



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍCES HÍBRIDOS DEL
TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO**

TESIS PROFESIONAL

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

PRESENTA:

JUAN BENEDICTO JIMÉNEZ MAYA

DIRECTOR DE TESIS

DR. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, MAYO DEL 2015





UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LA PRESENTE TESIS TITULADA “**RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍCES HÍBRIDOS DEL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO**” PRESENTADA POR EL PASANTE JUAN BENEDICTO JIMÉNEZ MAYA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL DR. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, HA SIDO ACEPTADA Y REVISADA POR EL JURADO EXAMINADOR INDICADO PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

DR. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ
DIRECTOR

DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES
ASESOR

M.C. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ
ASESOR

M.C. JOSÉ ÁNGEL RUEDA BARRIENTOS
ASESOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO. MAYO DEL 2015

DEDICATORIA

A **Dios**, que me ha dado todo lo que tengo y todo lo que soy, además por darme fuerza de voluntad y capacidad en mis estudios.

A la memoria de mi **Padre y Madre**, Eleazar Jiménez Cortes † y Melesia Maya Figueroa † (Q.P.D), aunque sé que no estuvieron conmigo en este duro camino, pero desde el cielo me cuidan. Durante su hermosa vida me demostraron cariño, amor y caminar siempre con humildad con la frente en alto, sus enseñanzas y ejemplo de vida que prevalecerán en mí para ser mejor en lo personal y profesional. *“los llevaré siempre en mi corazón”*.

A mis **hermanos y hermanas**: Faustino, Vitalico, Demetrio, Ignacia, Pablo, David, Luisa Livia y Felicitos Jiménez Maya, gracias por todo su amor y apoyo.

A todos mis **sobrinos**, para crear en ellos el deseo de la superación constante.

A mi primo **Odón Martínez**, por sus sabios consejos de motivación personal y ser una fuente de inspiración.

A **Dalia**, muchas gracias por caminar junto a mí en esta etapa de la vida, por tus brazos y consejos cuando más lo necesitaba, por escucharme y entenderme aunque no tuviera la razón, por todos los momentos que hemos pasado juntos. Gracias por ser mi amiga, mi confidente y sobre todo mi novia, eres una persona maravillosa y doy gracias a la vida el haberte conocido. *TE AMO*, y tú sabes cuánto.

A mis grandes **amigos**, que siempre están ahí para enfrentar los problemas en la vida y en lo profesional **Andrés, Guadalupe, Aldo Abraham, Juan, Nemesio, Rochel** y a todos mis amigos de la generación UNPA 2009-2014.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad del Papaloapan (Campus Loma Bonita)** por haberme aceptado como alumno en la Licenciatura en Zootecnia y permitirme acceder a una mayor capacitación profesional.

Al **DR. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ**, por brindarme la oportunidad de hacer investigación bajo su dirección, además por todo el apoyo incondicional en todo momento durante mi formación; el cual lo hace ser un gran amigo más que el haber sido mi consejero.

Al **Dr. Bertín Maurilio Joaquín Torres, M.C. Nicolás Valenzuela Jiménez, M.C. José Ángel Rueda Barrientos** por la acertada revisión y enriquecimiento de este escrito y que, gracias a sus sugerencias y consejos, mi formación se consolidó.

A todos los **profesores de la Universidad del Papaloapan (Campus Loma Bonita)**, por sus enseñanzas e instrucciones en el aula de clases, ya que gracias a sus orientaciones y enseñanzas mi formación y objetivo se consolidó con éxito.

ÍNDICE	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	<i>i</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>ii</i>
ÍNDICE DEL APÉNDICE	<i>iii</i>
RESUMEN	<i>iv</i>
ABSTRACT	<i>vi</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivo particular	4
3. HIPÓTESIS	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Origen del maíz	6
4.2. Rendimiento de grano de maíz	7
4.3. Características botánicas y agronómicas del maíz	8
4.4. Importancia de la producción de maíz en el mundo y México	9
4.5. Usos del maíz	11
4.5.1. Producción de etanol	11
4.5.2. Producción de biodiesel	13
4.6. Estructura y características del grano de maíz	14
4.7. Composición química del grano de maíz	14
4.8. Genotipos de maíz utilizados en el trópico húmedo de México	15
4.8.1. H520	15
4.8.2. H564C	15
4.8.3. HE1A17	15

