

**UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN**

*Campus Loma Bonita*

---



**LICENCIATURA EN ZOOTECNIA**

**RENDIMIENTO EN FORRAJE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ  
(*Zea mays* L.) ADAPTADOS AL TRÓPICO HÚMEDO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

**PRESENTA**

**MANUELA CRUZ VÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ**

**LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, 2017**

---



## UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

LA PRESENTE TESIS TITULADA "RENDIMIENTO EN FORRAJE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) ADAPTADOS AL TRÓPICO HÚMEDO", PRESENTADA POR LA PASANTE MANUELA CRUZ VÁZQUEZ, BAJO LA ASESORÍA DEL DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

### JURADO EXAMINADOR

DR. MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

DIRECTOR

DRA. GLADIS MORALES TERAN

ASESOR

DR(c). NICOLAS VALENZUELA JIMÉNEZ

ASESOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, 2017

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis, primeramente a DIOS que con su gran amor y bendición en todo momento y circunstancia no me ha dejado ni soltado de su mano. Gracias señor.



A mis padres el Sr. Tomás y la Sra. Bertha quienes me apoyaron en todo momento de mi vida pese a cualquier circunstancia o decisión que tome siendo buena o mala, nunca me dejan y que siempre me alientan para continuar, cuando parece que me voy a rendir ustedes siempre están ahí. Y recuerden que a pesar de mi forma de ser los amo con todo mi corazón y le doy gracias a mi dios por haberlos puesto en mi camino.

También a mis hermanos Jadiel, Tomás, Dulce y Rubí y a mi cuñado David por ser parte fundamental de mi vida, por su apoyo incondicional a cada momento aunque la distancia nos separa siempre están en mis pensamientos y mi corazón, porque deseo ser su orgullo y su ejemplo. Así como mis cuñadas José y Tania y mis bebés Amayrani, Martín y Romina a quienes también quiero.

A mis amigos Aldo, Elieter, Norma, Mariano, Yosio, Angy y Corrales les doy gracias por acompañarme hasta el final, por su apoyo y cariño, aventuras vividas, que solo en nuestras mentes y corazones quedaran, los quiero.

A mis profesores Cheryl, Nico por ser tan nobles de corazón qué siempre en cualquier circunstancia y momento apoyan a sus alumnos, gracias por nunca desistir al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí. Mil gracias los quiero mucho.

Y a todos aquellos que no creyeron en mí, que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca pensaron que lograra terminar la carrera, que apostaban a que me rendiría a medio camino. A todos ellos hoy les puedo decir que a pesar de todo, lo logré, mil gracias porque sus comentarios siempre fueron motivos para seguir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita Oaxaca, la cual me abrió sus puertas y permitió que me forjara como una profesionalista de calidad, brindándome siempre la mayor herramienta en la vida laboral que es el conocimiento del cual me siento hoy orgullosa.

Agradezco de todo corazón al Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández que pese a toda circunstancia vivida con altas y bajas, quien siempre estuvo en toda la disposición, alentándome para la culminación de este proyecto de tesis.

Al Dr. Bertín y demás profesores que fueron parte fundamental de mi formación académica, porque gracias a todos y cada uno de ellos soy la profesionalista que soy hoy.

Y por último pero no menos importantes, quiero agradecerles al personal de la institución desde los trabajadores de la posta, intendencia, personal administrativo, vice-rectoría, servicios escolares, biblioteca, secretarías y los que me faltaron por mencionar, por su apoyo desde el inicio de mi carrera hasta el final de ella.

Con todo mi Cariño 

*Nelly*

*Es, pues, la fe la certeza de lo que se espera, la convicción de lo que no se ve.*

*Hebreos 11:1*

*Por encima de todo, vístanse de amor, que es el vínculo perfecto.*

*Colosenses*

*3:14*

*Siempre humildes y amables, pacientes, tolerantes unos con otros en amor.*

*Efesios 4:2*



*Pies, para que los quiero si tengo alas  
para volar*

**Frida Kahlo**

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos particulares.....	4
<b>3. HIPÓTESIS</b> .....	5
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	6
4.1. Origen del maíz y distribución.....	6
4.2. Descripción botánica.....	7
4.3. Híbridos y variedades sintéticas de maíz forrajero.....	9
4.4. Importancia de la producción de maíz.....	11
4.5. Componentes de rendimiento en maíz.....	14
4.6. Labores de cultivo.....	16
4.7. Forrajes y pastos como alimentos.....	16
4.8. Productividad de maíces forrajeros en el sureste de México.....	17
4.9. Componentes de rendimiento en maíces forrajeros tropicales.....	18
4.10. Empresas productoras de maíz forrajero en trópico húmedo.....	19
4.11. Componentes nutritivos del maíz.....	20
4.12. Paquete tecnológico de producción del cultivo de maíz.....	21

<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	24
5.1. Localización del sitio experimental.....	24
5.2. Clima, temperatura y suelo.....	24
5.3. Preparación del terreno.....	24
5.4. Siembra.....	24
5.5. Control de malezas.....	25
5.6. Control de plagas y enfermedades.....	25
5.7. Fertilización.....	25
5.8. Tratamientos en estudio.....	26
5.9. Variables evaluadas.....	27
5.9.1. Variables de crecimiento.....	27
5.9.2. Variables de rendimiento.....	27
5.10. Análisis estadístico de la información.....	29
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	30
6.1. Análisis de varianza.....	30
6.2. Variables de crecimiento de genotipos.....	32
6.3. Variables de rendimiento de genotipos.....	36
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	43
7.1. Conclusiones.....	43
7.2. Recomendaciones.....	44
<b>8. LITERATURA CITADA</b> .....	45
<b>9. APÉNDICE</b> .....	56

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Clasificación taxonómica del maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	8
2	Producción de maíz (toneladas) en el mundo durante el año 2016.....	12
3	Producción de maíz forrajero en México durante el año 2014...	13
4	Genotipos de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) distribuidos en tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha <sup>-1</sup> ) y tres repeticiones. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	26
5	Cuadros medios de 20 caracteres para seis genotipos de maíz evaluados por su producción de forraje. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	31
6	Prueba de comparación de medias para 20 caracteres, en promedio de tres densidades de siembra, en genotipos de maíz con aptitud forrajera. Loma Bonita, Oaxaca, México 2012.....	33
7	Rendimiento en forraje de genotipos de maíz en tres densidades de siembra para 20 caracteres, en promedio de seis genotipos adaptados a trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Año 2012.....	35
8	Interacción genotipo por densidad GxD de 20 caracteres en maíces con aptitud forrajera. Loma Bonita, Oaxaca. México. Año 2012.....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Establecimiento de seis genotipos de maíz en tres densidades de siembra para evaluar su rendimiento en forraje. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	56
2	Momento óptimo para cuantificar Inflorescencias masculinas en híbridos y variedad sintética de maíz.....	57
3	Momento óptimo para cuantificar días a floración femenina (jilote) en el cultivo de maíz.....	57
4	Determinación de la altura de planta (cm) en maíz al momento de realizar la cosecha. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	58
5	Separación de tallos, hojas, elote y espigas para su cuantificación por separado en la planta de maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	59
6	Obtención de variable peso de hojas en maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	59
7	Obtención de variable peso de tallos en maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	60
8	Peso de elote con brácteas. Loma Bonita, Oaxaca, México....	61
9	Peso de elote sin brácteas. Loma Bonita, Oaxaca, México.....	61
10	Forraje verde de maíz, pesaje por parcela experimental.....	62
11	Ensilaje de maíz para alimentación de ganado rumiante.....	62

## RESUMEN

Se realizó un estudio en Loma Bonita, Oaxaca con el objetivo de evaluar el rendimiento en forraje de genotipos de maíz adaptados al trópico de México. La preparación del terreno consistió en hacer un barbecho, rastreo, cruza y surcado, el establecimiento de los genotipos fue el 6 de octubre del 2012, teniendo como tratamientos a seis genotipos de maíz: NH5, HE-1A17, VS-536, H-564C, DK-357 y H-520 que se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones. Se evaluó el efecto de tres densidades de siembra para cada genotipo a 50,000; 62,500 y 83,333 plantas por hectárea. Para estimar las diferencias entre genotipos y densidades de siembra se sometió la información a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Al momento de cosechar el forraje en febrero de 2013, se estudiaron los caracteres altura de planta (Alp), floración masculina y femenina (Dfm, Dff), área foliar (Aft), diámetro de tallo (Dta), hojas totales y hojas arriba del elote (Nho, Hae), elotes por planta (Epp), nudos por planta (Npp), peso de hoja y de tallos (Pho, Pet), peso del elote con y sin hojas (Peho, Pesh), longitud y diámetro de elote (Lel, Delo), hileras por elote, granos por hilera y granos por elote (Nhel, Ngh, Nge), peso de espigas (Pes) y rendimiento en forraje (Ren). La variedad VS-536 ( $38.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el híbrido H-564C ( $36.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) fueron los genotipos que sobresalieron en producción de forraje. La densidad de siembra de  $83,333 \text{ plantas ha}^{-1}$  en promedio de genotipos mostró una mejor adaptación y produjo  $41.8 \text{ t ha}^{-1}$  de forraje. Considerando la interacción de genotipo por densidad la variedad VS-536 ( $49.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) fue la que presentó la mayor producción de biomasa verde.

**Palabras clave:** Híbridos, variedad sintética, producción forrajera.

## ABSTRACT

A study was conducted in Loma Bonita, Oaxaca with the objective of evaluating the adaptation of genotype forage of maize in the tropics of Mexico. The land preparation consisted of making a fallow, tracking, crosses and the furrowing of the soil. Six different genotypes of maize were planted on October 6, 2012: NH5, HE-1A17, VS-536, H-564C, DK-357 and H-520. An experimental design of blocks was divided and distributed in a random arrangement. Each plot was divided in three repetitions, where the effect of three densities of sowing for each genotype from 50,000; 62,500 and 83,333 plants by hectare were evaluated. To estimate the differences between genotypes and densities of sowing information was submitted to analyze the variance and proof of comparison by means of Tukey ( $P \leq 0.05$ ). At the time of the harvest of the forage in February of 2013, the character height of the plants was studied (Alp), flowering of the feminine and masculine (Dfm, Dff), total foliar area (Aft), diameter of stalk (Dta), leaf totals including the leaves above the cob (Nho, Hae), the quantity of cobs per plant (Epp), nodes per plant (Npp), weight of leaves and the stalk (Pho, Pet), the of each cob with and without leaves (Peho, Pesh), longitude and diameter of each cob (Lel, Delo), number of rows, grain per row and grains per cob (Nhel, Ngh, Nge), spike weight (Pes) and forage yield (Ren). The results indicate that on average two of the three densities of sowing of the genotype VS-536 ( $38.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) and H-564C ( $36.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) exceeded in production of forage. The densities of sowing of genotypes of  $83,333 \text{ plants ha}^{-1}$  on average the genotypes show a

better adaptation and produce more forage than that of 41.8 t ha<sup>-1</sup>. Considering the interaction of genotype by densities the variety VS-536 (49.5 t ha<sup>-1</sup>) had the highest production of green biomass within the 83,333 plants per hectare.

