternativa de producción, con beneficios directos en el corto, mediano y largo plazo como el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y disminución de los costos de producción (Luis, 2001).

Entre las ventajas del método de labranza mínima se incluyen las siguientes (Phillips y Young; Pitty 1997):

- Reducción de la erosión hídrica y eólica del suelo.
- Aumento en la intensidad del uso de la tierra.
- Mayor facilidad de la siembra y de cosecha.
- Mayor retención de humedad.
- Menor compactación del suelo.
- Menor consumo energético.
- Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Puede disminuir la incidencia de malezas anuales.
- Evita la introducción de nuevas malezas.
- El comportamiento de plagas y enfermedades es variable.

Plagas y Enfermedades

El maíz es una de las plantas más resistentes comparada con otros cultivos, sin embargo es susceptible a daños ocasionados por aves, roedores, insectos, enfermedades, condiciones climáticas (Lesur, 2005).

Una manera de poder detectar los daños en el cultivo es necesario inspeccionarlos minuciosamente, por lo menos una vez a la semana, en busca de señales de plaga, como rastros de animales depredadores, nidos y madrigueras, huevos de insectos, excrementos y daños en las plantas.

Algunas de las principales plagas con mayor recurrencia según Lesur (2005) son:

Trips (Frankliniella williamsi)

La biología de este insecto consiste de cinco estadios: adulto, huevo, larvas, prepupa y pupa. Los huevos son depositados en el tejido tierno de la planta y la eclosión se presenta en 2 a 14 días dependiendo de la temperatura. Las larvas de primer estadio empiezan a alimentarse pronto después de eclosionar. El ciclo de vida completo desde la oviposición hasta la emergencia del adulto varía desde los 12-44 días. Los trips causan su daño más severo en plántulas jóvenes y durante la formación de la mazorca permitiendo la entrada de patógenos como *Fusarium spp.*

Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)

Los huevecillos están cubiertos con escamas. Las larvas al eclosionar tienen hábitos gregarios, canibalísticos y se establecen en el cogollo de la planta. Se presentan seis instares larvarios. Su ciclo es de 30 días en primavera y se alarga en invierno hasta 90 días. Pupa en el suelo a una profundidad de 2 a 8 cm. La duración de la vida del adulto es de 10 días.

Gusano trozador (Agrotis sp.)

Los adultos emergen en primavera y ponen sus huevecillos en la superficie del suelo y tallo de la planta. Las larvas permanecen ocultas durante el día y en la noche se

alimentan. Presentan hasta siete instares de fase larval y su ciclo lo desarrolla en 30 días. Pupa en el suelo y dura de 12-15 días.

Barrenador del tallo (*Diatraea* sp.)

La larva en sus dos primeros instares se alimenta del follaje y en el tercero si la planta es chica penetra el cogollo y causa su muerte. En etapas avanzadas del cultivo penetra al tallo, por lo que la planta reduce su crecimiento. Las larvas de los últimos instares se transforman en pupa dentro del tallo de la planta penetrando de dos a tres internudos lo cual provoca la muerte de la planta.

Gusano elotero (*Helicoverpa zea*)

El adulto es una palomilla de color amarillo pajizo con una mancha oscura casi circular cerca del centro de las alas anteriores. Las palomillas ponen sus huevecillos en las hojas tiernas del elote. Cada hembra pone hasta 3,000 huevecillos. Las larvas presentan seis instares. Presentan en el dorso una franja oscura con microespinas, dividida por una línea clara. La larva en su última fase de desarrollo cae al suelo para pupar a una profundidad de 3 a 20 cm.

Gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea* L.)

El adulto es una catarina de color verde opaco con amarillo. Las larvas son de color blanco cremoso con la cabeza de color café oscuro. El daño principal lo realiza la larva al alimentarse de la raíz. Las plantas dañadas, disminuyen su capacidad de anclaje y soporte, lo que ocasiona el “cuello de ganso” y su posterior caída.

Gusano alambre (*Agriotes* sp.)

Son insectos de cuerpo duro, alargado, cilíndrico y negro rojizo; pueden alimentarse de semillas en germinación, raíces y pueden barrenar las partes subterráneas de las plántulas.

Gallina ciega (*Phyllophaga* spp, *Cyclocephala* spp., *Diplotaxis* spp., *Macroductylus* spp. *Anomala* spp.)

Las larvas son de color blanco cremoso, la cabeza es de color café, las patas son muy peludas y desarrolladas. Los adultos son de color pardo rojizo y otras tonalidades. Presentan especies anuales y bianuales. Las primeras son las que afectan más al cultivo de maíz.

Las principales enfermedades del maíz según Lesur (2005) son:

Carbón del maíz (*Sphacelotheca reiliana*)

El patógeno se presenta en la etapa de floración de la espiga y formación de mazorca. En infecciones tempranas se reduce el desarrollo de la planta y las espiguillas no se forman, observándose en su lugar una masa negra de esporas. En otros casos se manifiesta una excesiva proliferación en las brácteas de las espiguillas, no detectándose carbón, suaves al tacto y al cortarlas se observa una masa pulverulenta de color café oscuro que está cubierta por un tejido blanco. El efecto colateral de la infección es el achaparramiento de la planta.

Pudrición de la Raíz (*Pythium aphanidermatum*, *Diplodia maydis*, *Fusarium* spp)

La infección ocurre desde la fase de semilla, durante la germinación y el desarrollo del cultivo. La pudrición postemergente se caracteriza por contener el inóculo en la raíz de la plántula, presentando un color amarillento, falta de vigor y estrangulamiento a nivel de la base del tallo, ocasionando la muerte prematura de la misma. Las condiciones que favorecen la presencia de estos hongos son suelos pobremente drenados, con excesiva compactación y una temperatura base de 10-13 °C.

Pudrición del Tallo (*Macrophomina phaseolina*, *Fusarium* spp, *Diplodia maydis*, *Pythium aphanidermatum*)

Después de la polinización y al aproximarse la madurez de las plantas, el micelio del hongo se activa e invade sus nudos bajos. Condiciones secas al inicio de la estación y temperaturas de 28-30°C, seguidas de tiempo húmedo, 2-3 semanas después del llenado de grano, favorece la pudrición. Alto contenido de nitrógeno y bajo de potasio además de una densidad excesiva de plantas son favorables al hongo.