4.8.4. NH5	16
4.8.5. VS536	16
4.8.6. DK357	16
4.8.7. H518	17
4.8.8. V537C	17
4.8.9. H565	17
4.9. Densidad y distancias de siembra	18
4.10. Ventajas y desventajas del uso de híbridos de maíz	19
4.11. Factores que afectan y determinan la producción de grano	20
4.11.1. Sequía	20
4.11.2. Temperatura	20
4.11.3. Inundación	21
5. MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1. Localización del experimento	23
5.2. Material genético	23
5.3. Tratamientos y diseño experimental	23
5.4. Desarrollo del experimento	24
5.5. Variables evaluadas	26
5.5.1. Altura de la planta	26
5.5.2. Días a floración masculina	26
5.5.3. Días a floración femenina	27
5.5.4. Peso de mazorca	27
5.5.5. Longitud de mazorca	27
5.5.6. Diámetro de mazorca	27
5.5.7. Área foliar total por planta	27

5.5.8. Peso de hoja	27
5.5.9. Número de hileras por mazorca	27
5.5.10. Número de granos por hilera	27
5.5.11. Número de granos por mazorca	28
5.5.12. Peso de cien granos	28
5.5.13. Peso de olote sin grano	28
5.5.14. Largo de olote	28
5.5.15. Diámetro de olote	28
5.5.16. Rendimiento de grano	28
5.5.17. Rendimiento de hoja seca (brácteas de mazorca)	28
5.6. Análisis estadístico	29
5.7. Modelo estadístico	29
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
6.1. Análisis de varianza	30
6.2. Crecimiento de genotipos	32
6.3. Rendimiento de genotipos	39
6.4. Fenología y elementos del clima	42
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
8. LITERATURA CITADA	45
9. APÉNDICE	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Distribución en campo de seis genotipos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) evaluados en el experimento, en tres densidades de siembra. Loma Bonita, Oaxaca. Años 2012-2013	24
2	Análisis de suelo de la parcela donde se realizó el estudio de seis genotipos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) y tres densidades de siembra. Loma Bonita, Oaxaca, México	25
3	Cuadrados medios de 17 caracteres en maíces híbridos. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013	31
4	Prueba de comparación de medias para 17 caracteres, en tres densidades de siembra, en maíces híbridos adaptados a trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013	33
5	Rendimiento de grano de genotipos de maíz en tres densidades de siembra para 17 caracteres. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013	36
6	Interacción genotipo por densidad de 17 caracteres en maíces híbridos adaptados a trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Puntos de muestreo de suelo para análisis de fertilidad en laboratorio. Loma Bonita, Oaxaca, México	25
2	Temperatura máxima y mínima (°C), humedad relativa (%) y precipitación mensual (mm) durante el ciclo del cultivo del maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013 .	43

ÍNDICE DEL APÉNDICE

FIGURA		PÁGINA
1A	Distribución en campo de seis genotipos de maíz en tres densidades de siembra y tres repeticiones. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013	59
2A	Floración femenina en maíz	59
3A	Obtención de la variable longitud de mazorca (cm)	60
4A	Obtención de la variable peso de mazorca (g)	60
5A	Obtención de la variable diámetro de mazorca (cm)	61
6A	Obtención de la variable altura de planta (cm)	61
7A	Rendimiento de grano de genotipos de maíz (kg ha ⁻¹)	62

RESUMEN

Se realizó un estudio de seis genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con el objetivo de evaluar e identificar el potencial de producción de grano y hoja seca (brácteas de mazorca), bajo tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹). El ensayo se efectuó en la Universidad del Papaloapan *Campus* Loma Bonita, Oaxaca. Los genotipos utilizados fueron: DK357, HE1A17, H520, NH5, H564C y la variedad sintética VS536. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. El tamaño de cada parcela experimental fue de 12.8 m². Las variables estudiadas fueron: rendimiento de grano (kg ha⁻¹), altura de la planta (cm), días a floración masculina, días a floración femenina, área foliar total por planta (cm²), peso de mazorca (g), longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), peso de hoja (g), número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, número de granos por mazorca, peso de cien granos (g), peso de olote sin grano (g), largo del olote (cm), diámetro del olote (cm) y rendimiento de hoja seca (brácteas de mazorca) (kg ha⁻¹). Se realizó un análisis de varianza para genotipos, densidades, repeticiones y la interacción genotipos por densidades, además de una prueba de comparación de medias por Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas entre genotipos, densidades y repeticiones. Se encontró que el híbrido H520 produjo el mayor rendimiento de grano con un valor de 5,993.3 kg ha⁻¹ superando a la variedad sintética VS536, la cual tuvo un promedio de 4,974.1 kg ha⁻¹. Se observó que la interacción genotipo por

densidad fue significativa ($P \leq 0.05$), donde el mayor rendimiento de grano se obtuvo con 83,333 plantas ha^{-1} en el genotipo DK357. Se concluye que los rendimientos más altos en grano se registraron con los híbridos H520 y DK357 y los más bajos se presentaron en el híbrido HE1A17. Para rendimiento de hoja seca sobresalió la variedad sintética VS536 y el híbrido H520.