**Key Words:** Hybrids, synthetic variety, forage production.

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos más antiguos que se conocen en el mundo (Paliwal, 2001). La palabra Maíz es de origen caribeño cuyo significado es “lo que sustenta la vida” (González y Krauze, 1996). Es el único cereal de origen americano importante en el mundo, donde actualmente un 85 % de los productores lo cultivan. Suministra elementos nutritivos a seres humanos y animales (cereal y forraje), además de ser una de las materias primas básicas en la industria, desde la producción textil, farmacológica, alimentaria así como la producción de biocombustibles (OCDE/FAO, 2013).

La diversidad de ambientes en los cuales se establece el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro plantío. Habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelente rendimiento sembrándose así en diferentes grados de temperatura. Globalmente el maíz se siembra en 140 millones de hectáreas. Con una producción anual de 580 millones de toneladas (Paliwal, 2001). El maíz tropical se cultiva en 66 países y es de importancia económica en 61 de ellos, donde cada uno siembra más de 50 000 hectáreas con producciones anuales de 111 millones de toneladas, para países en desarrollo la producción de maíz podría aumentar en relación con el trigo o arroz (OCDE/FAO, 2013).

La producción de maíces híbridos al ser importante en el mundo y en México deberá orientarse hacia un fin específico: (grano, forraje, hoja para tamal, grano con alta proteína, elote, grano pozolero, etc.), para que al seleccionar líneas se tomen en cuenta los caracteres deseables. Chávez (1995) destacó que los caracteres de rendimiento en híbridos de maíz se deben considerar en la evaluación y selección de líneas para fines forrajeros desde la cantidad de hoja, tallo, elote, y su relación, así como considerar a la planta completa; características que incidirán en el contenido de proteína, energía metabolizable, fibra detergente neutra y ácida.

Hereford (2010), aludió que el uso de maíz para forraje, ya sea como planta en pie o ensilado es una práctica común en todos los países de agricultura avanzada, ya que contribuye a resolver la estacionalidad de la producción forrajera, frente a los requerimientos alimenticios del ganado. Esta práctica se adapta para la conservación y alimentación del ganado debido a tres causas principales: a) alto volumen de producción en un solo corte, b) alto contenido de carbohidratos fácilmente aprovechables y, c) relativa amplitud del periodo de cosecha (Hereford, 2010).

El forraje de maíz es un alimento excelente para los rumiantes por su elevado contenido de energía y además los forrajes son la fuente de nutrientes más económicos, se proporcionan al ganado en fresco o en seco (Van y Regueiro, 2008).

En Estados Unidos de Norteamérica tiene una importancia sustancial el maíz forrajero y en el mundo en muchas áreas donde es posible su cultivo (Hereford, 2010). Se ha indicado que cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, pero los híbridos son los mejores al ser en su mayoría de porte alto (Elizondo y Boschini, 2002). En el sureste de México el forraje de maíz se utiliza para la alimentación del ganado bovino de doble propósito (López y Montoya, 2016).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar de manera cuantitativa el rendimiento de forraje en híbridos de maíz cultivados en Loma Bonita, Oaxaca, México.

### **2.2. Objetivos particulares**

Caracterizar morfológicamente a diferentes genotipos de maíz con potencial de producción de forraje.

Evaluar el rendimiento de forraje de híbridos de maíz y compararlos con una variedad sintética VS-536 de amplia adaptación en la región del trópico húmedo de México.

### **3. HIPÓTESIS**

Los híbridos de maíz presentan un rendimiento de forraje superior en relación con las variedades sintéticas que establecen los productores en Loma Bonita, Oaxaca, México.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Origen del maíz y distribución

El origen del maíz se consideró a partir de una especie de maíz prehispánico llamado teocintle, que se sometió a constante transformación morfológica durante el proceso de domesticación (Doebly, 1990). Dos de las teorías más importantes postuladas sobre este origen son la teoría del maíz tunicado propuesta por Saint Hilaire y la teoría del maíz silvestre (Paliwal, 2001; Acosta, 2009).

Según la teoría del maíz tunicado, se originó desde una variedad silvestre de maíz tunicado de Sudamérica, siendo el denominado "teocintle" un híbrido natural de *Zea* y *Tripsacum*. Esta teoría fue rechazada al no contar con el apoyo citogenético suficiente. La teoría del maíz silvestre postula que la variedad original de maíz era de Centroamérica y ahora está extinta. Las tres especies divergen entre ellas mucho antes de que el maíz silvestre evolucionara hasta poder ser cultivado (Acosta, 2009; Paliwal, 2001).

El maíz ha tenido una gran difusión, en México antiguo los exploradores europeos a finales del siglo X lo llevaron a Europa a través de España, donde se difundió a climas cálidos del Mediterráneo y de ahí a Europa Septentrional. Colón lo descubrió por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492; los comerciantes portugueses lo llevaron a África a principios del siglo XVI, los

comerciantes árabes y portugueses, a través de Zanzíbar, lo llevaron a Asia a principios del año 1500, aunque también es probable que se haya introducido mediante comerciantes que utilizaban la ruta de la seda por el Himalaya (Paliwal, 2001; Sánchez y Pérez, 2014).

#### **4.2. Descripción botánica**

El maíz es una planta monocotiledónea muy cultivada a lo largo de todo el mundo, siendo uno de los alimentos de consumo básico en muchas poblaciones (Paliwal, 2001).

Al principio, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, debido al estudio realizado por Reeves y Mangelsdorf (1942) se les consideró como un único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos. Entre las Maydeas orientales existen diversos géneros como *Schleracne*, *Polytoca*, *Chionachne*, *Trilobachne* y *Coix*, siendo este último el único que tiene cierta importancia económica en el sureste de Asia. En general, solo *Zea mays* L. se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las *Maydeas* (Paliwal, 2001). Su clasificación taxonómica se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays* L.).

<b>Categoría</b>	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Cyperales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>mays</i>
Subespecie	<i>mays</i>

Fuente: GBIF, 2013.

La planta de maíz presenta un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Las hojas que nacen de los nudos son alternas, lanceoladas y acuminadas. Los entrenudos y yemas florales están cubiertos por una vaina. La parte superior de la planta presenta una espiga es donde se produce el polen (inflorescencia masculina) (Kato, 2009).

El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción, mientras que el sistema nodular es el 48 % de la masa total de raíces de la planta. La función de las raíces de anclaje es mantener la planta erecta para así evitar su caída. El tallo presenta varias estructuras básicas denominadas fitómeros: meristemo apical, profilo, hojas e internudos. El tallo es simple, erecto de 2 a 6 m de altura, con varios nudos y entrenudos. Las

panojas son las estructuras donde se desarrolla el grano en un número variable de hileras (12 a 16) produciendo de 300 a 1000 granos (Kato, 2009).

Comparando el maíz tropical con el de zonas templadas se observa que en el primero hay un mayor porte de los tallos y una mayor frondosidad de la planta, además de poseer una diferente orientación de las hojas. Por otro lado, el maíz tropical suele tener un solo tallo principal además de una menor productividad que el maíz de la zona templada (Paliwal, 2001).

#### **4.3. Híbridos y variedades sintéticas de maíz forrajero**

El maíz híbrido es el producto del cruzamiento de dos variedades a fin de obtener un producto que posea características superiores a la de sus padres (Lleleme, 2010). Los primeros híbridos se formaron para producir granos y no se tuvieron buenos resultados al ensilar, lo que llevó a que los genetistas trabajaran en características distintivas en relación a híbridos para grano (Gorosito, 2006). La elección de un buen híbrido influye en el rendimiento, siendo su elección responsabilidad exclusiva del productor (Romero, 2004).

Es muy complejo seleccionar el híbrido adecuado a establecer por el agricultor, ya que entran en juego diferentes factores que se deben considerar como: clima, relieve o suelo. Se podrían seleccionar híbridos por su alto potencial de rendimiento, tolerancia o resistencia a herbicidas (Bermedo y Jahn, 2008). Dentro de los factores climáticos que más determinan la calidad y

producción de forraje de maíz, en temporal, está la disponibilidad de humedad en el suelo y la temperatura a través del desarrollo del cultivo (Flores y Ruiz, 1998).

Cuando la producción se realiza en condiciones de riego se obtiene el máximo rendimiento y la óptima calidad de forraje en maíz (Darby y Laurer, 2002). Sin embargo, la mayor cantidad de maíz sembrado en el país se produce bajo temporal, lo cual limita la calidad del forraje (Crowley, 1998). La selección del híbrido de maíz se debe basar en el ciclo más apropiado para la zona productiva tomando en cuenta la cantidad y calidad del forraje a producir y qué tipo de forraje se usará (Bermedo y Jahn, 2008).

Se denomina variedad sintética a la generación avanzada que procede de semilla obtenida por polinización libre entre varios genotipos de una especie vegetal y en la que sus progenitores han sido seleccionados por su aptitud combinatoria general. En muchos casos, las variedades sintéticas acumularán genes para distintos caracteres favorables, como productividad, precocidad, resistencia a una enfermedad o una plaga, calidad (UNAD, 2015). Las variedades sintéticas se pueden obtener, a partir del cruzamiento intervarietal entre plantas alógamas, sobre todo si ambas variedades se han mejorado en su aptitud combinatoria, por selección recurrente recíproca.

Las líneas consanguíneas son buenos candidatos para la obtención de una variedad sintética porque no son difíciles de mantener. Sólo los genotipos que se combinan bien entre sí en todas las combinaciones entran en la

variedad sintética. Se ha visto que los híbridos simples, los triples y los dobles pueden servir como variedad sintética. La productividad de una variedad sintética depende del número de genotipos que entran en su formación, del rendimiento medio de cada uno de ellos en cruzamiento con los demás, de su aptitud combinatoria, y del sistema de reproducción de la planta (UNAD, 2015).

#### **4.4. Importancia de la producción de maíz**

El maíz es una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo. Es una gramínea de producción mundial, cuya adaptación permite su cultivo en más de 113 países, entre sus principales usos está la alimentación humana, animal y producción de almidones; por otra parte, es un insumo para la elaboración de aceites, barnices, pinturas, caucho y jabones, entre otros. Algunas de las tantas variedades de maíces, requieren desarrollarse en temperaturas medias de entre 25 y 30 °C. Se adapta a casi todos los tipos de suelo, siempre y cuando se pueda satisfacer su alta demanda de agua y horas luz (Violic, 2001).

En México el maíz es el principal cultivo para grano, dada su importancia en la ingesta alimenticia diaria de la población. No obstante, de más de 30 millones de toneladas que se consumen anualmente, solo 21.5 millones son producidas en México (Sánchez y Pérez, 2014). De acuerdo con información del departamento de agricultura de Estados Unidos (por sus siglas en inglés

USDA), a nivel internacional, México en producción de maíz a nivel Mundial durante el 2016 se estima que ocupó el octavo lugar (USDA, 2016).

Los dos principales productores por volumen de producción de maíz son Estados Unidos de Norteamérica y China. La producción mundial de maíz en el año 2015 fue de 959.14 millones de toneladas. Los 1025.7 millones de toneladas estimadas para el año 2016 podrían significar una disminución de 66.6 millones de toneladas o un 6.9 % en la producción de maíz alrededor del mundo (USDA, 2016). La producción de maíz en el mundo se distribuye como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Producción de maíz (toneladas) en el mundo durante el año 2016.