Tizón de la hoja (*Helminthosporium maydis*)

El daño es causado por la pérdida del área foliar disminuyendo la captación solar (fotosíntesis), pérdida de peso de grano. Cuando apenas comienza a formarse, las lesiones son pequeñas y romboides y a medida que maduran se van alargando éstas al fusionarse produce una quemadura extensa.

Roya (*Puccinia sorghi*, *P. polysora*, *Physopella zae*)

Las variedades de maíz dulce son muy susceptibles al patógeno. Su área de distribución se limita a zonas calientes y húmedas, suelen ser problema si se presentan en estadios jóvenes de la planta y carecen de importancia en los avanzados. Estos hongos se presentan cuando la mazorca está formada, por lo que no son de importancia económica. Las temperaturas de 16 a 23 °C y humedades al 100 % favorecen el desarrollo de *P. sorghi*.

Afortunadamente ya existen híbridos capaces de resistir a la mayoría de las enfermedades causadas por hongos, de manera que la podemos evitar estos problemas usando variedades resistentes, semillas desinfectadas así como una buena labranza (Lesur, 2005).

Control de Malezas

La maleza compite con ventaja sobre el maíz y aprovecha la luz, el agua y los nutrientes destinados al cultivo, particularmente en las primeras etapas de crecimiento, con lo que provoca una disminución sustancial de su rendimiento (Stubbs *et al.*, 1986).

Para eliminar o evitar la maleza se efectuó un control, ya sea mecánico o químico, principalmente entre el periodo crítico, 3 a 5 semanas después de que nació la planta, ya que en este momento es cuando el maíz puede sufrir el mayor daño por las hierbas (Santoyo *et al.*, 2010).

Los estudios demuestran que cuando la maleza alcanza una altura de 15 a 20 cm al inicio del cultivo. Hace un daño tal, que reduce sustancialmente el crecimiento del maíz, asimismo en años secos el agua que absorbe la maleza menoscaba seriamente el rendimiento del maíz (Robles, 1990).

Las hierbas que crecen cuando el maíz esta grande no perjudica tanto como las que compiten con él cuando todavía es pequeño. De esta manera es necesario combatirla antes de la siembra, cuando la planta emerge, cuando este pequeña y posteriormente, antes de florecer y fecundar a fin de que el maíz disponga la mayor cantidad de nutrientes, agua y luz (SAGARPA, 2010).

El control mecánico de la maleza se hace a mano con un azadón o bien con un tractor, empleando las herramientas de cultivo adecuadas para ello, ya sean surcadores o discos alomadores. El primer desyerbe suele realizarse entre los 15 y 30 días, cuando las plantas se han establecido y han alcanzado la altura de la rodilla (Santoyo *et al.*, 2010).

Cosecha

La madurez fisiológica y la estabilización del porcentaje de humedad en los granos húmedos son los límites que imponen cuando cosechar.

Entre ambos límites se reducen las pérdidas posibles de rendimiento, se observa un balance entre el perjuicio del riesgo de pérdidas y el beneficio del ahorro en costos extra de flete corto y de acondicionamiento de granos. Los límites dependen, en definitiva, de la dinámica del porcentaje de humedad en los granos, que está vinculada a su vez con la dinámica de la acumulación de materia seca, durante el período de llenado de grano, que comienza en la floración y culmina con la madurez fisiológica, se distinguen diferentes sub etapas según el proceso considerado (INIFAP, 2006).

El grano llega a su madurez fisiológica cuando su contenido de humedad es alrededor del 37-38 %. La cosecha se puede comenzar cuando el grano tiene aproximadamente un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15%. Arriba o abajo de estos límites, los granos se aplastan, se parten o pulverizan; para forraje es importante mencionar que los elotes deben estar en estado lechoso masoso (FAO, 1984); por lo tanto el momento óptimo es cuando la línea de leche avanzó hacia 1/3 del grano (entre 1/3-2/3). En esta etapa se obtiene la mayor producción de materia seca por hectárea, digestibilidad y energía (INIFAP, 2006).

El proceso de la cosecha del maíz es una operación manual en casi el 100% de la superficie cultivada. El pequeño agricultor suele doblar el maíz cuando el grano ha alcanzado una consistencia córnea. Otros agricultores dejan el maíz parado hasta el

momento de la cosecha. También puede suceder que el maíz germine en la mazorca si hay suficiente humedad, debido a la precipitación. Finalmente es posible el ataque de hongos e insectos al grano dentro del capullo. La razón del agricultor para dejar el maíz en el campo por tiempo prolongado, es debida a la necesidad de cosechar el maíz con una humedad suficientemente baja para poder ser almacenado y también porque él no está seguro de que al cosechar el maíz con una humedad mayor, pueda producirse una pérdida de peso seco del grano, con la consiguiente disminución de las ganancias (Ramírez y Andrade, 1972).

Características del Maíz Como Forraje

El maíz como planta forrajera ha mostrado excelentes características de palatabilidad y en consecuencia un alto consumo por el ganado. Es uno de los mejores cultivos para ensilar, ya que reúne muy buenas condiciones de valor nutritivo, alto contenido en azúcares y alto rendimiento por unidad de área (Peñagaricano *et al.*, 1986).

Un cultivo de maíz para ensilar es un conjunto de mazorcas, hojas, tallos y totomoxtle. La mazorca contiene el grano, el cual es de alto valor nutritivo para los animales, mientras que el resto de la planta puede asimilarse al de un forraje de mediana o baja calidad. La mazorca es el componente de mayor calidad debido a que el grano, constituido fundamentalmente de almidón, es altamente utilizado por los rumiantes, se estima que los animales digieren más del 90% de los granos, aunque hay variaciones debido al procesamiento de ellos, madurez del cultivo y a la variedad. El otro componente de la mazorca es el olote que representa aproximadamente el 17% del peso de la misma. El resto de la planta del maíz forma el subproducto llamado rastrojo cuando se secan, el cual está conformado por 45-50% de hojas, 40-45% de tallos u el resto 10-15% por el totomoxtle. Estos componentes son todos de mediana o baja, o muy baja calidad. Por ejemplo, las hojas que incluyen la lámina y vaina, tiene una calidad similar a la del totomoxtle. Cuando este material se expone a 24 horas de degradación en el rumen, que es el tiempo en que los ensilados, se observa que solamente se degrada alrededor de un 45% (Di Marco y Aello, 2003).

EL maíz forrajero conservado como ensilado, es un componente de alta energía para dietas de rumiantes, la digestibilidad del forraje afecta el consumo animal, tasa de crecimiento y producción de leche. Los productores de maíz forrajero usualmente aconsejan plantas híbridas con alto potencial de rendimiento de grano, porque el grano es altamente digestible. El rendimiento y calidad del forraje del maíz, sin embargo, pueden ser sacrificados cuando se tienen mayor énfasis en la alta producción de grano, porque el grano representa cerca de la mitad del total del rendimiento de la materia seca cosechada pero a la vez el contenido de grano, es una de las características principales de los híbridos de maíz asociados con el valor energético del forraje (Allen *et al.*, 1991).

Rendimiento de Materia Verde y Materia seca

Fuentes *et al.* (2001), evaluaron 16 variedades de Maíz (*Zea mays L.*) cultivado para forraje y ensilado después del corte. El estudio se realizó en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las variedades e híbridos de maíz fueron sembrados en parcelas con un área experimental de 4.8 m² cada una completamente al azar con dos surcos de tres metros de longitud, la distancia entre surco fue de 0.8 m, contando cada surco con 21 plantas, distancia entre sí de 15 cm. La densidad e siembra fue 80000 plantas ha⁻¹. Se realizaron cuatro repeticiones, obteniendo resultados en promedio de 95.19 t ha⁻¹ de materia verde (MV) y en lo que se refiere al promedio de materia seca (MS) obtenido fue de 22.06 t ha⁻¹.

Rivas *et al.* (2011), realizaron un estudio en San Salvador El Seco, Puebla. Se utilizaron 12 híbridos de maíz los cuales se distribuyeron al azar en franjas de cuatro surcos a 0.8 m y 200 m de largo. La siembra se realizó el 12 de abril del 2007, depositando una semilla cada 12 cm (100 000 plantas/ha) a una profundidad de 7 cm, con una sembradora de precisión neumática. Se aplicó fertilizante a una dosis de 206-69-60 (N-P-K), aplicando todo el fósforo y una tercera parte del nitrógeno a la siembra, y el resto del nitrógeno en dos aplicaciones al mes y dos meses de edad de la planta, sobre el suelo a chorrillo. Se dieron dos riegos con aspersion, al inicio de la siembra y durante el crecimiento del cultivo, y posteriormente se aprovecharon las lluvias del temporal. La cosecha se realizó tomando en cuenta el estado fisiológico de 1/3 de línea de leche o estado lechoso y en cuanto a materia seca se refiere se obtuvieron fueron valores altos

que van de 47 215, 46 621, 46 169 y 45 444 kg ha⁻¹ y valores mínimos que van de 35 722, 34 754 y 34 250 kg ha⁻¹.

Núñez *et al.* (2005), obtuvieron resultados de rendimiento promedio de forraje verde y seco, de tres estados de madurez, de 57.8 t ha⁻¹ y 20 t ha⁻¹, respectivamente; el contenido de materia seca a la cosecha fue de 35.4%. Además, observaron que con respecto al efecto del estado de madurez, la producción de forraje verde por hectárea disminuyó de 71.3 a 57.1 y 45 t ha⁻¹, para los estados masoso, avance de 1/4 y 1/3 de la línea de leche en el grano a la cosecha, respectivamente. Sin embargo, la producción de forraje seco por hectárea fue similar (20 t ha⁻¹) para los tres estados de madurez evaluados. El aumento en contenido de materia seca se debe tanto a la pérdida de humedad de las plantas al avanzar su estado de madurez, con el mayor contenido de grano, ya que este contiene menor humedad respecto a hojas y tallos. Los contenidos de materia seca de 26, 31 y 39% fueron correspondientes a grano dentado, 1/2, 3/4 y madurez fisiológica (aparición de la capa negra).

En otro estudio de dos años realizado por Parra (1996) para 23 genotipos de maíz criollo y dos variedades comerciales los rendimientos fueron de 33.9 a 18.13 t MS en el año 1991, pero menores a los obtenidos en 1992 en un rango de 54.1 a 23 t MS con una densidad de 62 mil plantas ha⁻¹.

Componentes Morfológicos

Los componentes morfológicos de una planta de maíz comprenden los tallos, hojas y elotes principalmente. Pero hay quienes separan también la parte aérea de la planta por encima del elote a la que le llaman espiga, de tal forma que el resto de la planta de maíz está formada por las elotes, hojas y tallo, como Di Marco y Aello (2003), quienes mencionan que esta fracción de la planta, está formada por 45-50% de hojas, 40-45% de tallos y el resto (10-15%) por elotes. Estos componentes son todos de mediana a baja, o muy baja, calidad. Las hojas, que incluyen la lámina y vaina, tienen una calidad similar a la del elote. Cuando este material se expone a 24 horas de degradación en el rumen, que es el tiempo en que los ensilados son retenidos para su digestión, se observa que solamente se degrada alrededor de un 45%.

Para rendimiento de materia seca de hojas y tallos, Rivas *et al.* (2012), estudiaron el comportamiento productivo de 36 genotipos de maíz que incluían variedades criollas y mejoradas, en Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. bajo una densidad de 70,000 plantas ha⁻¹ y una fertilización de 115 Kg de N y 46 de P₂O₅ bajo riego, quienes observaron valores altos para maíces criollos de 17.8 a 14.6 t MSTH ha⁻¹, en cambio Elizondo y Boschini (2002) en maíces criollos y mejorados en un bosque húmedo montañoso observaron menores valores con 11.3 y 7.4 t MSTH ha⁻¹, respectivamente, en suelo Typic Dystrandepts fertilizando con 10-30-10 a razón de 200 kg ha⁻¹. Con densidades de siembra de 18,000 pl ha⁻¹, observaron valores de 10.7 a 15.3 t MS de elote ha⁻¹, respectivamente. Lo que demuestra la alta productividad de los maíces tropicales, semitropicales y templados en comparación a maíces de montaña (Rivas *et al.*, 2010).