<b>Lugar a nivel mundial</b>	<b>País</b>	<b>Producción (toneladas)</b>	<b>Lugar a nivel mundial</b>	<b>País</b>	<b>Producción (toneladas)</b>
1	Estados Unidos	382,476,000	9	India	24,500,000
2	China	216,000,000	10	Rusia	14,000,000
3	Otros	94,438,000	11	Sudáfrica	13,000,000
4	Brasil	83,500,000	12	Canadá	12,500,000
5	Unión Europea	60,279,000	13	Indonesia	9,600,000
6	Argentina	36,500,000	14	Filipinas	7,900,000
7	Ucrania	26,000,000	15	Nigeria	7,200,000
8	México	24,500,000	16	Serbia	7,000,000

Fuente: USDA, 2016.

**Cuadro 3.** Producción de maíz forrajero en México durante el año 2014.

<b>Estado</b>	<b>Superficie Sembrada (ha)</b>	<b>Superficie Cosechada (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>)</b>
Aguascalientes	46,546.0	44,967.0	382,310.0	8.5
Chihuahua	43,137.8	43,137.8	544,575.1	12.6
Colima	525.0	525.0	16,545.0	31.5
Distrito Federal	217.0	217.0	4,404.5	20.3
Durango	24,490.2	24,490.2	530,617.7	21.7
Guanajuato	680.0	680.0	14,280.0	21.0
Guerrero	401.0	401.0	14,131.2	35.2
Hidalgo	2,579.0	2,579.0	45,166.0	17.5
Jalisco	163,399.2	158,128.2	3,509,911.8	22.2
México	12,052.7	12,052.7	396,989.5	32.9
Nayarit	6,842.5	6,842.5	209,787.2	30.7
Nuevo León	17,405.0	17,405.0	165,205.0	9.5
Oaxaca	885.0	885.0	1,858.5	35.7
Puebla	620.0	620.0	12,069.1	19.4
Querétaro	17.0	17.0	326.4	19.2
San Luis Potosí	465.0	360.0	5,562.6	15.4
Sonora	695.0	695.0	5,790.3	8.3
Tlaxcala	7,019.0	7,019.0	257,013.0	36.6
Veracruz	478.0	478.0	15,296.0	32.0
Zacatecas	112,125.0	92,785.0	1,091,320.0	11.8

Fuente: SAGARPA, 2014.

La producción de maíz forrajero en el estado de Oaxaca es de 885 hectáreas cosechadas, con un rendimiento promedio de  $35.7 \text{ t ha}^{-1}$ , dando así un total de 1,858.5 toneladas producidas (SAGARPA, 2014). De los usos del maíz está la elaboración de etanol esto es a partir de granos de maíz y el trigo impactando como una alternativa en el comercio de los alimentos, Estados Unidos es el principal proveedor de maíz amarillo para México, en 2012 realizó una mezcla de combustible con 10 % de etanol (OECD, 2006).

La demanda de biocombustibles se está incrementando debido a la necesidad cada vez mayor de energéticos, y por la alza del petróleo, haciendo así que aumente la necesidad de tener más cultivos como el maíz, caña de azúcar que se utilicen para la producción de este combustible (González y Brugués, 2010).

La producción de biodiesel se basa en el cultivo de maíz el cual es uno de las más de 350 especies de oleaginosas que sirven para la producción de dicho combustible, su rendimiento es de 145 kg de aceite por hectárea de maíz (Red mexicana de bioenergía, 2006). El costo del biodiesel tiene un precio similar al de los productos derivados del petróleo (Calderón, 2012).

#### **4.5. Componentes de rendimiento en maíz**

La planta de maíz comercialmente se llama grano, botánicamente cariósido y agrícolamente como semilla esta es la forma que se tiene para su reproducción. La planta de maíz está conformada por los tallos de maíz que son

el cuerpo principal de la planta. Dependiendo de la variedad, el tallo puede crecer varios metros de altura y es muy resistente.

El tallo es demasiado estable, ya que debe aguantar las mazorcas de maíz, también se sabe que las plantas de maíz pueden tener numerosas hojas en el tallo, éstas últimas pueden ser largas y suelen crecer poco antes de curvarse en una posición hacia abajo.

El estigma es la parte femenina de la flor en la planta. Surge de la parte superior de la hoja de maíz y puede ser de color verde, amarillo o marrón, dependiendo de la variedad de maíz, las brácteas son hojas verdes que rodean las mazorcas de maíz. Estas hojas protegen los granos del maíz, que es la porción comestible de la planta. Las mazorcas de maíz constan de brácteas (totomoxtle), granos y olote (corazón de la mazorca). La recolección de las mazorcas se produce cuando las plantas maduran.

Las plantas de maíz tienen dos secciones diferentes de raíces. Las raíces aéreas crecen sólo en la parte superior del suelo, mientras que las raíces de la corona están bajo el suelo. En lo referente a la composición química del maíz, esto dependerá de una serie de factores como: manejo del cultivo, material genético, condiciones climáticas y condiciones edáficas, entre otras más (SACSA, 2015).

#### **4.6. Labores de cultivo**

La planta del maíz es de porte robusto, fácil desarrollo y producción anual. Existen dos tipos de producción de maíz bajo condiciones de temporal y de riego. Para la realización de este modelo de temporal se considera como referencia el sistema de producción de maíz en el ciclo primavera-verano (Abril-Julio), y para riego es otoño-invierno (Octubre-Marzo) (SMN, 2016).

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se realiza una labor de arado al terreno de 25 a 30 cm para dejarlo suelto y sea capaz de captar humedad sin encharcamientos, además de que permite que el terreno quede flojo en la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. Al preparar el terreno deberá quedar limpio de restos vegetales conocidos como rastros. Siempre es recomendable hacer un estudio fisicoquímico de suelos para la labranza a implementar (Ospina, 2015).

#### **4.7. Forrajes y pastos como alimentos**

Los forrajes son una fuente de nutrientes económicos, lo que hace que se conviertan en una alimentación básica en la dieta de los animales. Se pueden clasificar según el estado de madurez en que se encuentren, como los forrajes verdes que cuando se encuentran en su óptimo punto de cosecha en la pradera, se denominan pastos, los cuales pueden ser de pastoreo o de corte (Bragachini *et al.*, 2008).

Lauer *et al.* (2001) estableció algunas ventajas y desventajas que tiene el uso del forraje de maíz para fines pecuarios. Entre los primeros se encuentran 1: el forraje de maíz es superior en palatabilidad, calidad y rendimiento energético a otros forrajes, 2: requiere menor tiempo de maquinaria que otros cultivos al momento de cosecha y 3: el costo por tonelada de materia seca tiende a ser mucho menor que en otros cultivos. Las desventajas a destacar son 1: baja estabilidad de los mercados para la venta de forraje, 2: alto costo de trasportación cuando el sitio de almacenaje está retirado del lugar de producción y, 3: cuando los maíces no están bien adaptados el costo de producción puede ser demasiado alto.

#### **4.8. Productividad de maíces forrajeros en el sureste de México**

En la República Mexicana se han realizado una serie de experimentos sobre la producción de maíces forrajeros y sus rendimientos en trópico.

En la región Golfo de México durante el ciclo primavera-verano de 2001, se realizó un estudio en cuatro sitios de Veracruz (Cotaxtla, Papantla, Ciudad Isla, y San Andrés Tuxtla), y en Huimanguillo, Tabasco, con el objetivo de estimar el comportamiento de variedades de maíz normal y con alta calidad de proteína, se evaluó el rendimiento y características agronómicas para definir su adaptabilidad bajo condiciones de temporal. Los resultados indicaron que el genotipo sobresaliente fue el sintético VS-536 (Sierra *et al.*, 2002), este material es adecuado para sembrarse por su producción de grano o forraje para silo.

En Yucatán se realizó una evaluación con el objetivo de estimar el rendimiento, adaptación y fitosanidad de maíces híbridos de diversas Compañías semilleras que operan en México. En este ensayo de rendimiento, se evaluaron híbridos de maíz, cinco de la Empresa semillas y Agroproductos Monsanto S.A. y cinco de la Empresa Insumos y Semillas para Granos Básicos mostrando que en ese momento el HR-245, de la empresa insumos y semillas para granos básicos, fue el mejor híbrido en cuanto a producción y rendimiento; de los demás híbridos algunos tuvieron mejor fitosanidad de planta y otros destacaron por su adaptación (INIFAP, 2008).

#### **4.9. Componentes de rendimiento en maíces forrajeros tropicales**

Los principales componentes de rendimiento de maíz forrajero son: número de hojas por planta, número de elotes por planta, número total de granos por elote, peso de hojas por planta, tallos por planta, longitud del elote, diámetro del elote, número de granos por hilera. El número de hojas por planta se da al inicio de haber nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nacencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4-5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas (Arbués, 2011).

En relación con el número de elotes por planta, cada planta de maíz tiene un rango de entre uno y dos mazorcas, esto llevará a estimar el número de

granos por elote, si se tiene una buena calidad de rendimiento una mazorca tendrá entre doscientos a trecientos granos (Ortiz *et al.*, 2013).

El peso de hojas por planta de maíz está en un promedio de 70 a 130 gramos, los demás componentes de rendimiento como longitud del elote, número de tallos por planta y diámetro de tallo son importantes para determinar la calidad del maíz y el cuidado en las necesidades requeridas en el momento de siembra y durante toda su etapa de desarrollo (Tucuch *et al.*, 2011).

#### **4.10. Empresas productoras de maíz forrajero en trópico húmedo**

En 1985 surge el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), dedicado a generar y transferir tecnologías por medio de ofertar productos y servicios, en respuesta a las demandas de las cadenas agropecuarias y forestales. Entre sus actividades está producir híbridos de maíz forrajero para su utilización en trópico húmedo como son: H-157 E, H-565, H-520, HQ1, H-518, VS-536, V-537C, V-556AC, H-564C (INIFAP, 2012).

La compañía productora de semillas Pioneer nace en Iowa, Estados Unidos de Norteamérica en 1913. En 1970 las semillas de esta empresa fueron introducidas a México, en Tamaulipas, Jalisco y la Región del Bajío. En la actualidad Pioneer cuenta con variedades de maíz forrajero de híbridos y variedades sintéticas para el trópico húmedo del país como son las siguientes:

P4082W, P3966W, 30F96, P3575W, P4083W, P4226, 30F35, 30F94, 85P20, 85P15, 8418, 83P17, 30A60 y P3055W (PIONNER, 2010).

Monsanto se fundó en 1901 en San Luis, Missouri, Estados Unidos de Norteamérica. En 2009 la empresa obtiene los primeros permisos para realizar ensayos experimentales de maíz genéticamente modificado (GM) en Sinaloa. En 2010 en México se aprueba la etapa experimental para el cultivo de maíz GM en Tamaulipas, Chihuahua, La Laguna y después en toda la República Mexicana dando para trópico húmedo los híbridos y variedades sintéticas de maíz forrajero: DK-353, DK357, DK390, DK395, DKB922, DK910, DKB390 (SEBAMEX, 2015).