Rivas *et al.* (2011), evaluó 12 híbridos experimentales, uno comercial liberado y un criollo en San Salvador El Seco, Puebla en un suelo arenoso con pH 6.5 aplicando 206-69-60 (N-P-K) y a una densidad de 100,000 pl ha⁻¹, bajo labranza mínima observó valores de 0.16 a 0.10 para RH:P, mientras que para La RT:P observó valores de 0.63 a 0.45 y para la RE:P observó valores de 0.45 a 0.23, siendo el valor más alto para híbridos experimentales.

En cambio Peña *et al.* (2002), obtuvieron valores mucho más bajos: de 10 800 a 20 300 kg de MS ha⁻¹ bajo labranza tradicional en suelos con pH 6.8 en clima seco templado y con una dosis de fertilización de 200-80-00. Como es evidente, los resultados de esta investigación fueron mayores al sembrar en suelo con labranza mínima con materia orgánica incorporada a través de los años por el sistema utilizado, por la adición de una mayor cantidad de fertilizante químico a la de la mayoría de las investigaciones realizadas por otros autores y por el uso de riego al inicio del experimento (Rivas *et al.*, 2011).

MATERIALES Y METODOS

Localización y Área del Estudio

La investigación se realizó en el campo experimental y unidad de producción agrícola de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en el ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., en el Km. 14.5 No. 57 de la carretera San Luis Potosí-Matehuala, que se ubica a 22° 13' 39.8" de Latitud Norte y a 100° 50' 58.3" de Longitud Oeste y a 1,835 m.s.n.m. El clima que predomina en el Municipio es el seco templado, con una franja al suroeste de clima semi-seco templado. La temperatura media anual es de 17.1 °C, la temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el periodo frío es de noviembre a febrero. Su precipitación pluvial es de 362 mm.

Material Genético

Se utilizaron nueve híbridos trilineales experimentales formados en 2006 con fines forrajeros en el Programa de Producción de Semillas del Colegio de Postgraduados.

Como testigos se utilizaron dos variedades comerciales liberadas (HS-2 del Colegio de Postgraduados y el Forra Sierra de Semillas Caloro) y un criollo de Cerritos, San Luis Potosí.

Tratamientos

- 9 Híbridos trilineales de maíz forrajero experimental (T1 al T9).
- 2 Híbridos de maíz comerciales (HS-2 del Colegio de Postgraduados y el Forra Sierra de Semillas Caloro), (T10 y T11).
- 1 Maíz criollo de Cerritos, San Luis Potosí (T12).

Cuadro 1. Relación de genotipos de Híbridos trilineales, utilizados como tratamientos.

TRATAMIENTO	MATERIAL	DESCRIPCION
1	Lote 1 ♀1 X Línea Superior Forrajera	HT-1
2	Lote 1 ♀2 X Línea superior Forrajera	HT-2
3	Lote 1 ♀4 X Línea superior Forrajera	HT-4
4	Lote 1 ♀5 X Línea superior Forrajera	HT-5
5	Lote 1 ♀6 X Línea superior Forrajera	HT-6
6	Lote 1 ♀8 X Línea superior Forrajera	HT-8
7	Lote 1 ♀9 X Línea superior Forrajera	HT-9
8	Lote 1 ♀10 X Línea superior Forrajera	HT-10
9	Lote 1 ♀12 X Línea superior Forrajera	HT-12
10	HS-2 X Línea superior Forrajera	Hibrido Liberado
11	Forra Sierra	Hibrido liberado
12	Criollo de Cerritos Forrajera	Criollo

Cuadro 2. Distribución de las parcelas.

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24
P25	P26	P27	P28	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36
P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45	P46	P47	P48

Cuadro 3. Distribución de Tratamientos.

T2	T10	T3	T6	T8	T11	T1	T5	T9	T7	T4	T12
T2	T9	T10	T12	T1	T4	T5	T3	T8	T6	T11	T7
T4	T6	T3	T11	T8	T9	T1	T12	T7	T5	T2	T10
T7	T4	T6	T3	T10	T8	T12	T5	T1	T9	T2	T11

Desarrollo de Campo

El experimento se realizó con las 12 variedades de maíz bajo condiciones de riego en el ciclo Primavera-Verano 2011 bajo labranza mínima y a altas densidades, para definir su productividad y calidad bajo lo siguiente:

- Se barbechó y rastreó el 26 de mayo de 2011.
- Posteriormente a los dos días se regó en forma de gravedad.
- El 30 de mayo se rastreó en tierra húmeda.
- La siembra se realizó 30 de mayo de 2011, para ello se trazaron parcelas de 5 surcos de 0.50 cm de ancho x 3 metros de largo.
- Se depositó una semilla por golpe cada 20 cm a una profundidad de 7 cm en forma manual con una estaca para tener una densidad de 100,000 plantas por hectárea.
- Se aplicó un riego por gravedad en promedio cada tres semanas, y en dos ocasiones se realizó a las 4 semanas, uno de los cuales fue al momento de la floración.
- Se fertilizó a una dosis de 160-40-00 (N-P-K), aplicando todo el fósforo (P) y la tercera parte del nitrógeno (N) a la siembra y las otras dos terceras partes, una al mes y medio, y la otra a los dos meses y medio después de la siembra en forma manual y las dos últimas al voleo sin taparlo.
- Se marcaron al azar diez plantas en competencia completa, a las cuales se les midió; largo y ancho de la primera hoja, altura de planta y de elote, diámetro de la base del tallo, número de hojas, número de elotes, rendimiento de materia seca de planta entera y sus componentes morfológicos (planta y elote).

Variables Evaluadas

1. Área de la primera hoja seminal (AHS, cm²)

A los 20 días de emergencia de la plántula antes de su senescencia se midió a 10 plantas en competencia completa de cada parcela, el largo y ancho de la primera hoja

seminal, valores que se multiplicaron entre si y su producto se multiplicó por la constante 0.75 para obtener el área foliar de la hoja.

2. Rendimiento de materia verde (RMV, kg ha⁻¹)

Para medir esta variable se cosecharon diez plantas en competencia completa de cada parcela, las cuales se pesaron completas y se registró su peso.

3. Rendimiento de materia seca (RMS, kg ha⁻¹)

Para medir esta variable de las diez plantas en competencia completa cosechadas para RMV se separaron en elote y planta (hojas, tallos y espiga); los elotes se pesaron y contaron. Los dos componentes (elote y planta), se picaron en una trituradora de forraje de martillos con navajas y se tomó una sub-muestra de 300 g que se colocó en una bolsa de papel estraza, la cual se llevó a la estufa de secado de aire forzado para determinarle la materia seca y se pesará en una balanza CS200 marca Ohaus con una aproximación a 0.1 g.