#### **4.11. Componentes nutritivos del maíz**

La planta contiene compuestos como vitaminas las cuales pueden ser solubles en agua o liposolubles: la provitamina A o carotenoide y la vitamina E. La vitamina E se localiza en germen y su contenido en maíz depende de la variedad genética. Las vitaminas solubles en agua se encuentran en las capas externas del grano de maíz y en menor medida, en germen y endospermo. La cubierta seminal o pericarpio presenta un elevado contenido de fibra cruda, con un aproximado de 87 %, la que a su vez está formada por hemicelulosa (67 %), celulosa (23 %) y lignina (0.1 %) (Rose *et al*, 2010).

La concentración de cenizas en grano de maíz es de 1.3 %, el mineral que más abunda es fósforo, potasio y magnesio. Existe un bajo contenido de

Ca y de oligoelementos, siendo el componente químico principal del grano el almidón (72-73 % del peso total). Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 % del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30 % del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75 % del almidón (Herum, 1987).

#### **4.12. Paquete tecnológico de producción del cultivo de maíz**

El maíz se establece de 0 a 1000 msnm, con temperatura media anual de 25 a 30 °C, y precipitación de 800 a 1600 mm. Para preparar el terreno pueden usarse herbicidas a base de glifosato y Paraquat. Su aplicación se realiza antes de la emergencia del maíz. Se sugiere sembrar híbridos como el H-520, H-564C y el H-519C de alta calidad de proteína y las variedades VS-536, V-537C de alta calidad de proteína y V-556AC de grano amarillo y alta calidad de proteína (INIFAP, 2015).

La siembra puede hacerse con sembradora de cero labranza y en forma manual con espeque en hileras a 80 cm. La fecha de siembra es de inicio de lluvias hasta el 15 de julio. Se establecen 2 a 3 semillas cada 40 cm o bien calibrar la sembradora a seis semillas por metro lineal para lograr una densidad

de 62,500 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , lo que se logra usando 20 a 25 kg de semilla por hectárea, en siembra manual y mecanizada, respectivamente (INIFAP, 2015).

Se fertilizará con la fórmula 161-46-00, usando urea (46 %), superfosfato de calcio triple (46 %) y DAP (18-46-00). La primera fertilización se hace al momento de siembra o diez días después de emergencia, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno (INIFAP, 2015).

En la segunda fertilización se aplica la otra mitad del nitrógeno, a los 30 días después de la primera fertilización. Si es posible aplicar a la semilla 500 a 1000 gramos de biofertilizante (micorriza glomus) por hectárea; si el producto contiene 40 esporas por gramo de suelo se aplican 500 g de biofertilizante, si tiene menos de 40 esporas por gramo de suelo se aplican 1000 gramos (INIFAP, 2015).

Cuando se controlan las malezas con herbicidas no se usarán labores de cultivo. La aplicación de herbicidas deberá hacerse antes de la emergencia del maíz, se recomienda aplicar 2 a 3  $\text{kg ha}^{-1}$  de Atrazina 90 en pre-emergencia o post-emergencia temprana en los primeros ocho días a partir de la siembra, previendo que exista suficiente humedad en el suelo (INIFAP, 2015).

El control de plagas del suelo como gallina ciega y gusano de alambre se puede hacer con carbofuran 5 % ( $20 \text{ kg ha}^{-1}$ ) o tratando la semilla con semevin 1.0 litro para la cantidad de semilla recomendada por hectárea. Plagas del follaje como gusano cogollero, falso medidor y gusano soldado se controlan con

Lorsban 0.75 L ha<sup>-1</sup>. Para enfermedades se recomiendan genotipos resistentes, además de controlar vectores como chicharritas y áfidos (INIFAP, 2015).

En la región tropical del sureste mexicano se realiza la dobla cuando el cultivo llega a madurez fisiológica para disminuir riesgos de acame, daño de pájaros y pudriciones de mazorca. La cosecha de maíz cuando es para grano, con menos de 20 % de humedad, demora 120 días en campo (INIFAP, 2015).

Si el objetivo es producir maíz forrajero para ensilaje se recomienda establecer híbridos de ciclo intermedio y cosechar en estado lechoso masoso o masoso usualmente se efectúa a los 75 a 85 días después de la fecha de siembra, o cuando se detecte en la mazorca 1/3 de la línea de leche, lo cual depende del híbrido, criollo o variedad y de las temperaturas presentes durante el ciclo de cultivo (Núñez *et al.*, 1999).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Localización del sitio experimental**

El estudio se realizó en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, la cual se ubica a los 18° 06' 25'' LN y 95° 52' 50'' LW, a una altura de 25 msnm (García, 2004).

### **5.2. Clima, temperatura y suelo**

El clima del lugar es Am que corresponde a un cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La precipitación y temperatura media anual son de 1,845 mm y 25 °C, respectivamente. Los suelos del área se clasifican como arenosoles y acrisoles (FAM, 2015).

### **5.3. Preparación del terreno**

El terreno de siembra se preparó con maquinaria haciendo un barbecho a una profundidad de 30 cm, dos pasos de rastra y surcado después de este proceso se procedió a realizar la siembra.

### **5.4. Siembra**

La siembra de las semillas fue manual, depositando dos semillas por mata a 25, 20 y 15 cm. Se raleo a una planta por mata para ajustar las densidades a 50, 62.5 y 83.3 mil plantas por hectárea.

### **5.5. Control de malezas**

Para tener un control de las malezas se deshierbó manualmente, durante el desarrollo vegetativo del cultivo y hasta antes de la floración con el objetivo de no dejar que las malezas compitieran con el cultivo.

### **5.6. Control de plagas y enfermedades**

Las plagas del suelo como gallina ciega (*Phyllophaga sp.*) y gusano de alambre (*Agrotis sp*), fueron las plagas a combatir mediante la aplicación de volatón granulado al 5 %. Plagas del follaje como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), falso medidor (*Trichoplusia*), y gusano soldado (*Spodoptera exigua*), se controlaron con Lorsban 480 CE ( $0.75 \text{ L ha}^{-1}$ ).

### **5.7. Fertilización**

Se fertilizó con la fórmula 161-46-00. Como fuente de fertilizante se usó urea (46 % N) y fosfato diamónico (18 % N, 46 % P). La primera aplicación fue al momento de la siembra, depositando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno, mientras que la segunda se realizó a los 30 días después de la primera fertilización. Se aplicó fertilización foliar ya que fue necesario para complementar el cultivo con elementos menores tales como Cu, B, Zn, Mn y Mo para ellos, se utilizó Bayfolán Forte® en dosis de 1.0 litro por hectárea.

## 5.8. Tratamientos en estudio

Los híbridos de maíz forrajero evaluados fueron: H-520, H-564C, HE-1A17, DK-357, NH-5 y la variedad sintética VS-536. Se establecieron en tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha<sup>-1</sup>), considerando tres repeticiones como se muestra en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Genotipos de maíz (*Zea mays* L.) distribuidos en tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha<sup>-1</sup>) y tres repeticiones. Loma Bonita, Oaxaca, México.

Genotipo	Número de plantas por hectárea								
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3		
H-520	8*	1	14	19	32	27	49	47	40
H-564C	11	4	17	24	34	30	51	44	42
HE-1A17	9	3	18	20	33	25	53	43	38
DK-357	7	2	15	21	36	26	54	45	41
NH5	10	5	13	23	31	28	50	48	49
VS-536	12	6	16	22	35	29	52	46	37

\*Unidad experimental.

## **5.9. Variables evaluadas**

### **5.9.1. Variables de crecimiento**

-Floración masculina (Dfm) y femenina (Dff). Por parcela experimental se contabilizaron los días en que se tenía un 50 % de inflorescencias masculinas (espigas) o femeninas (jilotes).

-Altura de planta (Alp). La altura de la planta se estimó considerando la distancia desde el nivel del suelo, arriba del cuello de la raíz, hasta la parte superior de la misma, para su determinación se utilizó un flexómetro.

-Área foliar por planta (Aft, cm<sup>2</sup>). El área foliar total por planta se estimó a partir de medir de cada hoja de la planta su longitud y ancho. Lo obtenido se multiplicó por 0.75 (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

- Diámetro de tallo (Dta, cm). Con un vernier se midió en cm el diámetro del tallo de la planta.

### **5.9.2. Variables de rendimiento**

-Número de hojas por planta (Nho). Se contó el número total de hojas que tenía cada una de las plantas.

-Número de hojas arriba del elote (Hae). Esta variable consideró las hojas que se encuentran por encima de la inflorescencia femenina.

-Número de elotes por planta (Epp). Se contó el número de elotes que presentaba cada planta.

-Nudos por planta (Npp). Es la cantidad de nudos totales de la planta donde se insertan las hojas.

-Peso de hojas (Pho, g). Se determinó el peso de las hojas usando una báscula digital EURA-50.

-Peso de tallo (Pet, g). Por planta se estimó el peso del tallo utilizando una báscula digital.

-Peso de elote con hojas (Peho, g). Se pesaron los elotes de cada planta sin prescindir de las brácteas que los envuelven.

-Peso de elote sin hojas (Pesh, g). Después de retirar las brácteas del elote se procedió a pesar cada uno de ellos.

-Longitud del elote (Lel, cm). Se midió la longitud del elote considerando desde la base hasta la parte más angosta donde termina en punta el elote.

-Diámetro de elote (Delo, cm). Con una regla, se midió en centímetros el diámetro del elote.

-Número de hileras por elote (Nhel). Se contaron las hileras que estaban presentes en cada elote.

-Número de granos por hilera (Ngh). Se determinó el número de granos por hilera de cada elote.

-Número de granos por elote (Nge). Esta variable se estimó a partir del número de hileras y del número de granos presentes en cada una de las hileras del elote.

-Peso de espigas (Pes, g). Después de separar la espiga de cada planta se procedió a estimar el peso de cada una de ellas.

-Rendimiento en forraje (Ren, t ha<sup>-1</sup>). El rendimiento en forraje se contabilizó en toneladas por hectárea en cada uno de los genotipos en estudio.

## **5. 10. Análisis estadístico de la información**

Los tratamientos en estudio se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, para estimar las diferencias entre genotipos mostradas en las diferentes variables en estudio. La información de campo se sometió a un análisis de varianza mediante el programa estadístico Sas (SAS, 2010). El modelo estadístico utilizado fue:  $Y_{ijkl} = \mu + R_i + D_j + G_k + IG \times D_{kj} + E_{ijkl} + W$ . Dónde:  $\mu$  es la media general,  $R_i$  efecto aleatorio de la  $i$ -ésima repetición,  $D_j$  efecto de la  $j$ -ésima densidad,  $G_k$  efecto atribuible al  $k$ -ésimo genotipo,  $IG \times D_{kj}$  interacción genotipo por densidad,  $E_{ijkl}$  efecto aleatorio atribuible al error experimental y  $W$  es el efecto atribuible al error intraparcelar. Se realizó una comparación múltiple de medias de tratamientos mediante la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza indicó que los genotipos en estudio presentaron diferencias estadísticas significativas para la totalidad de caracteres estudiados (Cuadro 5), indicando que existió un rendimiento distinto entre los diferentes maíces y que su capacidad de adaptación a las condiciones tropicales de Loma Bonita, Oaxaca influyeron en dicho comportamiento. Las densidades de siembra fueron significativas al 1 % para los caracteres días a floración masculina y femenina, área foliar por planta, número de elotes por planta, peso de hojas, peso de tallos, número de hileras por elote y rendimiento en forraje, siendo estas diferencias al 5 % para nudos por planta, longitud del elote y número de granos por elote, el resto de variables no presentaron diferencia estadística para la fuente de variación densidades tal comportamiento indica que la densidad de siembra influyó en los resultados obtenidos.

Las repeticiones no fueron significativas para 11 de 20 caracteres analizados lo que refleja que la conducción del experimento permitió que se expresaran los genotipos y densidades como factores principales de estudio. Nótese que la interacción de genotipos por densidades mostró que 17 de los 20 caracteres analizados fueron altamente significativos (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Cuadrados medios de 20 caracteres para seis genotipos de maíz evaluados por su producción de forraje. Loma Bonita, Oaxaca, México.

	Media	CV	Rep	Den	Gen	IntG*D	E	W
Apl	181.3	7.7	550.4ns	585.5ns	15229.1**	3628.2**	3001.6	196.4
Dfm	66.0	5.0	61.9**	299.8**	425.3**	65.8**	72.5	0.15
Dff	70.9	4.7	95.7**	314.5**	330.5**	76.4**	72.9	0.11
Aft	2939.6	22.4	10688866.6**	4112100.3**	2437669.1**	19532199.0**	13041584.7	433349.6
Dta	5.2	12.8	0.5ns	1.2ns	11.3**	5.6**	4.6	0.5
Nho	10.3	9.8	1.3ns	2.0ns	13.9**	4.5**	6.1	1.0
Hae	6.7	6.7	0.3ns	1.0ns	7.0**	0.9ns	2.4	0.5
Epp	1.1	30.6	0.2ns	1.2**	0.5**	0.1ns	0.3	0.1
Npp	10.7	10.7	0.6ns	5.5*	40.3**	19.3**	11.3	1.3
Pho	145.6	32.8	26851.2**	19685.4**	28089.4**	23045.2**	20993.1	2289.4
Pet	95.5	33.3	1788.5ns	5198.2**	35149.9**	9961.6**	9687.1	1014.4
Peho	277.8	23.3	9148.3ns	4872.8ns	31608.8**	30871.3**	24481.4	4179.2
Pesh	180.5	21.0	2063.8ns	1524.5ns	14951.6**	10964.2**	7932.0	1436.6
Lel	17.0	12.0	12.9*	18.7*	41.3**	14.5**	19.0	4.2
Delo	4.5	7.6	0.2ns	0.2ns	2.9**	1.9**	0.9	0.1
Nhel	13.2	12.3	9.9*	12.8**	64.8**	8.9**	10.9	2.6
Ngh	31.1	16.7	167.8**	15.1ns	364.5**	36.9ns	114.4	26.8
Nge	410.3	20.5	15498.8ns	22977.6*	124876.6**	24359.4**	25937.6	7082.5
Pes	6.5	29.7	14.7*	8.2ns	55.6**	33.7**	35.2	3.7
Ren	34.1	23.0	563.5**	9892.3**	857.1**	750.5**	614.8	61.6
Gl			2	2	5	10	34	486

Alp=Altura de planta, Dfm=Días a floración masculina, Dff=Días a floración femenina, Aft=Área foliar por planta, Dta=Diámetro de tallo, Nho=Número de hojas por planta, Hae=Número de hojas arriba del elote, Epp=Número de elotes por planta, Npp=Nudos por planta, Pho=Peso de hojas, Pet=Peso de tallos, Peho=Peso de elote con hojas, Pesh=Peso de elote sin hojas, Lel=Longitud del elote, Delo=Diámetro de elote, Nhel=Número de hileras por elote, Ngh=Número de granos por hilera, Cv=coeficiente de variación, Rep=repeticiones Nge=Número de granos por elote, Pes=Peso de espigas, Ren=Rendimiento de forraje, CV=Coeficiente de variación (%), Rep=Repeticiones, Den=Densidad, Gen=Genotipo, IntG\*D=Interacción genotipo-densidad, E=Error parcelar, W=Error entre parcelas, Gl=Grados de libertad.

## **6.2. Variables de crecimiento de genotipos**

La variedad sintética VS-536 presentó la mayor altura de planta con un valor de 203.1 cm, en comparación con los cinco híbridos que se estudiaron (Cuadro 6). Sierra *et al.* (2010) obtuvieron alturas de plantas ligeramente superiores a las encontradas en este estudio para VS-536 (233 cm) y H-520 (228 cm), tales resultados podrían deberse a la época en que se realizó dicho experimento, específicamente durante el ciclo primavera verano lo cual concuerda con los meses más lluviosos en el trópico húmedo al cual pertenece Loma Bonita, Oaxaca, México.

Acosta (2009) aseguró que tanto los maíces criollos como los sintéticos tienen una altura de planta que va de 2.2 hasta 3.2 m. lo cual está en concordancia con lo mostrado con la variedad sintética que superó en altura de planta a los híbridos. García (2008) propuso que las siembras de maíz en la región de la Baja Cuenca del Papaloapan deben de realizarse del 15 de octubre al 20 de noviembre para así disminuir riesgos de déficit de humedad en las etapas más críticas del cultivo de maíz que son floración y llenado del grano.

La altura de la planta en función de la densidad de siembra, en promedio de genotipos, tuvo un comportamiento similar en todos los genotipos (Cuadro 7), lo que sugiere que el número de plantas por hectárea no influyó en los componentes del rendimiento en estudio.

**Cuadro 6.** Prueba de comparación de medias para 20 caracteres, en promedio de tres densidades de siembra, en genotipos de maíz con aptitud forrajera. Loma Bonita, Oaxaca, México. 2012.

Carácter	Dms	Media	Genotipo						
			VS-536	DK-357	H-520	NH5	HE-1A17	H-564C	
Alp	5.49	181.7	203.1 a <sup>z</sup>	191.5 B	178.7 c	172.4 de	167.2 e	177.3 cd	
Dfm	0.16	66.0	66.4 c	64.7 E	65.8 d	62.6 f	68.1 b	68.4 a	
Dff	0.14	70.9	71.2 c	70.0 E	70.4 c	68.0 f	72.7 b	73.2 a	
Aft	280.77	2939.6	2900.4 ab	2958.6 ab	2799.4 b	2727.9 b	3128.1 a	3122.7 a	
Dta	0.28	5.2	5.1 cd	4.8 E	5.0 de	5.7 a	5.3 bc	5.5 ab	
Nho	0.42	10.3	10.7 a	10.3 ab	10.6 ab	10.2 b	9.6 c	10.4 ab	
Hae	0.30	6.7	6.8 a	6.5 bc	6.7 ab	7.0 a	6.3 c	7.0 a	
EPP	0.14	1.1	1.0 b	1.0 B	1.15 ab	1.0 b	1.1 ab	1.26 a	
Npp	0.49	10.7	12.0 a	10.7 bc	11.1 b	10.5 c	9.9 d	10.3 cd	
Pho	20.40	145.6	160.7 a	128.4 C	139.7 bc	122.9 c	160.0 ab	162.3 a	
Pet	13.58	95.5	130.8 a	82.6 C	88.9 c	81.4 c	82.4 c	106.9 b	
Peho	27.57	277.8	297.4 ab	258.1 C	275.9 abc	272.9 c	259.6 c	302.9 a	
Pesh	16.17	180.5	185.1 a	186.2 A	178.6 a	185.4 a	155.6 b	191.9 a	
Lel	0.87	17.0	16.5 b	16.9 B	16.4 b	16.4 b	16.9 b	18.2 a	
Delo	0.46	4.5	4.6 a	4.4 ab	4.5 a	4.6 a	4.2 c	4.3 b	
Nhel	0.69	13.2	12.7 cd	14.7 A	12.2 d	13.3 bc	12.9 bc	13.6 b	
Ngh	2.26	31.1	30.0 bc	31.7 ab	33.2 a	28.2 c	30.0 bc	33.3 a	
Nge	35.89	410.28	380.0 b	462.7 A	403.8 b	374.5 b	390.8 b	450.0 a	
Pes	0.82	6.5	7.7 a	5.6 D	6.5 bc	5.8 cd	6.3 bcd	7.0 ab	
Ren	3.3	34.1	38.8 a	30.7 C	33.3 c	31.7 c	33.3 bc	36.6 ab	

Alp=Altura de planta (cm), Dfm=Días a floración masculina, Dff=Días a floración femenina, Aft=Área foliar por planta (cm<sup>2</sup>), Dta=Diámetro de tallo (cm), Nho=Número de hojas por planta, Hae=Número de hojas arriba del elote, Epp=Número de elotes por planta, Npp=Nudos por planta, Pho=Peso de hojas (g), Pet=Peso de tallo (g), Peho=Peso de elote con hojas (g), Pesh=Peso de elote sin hojas (g), Lel=Longitud del elote (cm), Delo=Diámetro de elote (cm), Nhel=Número de hileras por elote, Ngh=Número de granos por hilera, Nge=Número de granos por elote, Pes=Peso de espigas (g), Ren=Rendimiento de forraje (t ha<sup>-1</sup>), Dms=Diferencia mínima significativa, abc= Promedios con letras diferentes en hileras son estadísticamente diferentes (Tukey, P≤0.05).

Para tener información de referencia sobre la precocidad de los genotipos en estudio se estimaron los días a floración masculina y femenina del cultivo de maíz, encontrándose un promedio entre genotipos de 66 días a floración masculina y 70 a floración femenina. El híbrido H-520 promedió 65.8 días a floración masculina y 70.4 días a floración femenina (Cuadro 6) confirmando que es un híbrido más tardío.

El híbrido NH5 fue precoz presentando 62.6 y 68.0 días a floración masculina y femenina, respectivamente (Cuadro 6). De acuerdo con Tosquy *et al.* (1995) se han registrado 52 días a inicio de floración masculina en el sintético VS-536. En el caso del H520 en el sureste de México tarda de 54 a 56 días a inicio de floración masculina con alturas de planta de 228 cm y una altura a la mazorca de 139 cm (Sierra *et al.*, 2008; Sierra *et al.*, 2010).

La mayor área foliar se obtuvo con los híbridos H-564C (3122.7 cm<sup>2</sup>) y HE-1A17 (3128.1 cm<sup>2</sup>), las menores áreas foliares se presentaron en los genotipos H-520 y NH5 (Cuadro 6). Considerando la densidad de siembra las áreas foliares mayores se obtuvieron en las densidades de 50,000 y 83,333 plantas por hectárea (Cuadro 7) con valores de 2,962.3 y 3,078.0 cm<sup>2</sup>, respectivamente. Esto se explica porque las plantas que crecen a densidades bajas tienen menor competencia por luz, agua y nutrientes formando doseles más vigorosos mientras que en densidades altas, al haber un mayor número de plantas aumenta su altura lo que incrementa el área foliar. Esta información difiere de la encontrada por Dwyer y Stewart (1986), quienes cuantificaron en el cultivo de maíz áreas foliares de 4,570 cm<sup>2</sup> por planta.

**Cuadro 7.** Rendimiento en forraje de genotipos de maíz en tres densidades de siembra para 20 caracteres, en promedio de seis genotipos adaptados a trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Año 2012.