4. Número de Hojas por planta (No. HOJAS)

Esta variable consistió en contar el número de hojas por cada planta seleccionada.

5. Número de elotes por planta (No. ELOTES)

Se contó el número de elotes en las 10 plantas seleccionadas al azar.

6. Diámetro de tallo (DT, cm)

Se midió en el entrenudo inferior con un vernier manual a las diez plantas seleccionadas al azar.

Diseño Experimental

Los tratamientos se distribuyeron al azar en las parcelas de 2.5 x 3 m con un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = valor de la variable respuesta; μ = media general; T_i = efecto del tratamiento; E_{ij} = error experimental.

Como se observaron diferencias significativas entre medias de tratamientos se realizó una prueba de medias mediante tukey al 0.05 con el paquete estadístico Sistema SAS para Windows Ver. 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de materia seca de tallos y hojas

Los datos de esta variable (Cuadro 4), muestran que no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero numéricamente se puede decir que los híbridos trilineales HT-8, HT-10, Forra Sierra, HT-5, HS-2 y HT-1 fueron superiores al mostrar un valor más alto que la media de 6184 kg ha⁻¹ de tallos y hojas, lo que demuestra que existen híbridos que pueden validarse más ampliamente en forma comercial al ser iguales a los híbridos liberados como son Forrasierra y HS-2. Los datos de este experimento fueron mucho menores a los observados por Rivas *et al.* (2012), a densidades de 70,000 plantas ha⁻¹ y una fertilización de 115 Kg de N y 46 de P₂O₅ bajo riego, y en maíces criollos con valores de 17.8 a 14.6 t MSTH ha⁻¹, en cambio Elizondo y Boschini (2002) en maíces criollos y mejorados en un bosque húmedo montañoso observaron menores valores con 11.3 y 7.4 t MSTH ha⁻¹, respectivamente, con fertilización de 10-30-10 a razón de 200 kg ha⁻¹. Lo que demuestra la alta productividad de los maíces criollos tropicales y semitropicales a menores densidades.

Rendimiento de materia seca de elote

Para esta variable los datos del Cuadro 4, muestran que no se tienen diferencias significativas, pero numéricamente los híbridos más sobresalientes fueron HT-12, HT-9, HT-10, HT-4, HT-8 y HS-2 al ser superiores a la media de todos los tratamientos con 6352 kg ha⁻¹. Es destacable mencionar que estos materiales son importantes por su mayor contenido de elote que es uno de los parámetros que se busca en un maíz forrajero, tal y como lo menciona, Rivas *et al.* (2005) quienes observaron diferencias entre genotipos cuando se cosecharon en elote en estado lechoso, donde los rendimientos de materia verde de elote (RMVEL) el promedio fue de 26.1 t ha⁻¹. En cambio, para la cosecha en elote en estado masoso los rendimientos fueron en promedio de 19.1 t ha⁻¹.

Los datos obtenidos en esta investigación fueron menores a los obtenidos por Rivas (2010), quien reportó valores más altos para los mismos híbridos en Ahuacatlán, Nayarit, siendo que los híbridos HT-10, HT-8, HT-12, HT-6, HT-1, HT-4 y HT-5, con

8,941, 8,895, 8,619, 8,572, 8,566, 8,498 y 8,486 kg MSE ha⁻¹. Aspecto que pone de manifiesto que el ambiente tiene efectos en la productividad de las plantas.

Cuadro 4. Comparación de medias de rendimiento de materia seca de tallo más hojas, elotes y total, y número de elotes de nueve híbridos trilineales no comerciales, dos comerciales y un criollo de la región media de San Luis Potosí.

TRATAMIENTO	RMSTH	RMSE	RMSTOT
HT-1	6236 a	6308 a	12544 a
HT-2	4459 a	5926 a	10386 a
HT-4	5014 a	6426 a	11439 a
HT-5	7577 a	5073 a	12650 a
HT-6	5009 a	6194 a	11202 a
HT-8	8630 a	6398 a	15028 a
HT-9	4513 a	7174 a	11687 a
HT-10	7775 a	6699 a	14473 a
HT-12	5937 a	7970 a	13907 a
HS-2	7072 a	6370 a	13441 a
Forra Sierra	7623 a	5939 a	13562 a
Criollo Cerritos	4361 a	5752 a	10113 a
MEDIA	6184	6352	12536
DMS	4356.9	5149.6	5187.7

*Letras a,b,c... iguales por columna no hay diferencias significativas. RMSTH=Rendimiento de materia seca de tallo y hojas, RMSE= Rendimiento de materia seca de elotes, RMSTOT= Rendimiento de materia seca del total de materia seca, NELOTES=Número de elotes, DMS=Diferencia mínima significativa.

Rendimiento de materia seca total

Para esta variable los datos obtenidos en la investigación (Cuadro 4) mostraron que no hay diferencias significativas entre tratamientos o entre los híbridos y variedades estudiadas. Pero es rescatable mencionar que los híbridos HT-8, HT-10, HT-12, Forra Sierra, HS-2, HT-5 y HT-1 presentaron numéricamente los valores más altos al ser superiores a la media general entre tratamientos que fue de 12536 kg MS ha⁻¹.

Es importante observar que los híbridos HT-10 y HT-8 presentan valores altos para las tres variables de tallos y hojas, elotes y rendimiento de materia seca total, lo que los hace como unos de los mejores materiales para ser evaluados más ampliamente a nivel comercial y poder decidir su liberación al mercado como maíces forrajeros.

Los resultados de esta investigación fueron menores a las observadas por Fuentes et al. (2001), en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México al estudiar variedades e híbridos a una densidad de siembra de 80 000 plantas ha⁻¹, ya que obtuvieron un promedio de 22.06 t MS ha⁻¹. Y mucho menores en comparación con Rivas et al. (2011), quien evaluó los mismos híbridos trilineales en San Salvador El Seco, Puebla, a la misma densidad de 100 000 plantas, pero con diferente arreglo en surcos a 0.73 m y sembró una semilla cada 12 cm y una dosis de 206-69-60 (N-P-K), siendo el rendimiento de materia seca de 47 215 hasta 34 250 kg ha⁻¹. Mientras que Núñez, et al. (2005), Obtuvieron resultados de rendimiento promedio de forraje seco de 20 ton ha⁻¹ y Parra (1996) para 23 genotipos de maíz criollo y dos variedades comerciales obtuvo rendimientos de 33.9 a 18.13 t MS en el año 1991, pero menores a los obtenidos en 1992 en un rango de 54.1 a 23 t MS con una densidad de 62 mil plantas ha⁻¹.