Carácter	Densidad de siembra (plantas ha <sup>-1</sup> )				
	Dms	Media	50,000	62,500	83,333
Alp	3.2	181.7	180.2 a	182.1 a	182.8 a
Dfm	0.1	66.0	66.6 b	66.9 a	64.6 c
Dff	0.1	70.9	71.4 b	71.9 a	69.4 c
Aft	163.1	2939.6	2962.3 a	2778.3 b	3078.0 a
Dta	0.1	5.2	5.3 a	5.2 a	5.2 a
Nho	0.2	10.3	10.2 a	10.3 a	10.4 a
Hae	0.2	6.7	6.7 a	6.7 a	6.8 a
Epp	0.1	1.1	1.1 a	1.2 a	1.0 b
Npp	0.3	10.7	10.5 b	10.8 ab	10.9 a
Pho	11.8	145.6	155.2 a	147.2 a	134.5 b
Pet	7.9	95.5	98.0 a	99.2 a	89.3 b
Peho	16.0	277.8	281.2 a	280.5 a	271.8 a
Pesh	9.4	180.5	183.0 a	181.2 a	177.3 a
Lel	0.5	17.0	17.3 a	16.7 b	16.7 b
Delo	0.1	4.5	4.5 a	4.4 a	4.4 a
Nhel	0.4	13.2	12.9 b	13.4 a	13.4 a
Ngh	1.3	31.1	31.0 a	31.4 a	30.9 a
Nge	20.9	410.2	398.9 b	421.5 a	410.5 a
Pes	0.5	6.5	6.7 a	6.5 a	6.3 a
Ren	1.9	34.1	27.0 c	33.4 b	41.8 a

Alp=Altura de planta (cm), Dfm=Días a floración masculina, Dff=Días a floración femenina, Aft=Área foliar por planta (cm<sup>2</sup>), Dta=Diámetro de tallo (cm), Nho=Número de hojas por planta, Hae=Número de hojas arriba del elote, Epp=Número de elotes por planta, Npp=Nudos por planta, Pho=Peso de hojas (g), Pet=Peso de tallo (g), Peho=Peso de elote con hojas (g), Pesh=Peso de elote sin hojas (g), Lel=Longitud del elote (cm), Delo=Diámetro de elote (cm), Nhel=Número de hileras por elote, Ngh=Número de granos por hilera, Nge=Número de granos por elote, Pes=Peso de espigas (g), Ren=Rendimiento de forraje (t ha<sup>-1</sup>). Dms=Diferencia mínima significativa, abc= Promedios con letras diferentes en hileras son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

### 6.3. Variables de rendimientos de genotipos

La densidad de 83,333 plantas  $\text{ha}^{-1}$  superó en rendimiento de forraje (41.8 t  $\text{ha}^{-1}$ ) a las densidades de 50,000 y 62,500 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Cuadro 7). Al analizar el área foliar considerando interacción entre genotipos y densidades de siembra el híbrido HE-1A17, establecido a 83,333 plantas  $\text{ha}^{-1}$  acumuló la mayor área foliar 4,490.2  $\text{cm}^2$  (Cuadro 8), por lo que es una opción para producir forraje, lo que contribuiría a la alimentación animal en la región de la Baja Cuenca del Papaloapan, donde la producción de ganado bovino para carne, leche o en el sistema de doble propósito es de suma importancia.

Núñez *et al.* (1998). Aluden que el maíz es un forraje con alta productividad, de materia seca, y por lo anterior la mayoría de los productores entre ellos los lecheros ponen gran énfasis en la utilización de los forrajes donde la importancia del forraje en la alimentación animal representa entre un 40 y 60 % del alimento total, así mismo los forrajes generalmente son los ingredientes de menor costo en la alimentación animal.

El híbrido NH5 tuvo la menor área foliar con 2,727.9  $\text{cm}^2$ , presentando una altura de planta de 172.4 cm (Cuadro 6). Camacho *et al.* (1995) aseguró que el rendimiento de grano en maíz aumenta a medida que lo hace el área foliar y el índice de área foliar es consecuencia del área foliar total por planta.

Los principales componentes del rendimiento para forraje como altura de planta, número de hojas por planta, área foliar, número de elotes por planta, peso de brácteas de la planta, peso de tallo, peso del elote con y sin hojas,

longitud y diámetro de elote, así como el rendimiento en forraje presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los diferentes genotipos en estudio (Cuadro 5). Esta variabilidad se atribuye al origen distinto de los genotipos que se estudiaron y al esfuerzo que se ha realizado por parte de productores y mejoradores, en relación con los caracteres descritos. Dichas diferencias fueron más evidentes en el híbrido H-564C, el cual superó en varios de esos caracteres al resto de genotipos incluido el sintético VS-536 (Cuadro 6).

El híbrido H-564C se desarrolló para rendimiento de grano; no obstante, mostró un rendimiento muy aceptable en el trópico húmedo de México por su vigor, convirtiéndose en una opción para la alimentación humana y animal, ya que presenta una calidad nutritiva alta y además es de grano amarillo (Sierra *et al.*, 2008).

En el caso de la variedad sintética VS-536 se estimó un rendimiento en forraje de  $38.8 \text{ t ha}^{-1}$ , que es estadísticamente similar al obtenido con el híbrido H-564C ( $36.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Cuadro 6), superando el rendimiento estatal ( $35.7 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el rendimiento nacional en producción de forraje que se estima en  $24.98 \text{ t ha}^{-1}$  (SIAP, 2016). Los rendimientos más bajos en forraje se tuvieron con los híbridos H-520, NH5 y DK-357. El comportamiento descrito indica la amplia adaptabilidad que ha presentado el sintético VS-536 a las condiciones diversas de lluvia, temperatura y humedad relativa que imperan en los Estados del Sureste Mexicano y que han llevado a ser una opción no solo para producir grano, que es el principal uso que se le da a este genotipo, sino también para producir forraje para alimentar ganado rumiante cárnico y lechero.

Cruz (2013) indicó que las variedades de polinización libre se generan a través de familias y su producto es un compuesto. Los sintéticos, como la variedad VS-536, se forman con líneas parcialmente endogámicas, ambos materiales se pueden utilizar por varios ciclos, siempre y cuando la variedad se aisle de otras. Las variedades sintéticas de maíz son accesibles al agricultor por que no se requiere comprar semilla cada año, por lo que son una alternativa si presentan altos rendimientos, además de que pueden tener un rango de adaptación amplio (UNAD, 2015).

En maíz una práctica para incrementar la producción de forraje verde o grano por hectárea es aumentar la densidad de plantas por unidad de superficie, por lo que la biomasa del cultivo aumentará en relación a la densidad de plantas hasta un límite, y la relación varía entre genotipos (Núñez, 1999; Núñez *et al.*, 2004). Así, el rendimiento en forraje de genotipos, considerando densidades de siembra, indicó que la variedad sintética VS-536 promedió 49.5 t ha<sup>-1</sup> a 83,333 plantas ha<sup>-1</sup> (Cuadro 8). Este rendimiento es adecuado si se considera que Núñez *et al.* (2001) al evaluar maíces en la región norte de México encontraron que la producción de forraje en genotipos precoces e intermedios de origen tropical y templado, bajo riego, y en densidades de siembra de 80 a 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, generaron producciones de forraje de 52.8 a 75.6 t ha<sup>-1</sup> (experimento 1; Media=64.2 t ha<sup>-1</sup>), 38.6 a 48.6 t ha<sup>-1</sup> (experimento 2; Media=43.6 t ha<sup>-1</sup>) y 39.0 a 50.3 t ha<sup>-1</sup> (experimento 3; Media=44.6 t ha<sup>-1</sup>).

Es de destacar que en el presente trabajo de investigación se tuvo la menor producción de forraje con el híbrido DK-357 a 50,000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 8.** Interacción genotipo por densidad GxD de 20 caracteres en maíces con aptitud forrajera. Loma Bonita, Oaxaca. México. Año 2012.

Carácter	NH5			HE-1A17		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
Alp	171.5 b	167.2 b	178.6 a	163.3 b	164.0 b	174.2 a
Dfm	62.3 b	63.8 a	61.7 b	68.0 b	70.0 a	66.3 c
Dff	67.0 b	70.4 a	66.7 b	72.7 b	74.3 a	71.3 c
Aft	2950.2 a	2276.1 b	2957.5 a	2340.3 b	2553.8 b	4490.2 a
Dta	5.7 ab	5.6 b	6.0 a	5.3 a	5.5 a	5.4 a
Nho	10.3 a	10.1 a	10.3 a	9.1 c	9.6 b	10.1 a
Hae	6.8 a	6.9 a	7.1 a	6.4 a	6.1 b	6.4 a
Epp	1.1 a	1.1 a	1.0 b	1.2 a	1.2 a	1.0 b
Npp	10.3 b	10.4 b	10.9 a	9.4 b	9.6 b	10.6 a
Pho	129.9 b	96.2 c	142.6 a	196.7 a	126.5 c	156.4 b
Pet	92.1 a	59.8 b	92.3 a	77.2 a	77.7 a	92.4 a
Peho	295.1 a	227.6 b	295.9 a	246.8 a	248.5 a	283.6 a
Pesh	206.2 a	154.1 c	195.9 b	148.5 a	151.3 a	167.0 a
Lel	17.8 a	14.8 c	16.4 b	16.9 a	16.6 a	17.1 a
Delo	4.8 a	4.1 b	4.8 a	4.1 b	4.1 b	4.3 a
Nhel	13.2 ab	13.1 b	13.5 a	11.9 b	13.2 a	13.7 a
Ngh	29.0 b	37.6 a	28.3b	29.1 a	30.4 a	30.6 a
Nge	380.1 a	361.1 b	382.3a	351.4 b	403.1 a	417.8 a
Pes	6.4 a	4.6 a	6.4b	6.3 a	6.0 a	6.4 a
Ren	26.2 b	24.3 b	44.8a	26.3 b	28.7 b	44.9 a

Alp=Altura de planta (cm), Dfm=Días a floración masculina, Dff=Días a floración femenina, Aft=Área foliar por planta (cm<sup>2</sup>), Dta=Diámetro de tallo (cm), Nho=Número de hojas por planta, Hae=Número de hojas arriba del elote, Epp=Número de elotes por planta, Npp=Nudos por planta, Pho=Peso de hojas (g), Pet=Peso de tallo (g), Peho=Peso de elote con hojas (g), Pesh=Peso de elote sin hojas (g), Lel=Longitud del elote (cm), Delo=Diámetro de elote (cm), Nhel=Número de hileras por elote, Ngh=Número de granos por hilera, Nge=Número de granos por elote, Pes=Peso de espigas (g), Ren=Rendimiento de forraje (t ha<sup>-1</sup>). abc= Promedios con letras diferentes en hileras son estadísticamente diferentes (Tukey, P≤0.05).