Número de hojas

Para esta variable los datos mostraron diferencias significativas (Cuadro 5), donde los híbridos trilineales HT-5, HT-4, Forrasierra y Cerritos mostraron los valores más altos con 15.6, 15.4, 15.0 y 15.0, respectivamente. En cambio el HT-2 obtuvo el menor valor con 14.2 hojas por planta. Los datos muestran que existe variabilidad en el número de hojas, lo cual permitirá seleccionar aquellos híbridos con mayor cantidad de hojas para asegurar una mayor calidad y digestibilidad del maíz forrajero.

Estos valores son superiores a los obtenidos por Rivas *et al.* (2011) para híbridos trilineales de maíz y semejante a híbridos y criollo que van de 14.9 a 12.3 hojas planta⁻¹.

Diámetro

El diámetro de acuerdo a la comparación de medias entre tratamientos, se puede decir que hubo diferencias significativas (Cuadro 5), donde los tratamientos HT-1, HT-2 y HT-10, mostraron los mayores valores con 2.55, 2.51 y 2.48 cm, respectivamente. En cambio el HT-6 y Forra sierra, mostraron los menores valores con 2.17 y 2.2, respectivamente.

Número de elotes

Para esta variable los datos mostraron que no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5), pero hubo una tendencia numéricamente que los híbridos HT-10, HT-12 y HT-9 fueron los mejores al ser mayor a la media y que bien podrían seleccionarse por este componente para una mayor calidad de la materia seca del ensilado al permitir mayor cantidad de carbohidratos para una adecuada fermentación. Datos un poco mayores a los obtenidos por Rivas *et al.* (2010) en San Salvador El Seco, Puebla con los mismos híbridos trilineales, donde se obtuvo una media de es 1.14 elotes planta⁻¹ donde HT-3, HT-6, HT-9, HT-11 y HS – 2 presentan los valores más altos, con 1.33 elotes planta⁻¹ para los cinco híbridos.

Área foliar primera hoja seminal

Los datos mostrados en el Cuadro 5 permiten visualizar diferencias significativas entre tratamientos, donde los mejores tratamientos fueron Forra sierra, HT-10, HT-4, HT-12 y HT-1. En cambio los de menor valor fueron HT-2, HT-5 y HS-2. Carácter que se observa que es variable entre genotipos y que puede seleccionarse para mejorar en algunas variedades el AF para una mejor intersección de la luz solar, ya que algunos investigadores (Lucchesi, 1987) ha observado que el índice de área foliar (IAF) es un importante parámetro biofísico para analizar la cantidad de radiación fotosintéticamente absorbida. Un aumento en el IAF proporciona aumento de producción de biomasa; pero, debido al auto sombreado de las hojas, la tasa fotosintética media por unidad de área

foliar decrece, pero hay que poner especial interés en las hojas superiores ya que Palmer *et al.* (1973), afirman que los estudios de defoliación sugieren que las hojas superiores y medias de una planta de maíz son los principales contribuyentes de carbohidratos de la mazorca y que las hojas inferiores contribuyen relativamente poco. Para ello Camacho (1991), menciona que dos variedades, Braquítico material de porte enano, que produce gran número de hojas y muy anchas y Foremaíz PB, mostraron 8,411 y 5,327 cm² de área foliar total, las cuales obtuvieron el mayor rendimiento en cuanto a grano.

Cuadro 5. Comparación de medias de número de hojas, diámetro, número de elotes y área foliar de la primera hoja seminal de nueve híbridos trilineales no comerciales, dos comerciales y un criollo de la región media de San Luis Potosí.

TRATAMIENTO	NHOJAS	DIAMÉTRO	NELOTES	AFPHS
HT-1	14.5 ab	2.55 a	1.0 a	5.4 ab
HT-2	14.2 b	2.50 ab	1.0 a	4.4 b
HT-4	15.4 a	2.33 abc	1.2 a	5.7 ab
HT-5	15.6 a	2.26 abc	1.0 a	4.7 b
HT-6	14.5 ab	2.17 c	1.2 a	5.1 ab
HT-8	14.6 ab	2.29 abc	1.2 a	4.9 b
HT-9	14.6 ab	2.23 bc	1.3 a	5.0 ab
HT-10	14.7 ab	2.48 ab	1.4 a	6.0 ab
HT-12	14.8 ab	2.41 abc	1.3 a	5.6 ab
HS - 2	14.7 ab	2.25 abc	1.3 a	4.7 b
Forrasierra	15.0 ab	2.20 bc	1.1 a	7.3 a
Criollo Cerritos	15.0 ab	2.31 abc	1.2 a	4.9 b
MEDIA	14.8	2.3	1.2	5.3
DMS	1.1	0.3	0.5	2.4

*Letras a,b,c... iguales por columna no hay diferencias significativas. NHOJAS=Número de hojas, NELOTES= Número de elotes, AFPHS=Área foliar de la primera hoja seminal, DMS=Diferencia mínima significativa.

Correlaciones

En lo que respecta a los coeficientes de correlación como se puede observar en el Cuadro 6, los datos muestran que la variable de rendimiento RMSE tiene una significativa correlación entre el NELOTES siendo su valor de $r=0.66$, el cual puede considerarse para seleccionar aquellas variedades o híbridos con mayor número de elotes, el cual incidirá en un alto rendimiento de elote, característica que se busca en los maíces forrajeros. Otra correlación medianamente buena es la entre el RMSTOT y el AFPHS al obtener un valor de $r=0.38$, que se considera regular y puede utilizarse con ciertas reservas el AFPHS para seleccionar aquellas variedades para obtener mayores RMSTOT.

Cuadro 6. Coeficientes de Correlación entre las variables de rendimiento y las variables.

Variable de Rendimiento	Variable	Coefficiente de Correlación
RMSTH	NHOJAS	0.20
RMSTH	DIAMÉTRO	-0.06
RMSTH	NELOTES	0.06
RMSTH	AFPHS	0.32
RMSE	NHOJAS	-0.34
RMSE	DIAMÉTRO	0.19
RMSE	NELOTES	0.66
RMSE	AFPHS	0.17
RMSTOT	NHOJAS	0.03
RMSTOT	DIAMÉTRO	0.03
RMSTOT	NELOTES	0.36
RMSTOT	AFPHS	0.38

En cuanto a las correlaciones entre RMSTH y DIAMETRO podemos decir que no hay relación alguna entre estas variables, ya que obtuvo valores de $r= -0.06$, al igual que los resultados obtenidos en NELOTES el cual tiene un valor de $r= 0.06$, el cual nos indica que no tendrá una incidencia relevante para la selección. Por tanto no podrían ser utilizadas como un carácter para la selección de materiales genéticos.

En cuanto a las correlaciones entre RMSTOT y NELOTES muestran que las variables tienen una respuesta regularmente aceptable ($r= 0.38$), por lo que el NELOTES podría ser una alternativa para la selección de los materiales y así obtener un mayor RMSTOT.

El coeficiente de correlación entre el RMSE y NHOJAS muestra valores negativos por tanto esta variable no puede ser tomada en cuenta como alternativa de selección en materiales.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las evaluaciones realizadas en campo el comportamiento de los diferentes genotipos evaluados los híbridos HT-10 y HT-8 presentan valores altos con rendimientos de 14 y 15 kg MSTOT ha⁻¹, lo que los posiciona como unos de los mejores materiales para ser evaluados más ampliamente a nivel comercial y poder decidir su liberación al mercado como maíces forrajeros.

En cuanto al número de hojas los híbridos trilineales HT-5, HT-4, Forra Sierra y Cerritos mostraron los valores más altos, lo que los hace recomendables para seleccionarlos o recomendarlos por este componente.

Con respecto al diámetro los híbridos más sobresalientes fueron HT-1, HT-2 y HT-8, donde éste último coincide con uno de los más rendidores.

Para elote los híbridos HT-8, HT-7, HS-2, HT-9, HT-3 y Criollo Cerritos fueron los más sobresalientes numéricamente, de los cuales el primero coincide con uno de los más rendidores y de mayor diámetro.

Para área foliar las mejores variedades fueron Forra sierra, HT-8, HT-3, HT-9, HT-1, HT-5 y HT-7. Donde se puede observar que el HT-8 es uno de los que presentó mejores características productivas y que puede tener relación con esta variable, siendo éste el mejor híbrido para la región.

LITERATURA CITADA

- Allen M., K. A. O Neil, D. G Main, and J. Beck. 1991. Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage. *J. Dairy Sci.* 74 (supl 1:221)
- Amador, A.; Boschini, C. 2002. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- Antonio Turrent Fernández, 2009. Potencial Productivo de Maíz en México. La Jornada del Campo. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2009/01/13/iluminaciones.html>.
- Bagg, J. 2001. Selecting corn silage hybrids. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Disponible en línea:
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/field/selhybrid.htm>
- Carlos de León, R. Rodríguez Montessoro, 2010. El Cultivo del Maíz – Temas Selectos II. Mundi-Prensa México S. A. de C. V. México. 227 p.
- CIMMYT. 1994. Hechos y Tendencias Mundiales Del Maíz. México, DF. 120 p.
- Contreras G. F.E., M. Marsalis, and L. Lauriault 2010. Corn plant density effects on silage. New Mexico State University Cooperative Extension Service Guide A-416.
- Conway, T.M. 2010. Proper seedbed preparation is key to a successful planting. Natural Resource Conservation Service. Salina, Kansas. Disponible en línea:
<http://www.ks.nrcs.usda.gov/news/coneds04/SeedbedPrep04.html>
- Cox, W.J. and D.J. Cherney. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agronomy Journal* 93:597-602.
- Cusicanqui, J.A, J. Lauer. 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal* 91; 911-915.
- Di Marco, O. N. y M. S. Aello. 2003. Calidad nutritiva de la planta de maíz para silage. Unidad Integral Balcarce. (Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-INTA EEA Balcarce). Verificado en marzo del 2006.
- FAO 1999. Introducción al maíz y su importancia. Disponible (en línea) en:
http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSPAT/TOC99S.htm.
- Flores, M.A.O. y U. V. Figueroa. 2010. Producción de Ensilaje de Maíz Forrajero. SAGARPA. Inifap Folleto Técnico No. 30. 44p
- Fuentes J., Cruz A., L. Castro, G. Gloria, S. Rodríguez, B. Ortiz de la Rosa. 2001. Evaluación de Variedades e Híbridos de Maíz (*Zea Mays* L.) para Ensilado. 18 de marzo del 2013. Disponible (en línea) en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/437/43712210.pdf>

- Galinat, W.C. 1988. The origin of corn. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, p. 1-31. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Iltis, H.H. 1983. From teosinte to maize: the catastrophic sexual transmutation. *Science*, 222: 886-894.
- INEGI. 1996. Anuario Estadístico de S. L. P. Gobierno del Estado. Disponible (en línea) en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825155315&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=13&pg=0>. 13 de febrero del 2013.
- INIFAP 2002. 100 Tecnologías de Producción Agrícola, Pecuaria Y Forestal para el Estado de San Luis Potosí. CD Memoria.
- Instituto Nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP) 2006. Innovaciones tecnológicas 2006. Disponible (en línea) en: www.inifap.gob.mx/Documents/reportes/reporte_anual2006.pdf
- Lesur L. 2005. Manuel de Plagas y Enfermedades Agrícolas: una guía paso a paso. Ed. Trillas. 2005. México. 80p.
- Lucchesi, A.A. 1987. Fatores da produção vegetal. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Ed.). *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p.1-11.
- Navarro, O. E. F., S. A. H.Rodriguez, A. G.Palomo, A. B. Espinoza, F. A. I.Camacho, E. Andrio E., y O. G. Antuna. 2008. Evaluación de híbridos de maíz QPM para la producción de forraje en la Comarca Lagunera. In: Ruiz, T., N. A. y Lira, S., R. H. *La semilla, enlace con la agricultura sustentable*. XIV curso internacional y 1er congreso en Tecnología de Semillas. Saltillo, Coahuila, México. 27 al 29 de octubre. 22 p.
- Núñez H. G. y R. C. Faz 2002. Manejo de la fecha de siembra y densidad de plantas en maíz forrajero. En: *Producción y utilización del maíz forrajero en la Región Lagunera Libro Técnico*. Campo Experimental La Laguna-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México.
- Núñez, H., G. R. C. Faz, F. C. González y A. R.Peña. 2005. Madurez de híbridos de Maíz a la cosecha para mejorar para mejorar la producción y calidad. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:1-8.
- Palmer, A.F.E. & Fischer, K.S. 1984. Tropical maize. In P.R. Goldsworthy & N.M. Fisher, eds. *The physiology of tropical field crops*, p. 231-248. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.
- Peña, G., J. Arias W., N. Llaneza. 1986. Ensilaje: manejo y utilización de las reservas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 345 p.
- Peña, R. A, H. G. Nuñez. y C. F. González. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con calidad en Tec Pecu Mex. 40: 215-228