**Continuación del Cuadro 8.**

Carácter	VS-536			DK-357		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
Alp	209.9 a	194.5 b	204.7 a	180.0 b	198.7 a	195.8 a
Dfm	68.0 a	66.7 b	64.7 c	68.0 a	64.7 b	61.7 c
Dff	72.7 a	71.7 a	69.3 b	73.3 a	70.0 b	66.7 c
Aft	3475.3 a	2390.0 c	2836.0 b	2212.5 b	3455.5 a	3207.9 a
Dta	5.6 a	4.4 b	5.4 a	4.7 b	5.2 a	4.6 b
Nho	10.8 ab	10.4 b	11.0 a	10.1 b	10.4 ab	10.5 a
Hae	6.7 b	6.7 b	7.1 a	6.2 b	6.7 a	6.5 a
Epp	1.0 b	1.1 a	1.0 a	1.1 a	1.1 a	1.0 b
Npp	12.0 a	11.3 b	12.0 a	10.5 b	10.6 ab	11.1 a
Pho	167.3 a	160.3 a	154.6 a	121.0 b	152.0 a	112.1 b
Pet	132.1 a	133.1 a	127.2 a	76.3 b	97.7 a	73.7 b
Peho	308.4 a	279.9 b	303.7 a	253.9 b	294.6 a	226.0 c
Pesh	192.4 a	174.6 b	188.5 a	178.3 b	212.3 a	167.9 c
Lel	16.8 a	16.3 b	16.4 ab	17.2 a	17.7 a	16.1 b
Delo	4.6 a	4.5 a	4.5 a	4.4 b	4.7 a	4.2 b
Nhel	12.8 a	12.4 b	12.8 a	13.8 b	15.2 a	15.0 a
Ngh	30.7 a	29.0 b	30.3 ab	30.8 b	34.0 a	30.3 b
Nge	391.8 a	360.6 b	387.6 a	422.4 c	516.2 a	449.5 b
Pes	8.3 a	6.7 b	8.3 a	5.3 b	6.5 a	5.1 b
Ren	30.8 c	36.3 b	49.5 a	22.8 b	34.4 a	34.7 a

Alp=Altura de planta (cm), Dfm=Días a floración masculina, Dff=Días a floración femenina, Aft=Área foliar por planta (cm<sup>2</sup>), Dta=Diámetro de tallo (cm), Nho=Número de hojas por planta, Hae=Número de hojas arriba del elote, Epp=Número de elotes por planta, Npp=Nudos por planta, Pho=Peso de hojas (g), Pet=Peso de tallo (g), Peho=Peso de elote con hojas (g), Pesh=Peso de elote sin hojas (g), Lel=Longitud del elote (cm), Delo=Diámetro de elote (cm), Nhel=Número de hileras por elote, Ngh=Número de granos por hilera, Nge=Número de granos por elote, Pes=Peso de espigas (g), Ren=Rendimiento de forraje (t ha<sup>-1</sup>). abc= Promedios con letras diferentes en hileras son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

**Continuación del Cuadro 8.**

Carácter	H-520			H-564C		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
Alp	167.9 b	182.8 a	185.5 a	188.7 a	185.2 a	158.0 b
Dfm	66.5 a	66.6 a	64.3 b	67.0 c	69.7 a	68.7 b
Dff	70.8 a	71.3 a	69.0 b	72.0 b	74.0 a	73.7 a
Aft	2645.9 a	2840.7 a	2911.5 a	4149.0 a	3153.6 b	2064.9 c
Dta	4.9 b	5.4 a	4.7 c	6.0 a	5.8 b	5.0 c
Nho	10.2 b	10.7 a	10.8 a	10.7 a	10.7 a	9.7 b
Hae	6.8 a	6.7 a	6.8 a	7.1 a	7.0 a	6.9 b
Epp	1.1 b	1.3 a	1.0 c	1.4 a	1.3 a	1.1 b
Npp	10.3 b	11.5 a	11.7 a	10.8 b	11.4 a	8.7 c
Pho	131.7 b	157.2 a	130.2 b	184.9 a	191.0 a	111.2 b
Pet	85.3 b	99.0 a	82.5 b	125.2 a	127.7 a	67.8 b
Peho	263.9 b	302.6 a	261.3 b	318.7 a	329.7 a	260.5 b
Pesh	174.7 b	189.2 a	172.1 b	197.6 a	205.8 a	172.3 b
Lel	16.6 a	16.5 a	16.1 a	18.3 a	18.3 a	18.0 a
Delo	4.4 a	4.5 a	4.5 a	4.4 a	4.5 a	4.0 b
Nhel	12.0 a	12.3 a	12.2 a	13.7 a	14.0 a	12.9 b
Ngh	32.6 b	34.1 a	33.0 b	33.8 a	33.5 a	32.7 a
Nge	387.3 b	421.2 a	402.9 b	460.4 a	466.7 a	422.7 b
Pes	5.7 b	7.6 a	6.2 b	8.1 a	7.8 a	5.3 b
Ren	24.3 c	35.4 b	40.0 a	31.8 c	41.0 a	37.0 b

Alp=Altura de planta (cm), Dfm=Días a floración masculina, Dff=Días a floración femenina, Aft=Área foliar por planta (cm<sup>2</sup>), Dta=Diámetro de tallo (cm), Nho=Número de hojas por planta, Hae=Número de hojas arriba del elote, Epp=Número de elotes por planta, Npp=Nudos por planta, Pho=Peso de hojas (g), Pet=Peso de tallo (g), Peho=Peso de elote con hojas (g), Pesh=Peso de elote sin hojas (g), Lel=Longitud del elote (cm), Delo=Diámetro de elote (cm), Nhel=Número de hileras por elote, Ngh=Número de granos por hilera, Nge=Número de granos por elote, Pes=Peso de espigas (g), Ren=Rendimiento de forraje (t ha<sup>-1</sup>). abc= Promedios con letras diferentes en hileras son estadísticamente diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Las densidades de siembra en maíz varían de acuerdo con el objetivo de producción que puede ser grano, forraje o ambos, recomendándose para maíz forrajero una densidad de población óptima de 39,520 a 98,800 plantas por hectárea, ya que el forraje incrementa con la densidad de plantas (Sánchez *et al.*, 2008). El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno, que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie (Reta *et al.*, 2000), y se sabe también que la radiación fotosintéticamente activa en grandes densidades de plantas, al llegar al follaje de esta es mejor aprovechada por el cultivo (Tinoco *et al.*, 2008).

Al analizar el efecto de la densidad de siembra en promedio de genotipos (Cuadro 7) se encontró que en la densidad de 83,333 plantas por hectárea se generó una mayor precocidad, reflejándose en el número de días a floración masculina y femenina, aumento en el área foliar por planta, número de nudos por planta, número de granos por elote y rendimiento en forraje por hectárea.

En caracteres de producción de forraje, como peso de hojas de la planta, peso de tallos, peso del elote con hoja (brácteas), peso del elote sin hojas, largo del elote, número de granos por hilera y peso de espigas se vieron favorecidos en la densidad de siembra de 50,000 plantas por hectárea (Cuadro 7). Esto se debe al tipo de híbrido y variedad sintética, utilizada en cada densidad de plantación establecida.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. Conclusiones

Se encontró que existieron diferencias estadísticas significativas para seis genotipos de maíz en veinte caracteres de crecimiento y rendimiento estudiados, siendo caracteres importantes altura de planta, área foliar, floración masculina y femenina, número de elotes por planta, longitud y diámetro de elote y rendimiento de forraje por hectárea.

En promedio de tres densidades de siembra los genotipos VS-536 (38.8 t ha<sup>-1</sup>) y H-564C (36.6 t ha<sup>-1</sup>) establecidos en condiciones de clima y suelo de Loma Bonita, Oaxaca fueron los que acumularon la mayor producción de forraje.

La densidad de siembra de 83,333 plantas generó el mayor rendimiento en forraje que fue de 41.8 t ha<sup>-1</sup> superando a las densidades de 50,000 y 62,500 plantas por hectárea.

Considerando la interacción de genotipo por densidad, se observó una alta producción de biomasa verde en la variedad sintética VS-536 (49.5 t ha<sup>-1</sup>) establecida a 83,333 plantas por hectárea.

## **7.2. Recomendaciones**

Se recomienda realizar experimentos con un mayor número de genotipos de maíz en diferentes condiciones de clima (temperatura, precipitación) y suelo no solo en los agostaderos de zonas bajas, sino también en terrenos contrastantes de la baja Cuenca del Papaloapan, con el objetivo de ofrecer al productor una estimación más precisa de los genotipos de maíz que aporten un mayor rendimiento en forraje en las condiciones que imperan en esta región.

Es deseable efectuar un análisis de la calidad nutritiva (contenido de proteínas, carbohidratos, fibra, cenizas) del forraje cosechado, para identificar su impacto en la nutrición de los animales que se alimentaran con este forraje.

## 8. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos Tropicales* 30(2):113-120.
- Arbués O., A. 2011. Efecto de heladas en post-floración del maíz, en la producción y calidad de la cosecha. Tesis de Maestría en Ciencias en Agrobiología Ambiental. Universidad Pública de Navarra, España. 107 p.
- Bermedo, J. y Janh, E. 2008. Nueva metodología de evaluación; maíz para ensilaje selección de híbridos. Informativo agropecuario bioleche- LNIA (Chile). 52-54.
- Bragachini M., Cattani P., Gallardo M., Peiretti J. 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Manual técnico No. 6. Córdoba, Argentina. 325 p.
- Calderón N. J. F. 2012. Estudio de catalizadores alcalinos para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal comestible residual. Escuela superior de ingeniería química e industrias extractivas. Tesis México D.F. 11 p.
- Camacho, R. G., Garrido, O; Lima, M. G. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Scientia Agrícola*, Piracicaba 52(2):294-298.

- Chávez. A. J. L. 1995. Mejoramiento de plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México, D. F. 136 p.
- Crowley, J.G. 1998. Improving yield and quality of forage maize. Crops Research Centre Oak Part, Carlow. Teagasc, 19 Sandymount Avenue, Dublin 4. Ireland. 10 p.
- Cruz N, O. F. 2013. El cultivo de maíz, Manual para el cultivo de maíz en Honduras. Programa Nacional de Maíz-DICTA, Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Tegucigalpa, Honduras. 27 p.
- Darby, H. M. y Laurer J. G. 2002. Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agron. J.* 94:559-566.
- Doebley, J. 1990. Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35(2): 143-150.
- Dwyer, L. M., Stewart, D. W. 1986. Leaf area development in field-grown maize. *Agronomy Journal* 78(2):334-343.
- Elizondo J, Boschini C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*. 13:13-17.
- FAM (Fuerza Aérea Mexicana). 2015. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Escuela militar de mantenimiento número 29. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- Flores L. H. E. y Ruiz C. J. A. 1998. Estimación de la humedad del suelo para maíz de temporal mediante un balance hídrico. *Terra* 16(3):219-229.

- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 91 p.
- García A, J. L. 2008. Tecnología para la producción de maíz en la región Papaloapan. Agroproduce. Fundación Produce Oaxaca A. C. p. 21-22.
- GBIF (The Global Biodiversity Information Facility). Backbone taxonomy. 2013. Disponible en [http://zipcodezoo.com/index.php7zea\\_mays](http://zipcodezoo.com/index.php7zea_mays). Consultado el 9 de diciembre del 2015.
- González V. F., Krauze E. 1996. La cocina Mexicana a través de los siglos. Colección Clío México a través de los siglos tomo 1 University of Texas. Pag. 64.
- González A., S.; Brugués R., A. 2010. Producción de biocombustibles con maíz: un análisis de bienestar en México. *Ra Ximhai* 6:73-85.
- Gorosito, R. 2006. La historia del nuevo maíz para silaje disponible en: [http://www.Produccionbovina.com/producción\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_en\\_silaje/39-maiz\\_para\\_silaje](http://www.Produccionbovina.com/producción_y_manejo_reservas/reservas_en_silaje/39-maiz_para_silaje). Pdf. Consultado el 8 de enero de 2015.
- Hereford B. S. 2010. Maíz para ensilaje. Artículo sitio argentino de producción animal. 75(650): 80-83.
- Herum, F. L. 1987. Harvesting and postharvest management. En S.A. Watson y P.E. Ramstad, eds. *Corn. Chemistry and technology*; p. 83-123. St Paul, Minn., EE.UU. Am. Assoc. Cereal Chem.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2008. Productos y servicios. Informe final comité calificador de variedades de planta primavera-verano 2008. Centro de Investigación Regional Sureste Campo Experimental Mocochoá. Sitio Experimental Uxmal, Yucatán, México. pp. 78-92.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2012. Página oficial de INIFAP. Disponible en: <http://www.inifap.gob.mx/sitepages/default.aspx>. Consultado el 12 de marzo de 2015.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias). 2015. Página oficial de INIFAP. Disponible en: <http://www.siac.org.mx/tecno/9000.pdf>. Consultado el 12 de noviembre de 2015.