- Peña, R., A., F, González, C., G. Nuñez, H. y C. Jiménez. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:1-6.
- Perry, T.W. 1988. Corn as a livestock feed. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, 3rd ed., p. 941-963. Madison, WI, USA, American Society of Agronomy.
- Phillips, S.H., Pitty Y.1997. Agricultura sin laboreo: labranza cero. Trad. por Enrique Marchesi. Montevideo, Uruguay, Agropecuario Hemisferio Sur. 223p.
- Pineda Y. V. 2011. Importancia de los forrajes y pastos en su finca (parte II). Disponible en línea en: <http://salesganasal.com/intro/2011/03/23/importancia-de-los-forrajes-y-los-pastos-parte-i/>. 13 de febrero del 2013.
- Ramírez. R. y L. Andrade. 1972. Determinación de la madurez del grano de maíz en el híbrido obregón y la variedad tunapy. Centro de Investigaciones Agronómicas, Maracay. Venezuela. *Agronomía Trop.* 22(4): 391-396. 1972.
- Reyes, P. 1990. El maíz y su cultivo. Ed. AGT EDITOR S.A. México. 460 p.
- Rivas, J. M. A. 2010. Eficiencia de polinización, productividad, y calidad de semilla, y forraje en híbridos trilineales de maíz. Tesis de Doctorado en Ciencias. Programa de Producción de Semillas. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 138 pag.
- Rivas, J. M. A., C. Carballo y H. I. Zarco. 2011. Producción de maíz en hileras a altas densidades de siembra y bajas densidades con labranza tradicional. Memoria. XIII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Del 27 al 29 de abril de 2011. Chapingo, México. Pp. 350-351.
- Rivas-Jacobo, M.A, A. Carballo-Carballo, A.R. Quero-Carrillo, A. Hernández-Garay, G. García de los Santos y H. Vaquera-Huerta. 2011. Evaluación productiva y forrajera de doce híbridos de maíz bajo labranza mínima en valles altos. *En: Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Alternativas Tecnológicas y Enfoques Sociales.* Eds: Ramón Díaz-Ruiz, Jesús Felipe Álvarez-Gaxiola y Arturo Huerta-de la Peña. ISBN: 978-968-839-580-6, 978-607-8154-04-3. Editorial Altres Costa-Amic Editores, S. A. de C. V. Tiraje 1000 ejemplares. Puebla, Pue., México. Pp. 129-141.
- Rivas-Jacobo, M.A, L. Y. Velázquez-González, J. Marín-Sánchez, C.A. Herrera-Corredor, E. López-Pérez. 2012. Evaluación forrajera de 36 genotipos de maíz de diferente origen en zonas semiáridas. Memoria del Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Sonora y Departamento de Agricultura y Ganadería. Mexicali, Baja California, 25 y 26 de Octubre de 2012.
- Rivas-Jacobo, M.A., A. Carballo, J. Pérez, G. Serrano-Jiménez y A. García-Zacarías. 2013. Rendimiento y calidad de ensilado de seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez. 6 de julio del 2013. 4:49. Disponible en línea:

<http://www.engormix.com/MA-agricultura/maiz/articulos/rendimiento-calidad-ensilado-seis-t968/417-p0.htm>

- Rivas-Jacobo, M.A., C. López-Castañeda, A. Hernández-Garay, J. Pérez-Pérez. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Técnica pecuaria en México. Vol 43. Enero-abril. pp 79-92. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Robles-Sánchez, R. 1978. Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa, S. A. 2da edición. México. 608 p.
- Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México. 660 p.
- Robles-Sánchez, R. 1983. Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa, S. A. 4ta edición. México. 608 p.
- Rojas L. A. 2001. Labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía Mesoamericana*. 12(2): 209-212. 2001
- Santoyo, C. E, M.J. Quiroz. 2010. Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México. Instituto de Investigación y capacitación agropecuaria, acuícola y forestal del Estado de México, 2. 22 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010, Manual de Plagas y Enfermedades en Maíz. (En línea) verificado el 23 de Marzo 2013. Disponible en:
http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_11/folleto_maiz_11.pdf
- Sistema de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP), (2010). Forrajes, Maíz. Verificada en Noviembre de 2012. (En línea). Disponible en <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Forrajes/MaizF.html>
- SIAP 2012. Maíz forrajero. Disponible (en línea) en:
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=201&Itemid=84.
20 de febrero del 2013.
- Sistema de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2010. Forrajes, Maíz. Verificada en Noviembre de 2012. 16 de abril del 2013. En línea. <http://w4.siap.sagarpa.gob.mx/AppEstado/monografias/Forrajes/MaizF.html>
- Stubbs, R.W. J. M. Prescott, E. E. Saari, H.J. Dubin. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) México. 89 p.

Wheatherwax, P. 1955. History and origin of corn. I. Early history of corn and theories as to its origin. In G.F. Sprague, ed. *Corn and corn improvement*, 1st ed., p. 1-16. New York, NY, USA, Academic Press.

Widdicombe, W.D. and K.D.Thelen. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal* 94: 326-330.

Wilkes, H.G. 1985. Maize: domestication, racial evolution and spread. In D.R. Harris & G.C. Hillman, eds. *Forage and farming*, p. 440-454. London, Unwin Hyman.
www.inifap.gob.mx/Documents/reportes/reporte_anual2006.pdf