Kato, T. A., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A. y Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 119 p.

Lauer J., Coors, J., Shaver R. 2001. What's coming down the pike in corn genetics? value added corn silage - Brown midrib, waxy high-oil and others. Published in: proceedings, 31<sup>st</sup> California alfalfa and forage symposium, 12-13 December 2001, Modesto CA. UC. Cooperative Extensión, University of California, Davis, USA. 159-172 pp.

- Lleleme C. T. 2010. Producción de 18 híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilaje en el área de riego del llano central de la región de la Araucanía. Tesis Universidad de la frontera facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Temuco, Chile. 38 p.
- López O. J. M., Montoya C. M. G., 2016. Uso de maíz forrajero en la alimentación de ganado de doble propósito en el estado de Chiapas. Tesis. Instituto de estudios superiores de Chiapas. Universidad de Salazar. Tuxtla Gutiérrez Chiapas. 12 p.
- Núñez H., G. 1999. Manejo de la densidad de plantas en maíz para ensilaje. En: Componentes tecnológicos para la producción de ensilados de maíz y sorgo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Campo Experimental La Laguna. Gregorio Núñez Hernández, Fco. Eduardo Contreras G, Rodolfo Faz Contreras y Rolando Herrera y Saldaña (eds). 52 p.
- Núñez H. G., Faz R.C., Tovar G. M. R., Zavala G. A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. Técnica Pecuaria en México 39(2):77-88.
- Núñez, H.G., F. Contreras y R. Faz. 1998. Producción de maíz para ensilaje de alto valor energético y su impacto en la producción de leche. Memorias de la iv conferencias internacionales sobre nutrición y manejo. Grupo LALA. 32-14.

Núñez, H.G., F. Contreras y R. Faz. 2004. Producción, composición química y digestibilidad in vitro de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México. *Avances en investigación agropecuaria* 8:1-9.

OCDE/FAO. 2013. OCDE-FAO Perspectivas agrícolas 2013-2022. Texcoco Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/018/i3307s/i3307s.pdf>. Consultado el 16 de septiembre del 2015.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2006. Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuels. Committee for agriculture. Disponible en: <http://www.oecd.org/dataoecd/39/19/40556222.pdf>. agricultural prices and biofuels 50-55. Consultado el 23 de agosto de 2016.

Ortiz T. E., López P. A., Gil M. A., Guerrero R. J. D., López S. H., Taboada G. O., Hernández G. J. A. Valadez R. M. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo serie horticultura* 19(2): 225-238.

Ospina R., J. G. 2015. Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Medellín, Colombia. 150 p.

Paliwal, R. L. 2001. Morfología del maíz tropical. En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée J. P. (Eds.). *El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción*. Colección FAO: Producción y

Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 13-19.

PIONEER. 2010. Página oficial de PIONEER. Disponible en <http://www.pioneer.com/web/site/mexico/acercadenosotros/historia> consultado el 28 de enero del 2016.

Red mexicana de bioenergía. 2006. La bioenergía en México. Disponible en: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/libro-blanco-bioenergia-2006.pdf> consultado el 24 de septiembre del 2016.

Reeves, R. G. y Mangelsdorf, P. C. 1942. A proposed taxonomic change in the tribe Maydeae. Am. J. Bot., 29(10): 815-817.

Reta S. D. G., Mascorro G. A., Carrillo A. J. S. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana 23:37-48.

Romero L. A. 2004. Silaje de maíz. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: <http://www.produccionbovina.com.ar/produccionymanejoreservas/reservasensilajes/05.silajemaiz.htm>. Consultado el 10 de enero de 2015.

Rose D. J, Inglett G. E., Liu S. X. 2010. Utilization of corn (*Zea mays*) bran and corn fiber in the production of food components. This article is a US Government work and is in the public domain in the USA. 10 p.

SACSA (Servicios Agropecuarios de la Costa S.A. de C.V.). 2015. Diferentes partes de una planta de maíz. Disponible en: <http://www.gruposacsa.com.mx/diferentes-partes-de-una-planta-de-maiz/>. Consultado el 19 de septiembre de 2016.

SAGARPA (Secretaria de Agricultura Ganadera de Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2014. Cierre de la producción agrícola por Estado. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Consultado el 17 de febrero de 2015.

Sánchez H, M. A., Valenzuela J. N., Aguilar M. C. U., Jiménez R. M. C., Sánchez H. C., Hernández B. J., Joaquín T B. M. 2008. Rendimiento de maíces forrajeros en Loma Bonita, Oaxaca, México. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Sánchez O. I., Pérez U. C. E. 2014. Maíz I. (*Zea mays*). Revista Reduca (Biológica). Serie Botánica 7(2):151:171.

SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT® 9.22. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc., Cary NC, USA. 8444 p. Disponible en <http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/PDF/default/statug.pdf>. Consultado mayo de 2016.

SEBAMEX (Servicios Bioenergéticos y Agroforestales de México, S.A. de C.V.). 2015. Semillas agrícolas VS-536. Disponible en: <http://www.sebamex>.

com.mx/semagricolas.html#.VNpcCOaG9ic. Consultado el 10 de febrero del 2015.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Agricultura. Producción anual. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual>. Consultado el 10 de abril del 2016).

Sierra, M. M., Becerra L., E. N., Palafox C. A., Rodríguez M. F., Espinosa C. A., Valdivia B. R. 2010. Tropical corn (*Zea mays* L.) genotypes with high yield and tolerance to corn stunt disease in the Gulf of Mexico region. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:485-493.

Sierra M. M., Palafox, C. A., Rodríguez, M. F., Espinosa C. A., Gómez, M. N., Caballero, H. F., Barrón, F. S., Zambada M. A., Vásquez, C. G. 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 34:119-122.

Sierra M., Palafox A., Cano O., Uribe S., Becerra N. E., Lara D., Barrón S., Rodríguez F., Romero J., Sandoval A. 2002. Comportamiento de variedades de maíz normal y con alta calidad de proteína para la región Golfo de México. *Revista Agronomía Mesoamericana* 14(2):135-141.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2016. Disponible en: <http://http://smn.cna.gob.mx/es/>. Consultado el 12 de septiembre del 2016.

Tanaka, A; Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 120 p.

- Tinoco A., C. A., Ramírez F. A., Villareal F. E., Ruiz C. A. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México* 34(3):271-278.
- Tosquy, O., Sierra M., Rodríguez F., Castillo R., Ortiz J., Tinoco C., Sandoval A., Uribe S. 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruzado H-512 en el Estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6:93-97.
- Tucuch C., C. A., Rodríguez H. S. A., Reyes V. M. H., Fernández J. M., Tucuch C. F. M., Córdova O. H. S. 2011. Índices de Selección para producción de maíz forrajero. *Rev. Agronomía Mesoamericana* 22(1):123-132.
- UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia). 2015. Selección en Variedad Sintética. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30162/Curso\\_de\\_Fitomejoramiento/leccin\\_41\\_\\_seleccin\\_en\\_variedades\\_sintticas.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30162/Curso_de_Fitomejoramiento/leccin_41__seleccin_en_variedades_sintticas.html). Consultado el 9 de diciembre de 2015.
- USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos). 2016. Producción mundial maíz 2016/2017. Disponible en <https://www.produccionmundialmaiz.com/> Consultado el 25 de octubre del 2016.
- Van L. E., Regueiro M., 2008. Digestión en retículo-rumen. Facultad de Agronomía Universidad de la República. Departamento de producción animal y pasturas curso de anatomía y fisiología animal. Montevideo, Uruguay. 28 p.

Violic, A. D. 2001. Manejo integrado de cultivos. En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H.R.; Violic, A. D, y Marathée J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 247-290.

## 9. APÉNDICE



**Figura 1.** Establecimiento de seis genotipos de maíz en tres densidades de siembra para evaluar su rendimiento en forraje. Loma Bonita, Oaxaca, México.



**Figura 2.** Momento óptimo para cuantificar inflorescencias masculinas en híbridos y variedad sintética de maíz.



**Figura 3.** Momento óptimo para cuantificar días a floración femenina (jilote) en el cultivo de maíz.



**Figura 4.** Determinación de la altura de planta (cm) en maíz al momento de realizar la cosecha. Loma Bonita, Oaxaca, México.



**Figura 5.** Separación de tallos, hojas, elote y espigas para su cuantificación por separado en la planta de maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.



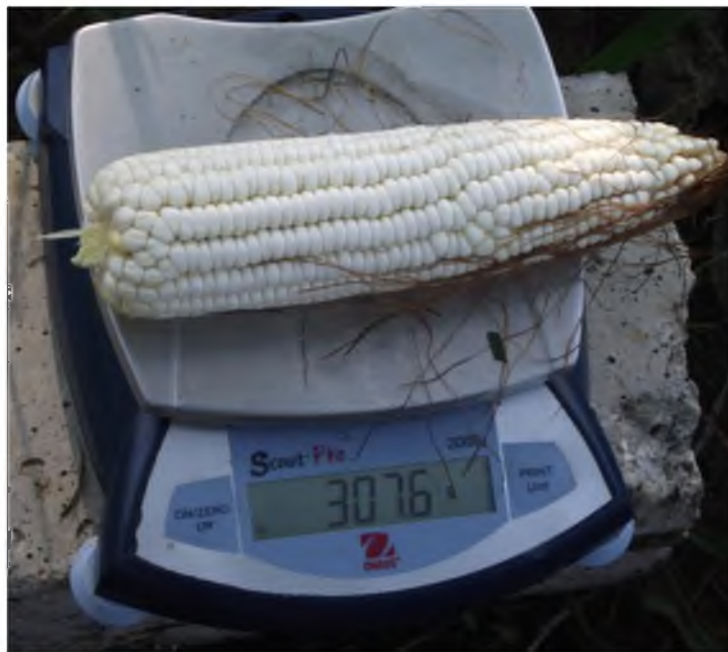
**Figura 6.** Obtención de variable peso de hojas en maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.



**Figura 7.** Obtención de variable peso de tallos en maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.



**Figura 8.** Peso de elote con brácteas. Loma Bonita, Oaxaca, México.



**Figura 9.** Peso de elote sin brácteas. Loma Bonita, Oaxaca, México.



**Figura 10.** Forraje verde de maíz, pesaje por parcela experimental.



**Figura 11.** Ensilaje de maíz para alimentación de ganado rumiante.