Palabras claves: *Zea mays* L, Genotipos, Densidad de plantas, Híbrido.

ABSTRACT

Six maize (*Zea mays* L.) genotypes were studied to evaluate for grain and leaf production, under three plant densities (50,000; 62,500 and 83,333 plants ha⁻¹). The assay was carried out at the University of Papaloapan *Campus* Loma Bonita, Oaxaca. Genotypes used were: DK357, HE1A17, H520, NH5, H564C and the synthetic variety VS536. Experimental design consisted of a randomized blocks. Each experimental plot was 12.8 m². Variables studied were: grain yield (kg ha⁻¹), plant height (cm), days to male flowering, days to silking, total leaf area per plant (cm²), ear weight (g), ear length (cm), diameter of ear (cm), leaf weight (g), number of rows per ear, number of grains per row, number of grains per ear, weight of a hundred grains (g), weight of cob without grain (g), cob length (cm), cob diameter (cm) and of dry leaf yield (kg ha⁻¹). An analysis of variance was performed for genotypes, densities, and genotypes by densities interaction. In addition, a Tukey test for pairwise comparison was run ($P \leq 0.05$). There were significant differences among genotypes, densities. The hybrid H520 produced the highest grain yield (5,993.3 kg ha⁻¹) above the synthetic variety VS536, (4,974.1 kg ha⁻¹). Interaction genotype by density was significant ($P \leq 0.05$), where the highest grain yield was obtained with 83,333 plants ha⁻¹ in genotype DK357. It is concluded that the highest grain yield was recorded for the hybrids H520 and DK357 and the lowest were shown for the hybrid HE1A17. The synthetic variety VS536 and hybrid H520 showed higher leaf yield than anyone else.

Key words: *Zea mays* L, Genotypes, Plant density, Hybrid.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz es originario de México y Centroamérica (Elizondo y Boschini, 2002), se utiliza para consumo humano, con 209.8 kg de consumo per cápita en México (Sierra *et al.*, 2010), y en alimentación animal como grano o forraje por su producción de biomasa aérea con un rendimiento de 35 a 95 t ha⁻¹ (Castillo *et al.*, 2009). El maíz es uno de los cultivos más importantes en el mundo por la superficie cultivada. En México, en el año 2014 se establecieron 7.48 millones de hectáreas de maíz para grano (SIAP, 2014). En el área tropical húmeda de México se siembra anualmente una superficie de 2.5 millones de hectáreas (Sierra *et al.*, 2004).

Aragón *et al.* (2005), reportaron que en el Estado de Oaxaca, 80 % del área total sembrada con maíz corresponde a variedades locales adaptadas a las diferentes regiones agrícolas, las que presentan en promedio un rendimiento en grano de 1.4 a 2.2 t ha⁻¹.

El rendimiento promedio en grano del maíz en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, es de 2.8 t ha⁻¹ (SIAP, 2014).

La región del Papaloapan, localizada entre Oaxaca y Veracruz, es una zona de trópico húmedo en la que el 95 % de productores son tradicionales (Vilaboa *et al.*, 2009), los cuales siembran variedades de maíz de polinización libre, de las que el productor cosecha en promedio 2.27 t ha⁻¹ de grano y el forraje ocasionalmente se ensila para alimentar al ganado en época de sequía (Sánchez *et al.*, 2008). A pesar de los beneficios que aporta el cultivo, los

ganaderos no cuentan con genotipos especializados en producción de grano o forraje. La producción de maíz se ve afectada por plagas, enfermedades, malezas, acidez del suelo y la fertilización; así como por la edad de corte y la densidad de siembra. Lo que incide directamente en los componentes del rendimiento (Elizondo y Boschini, 2002).

El rendimiento promedio en grano del maíz en México es de 3.75 t ha⁻¹ (SIAP, 2013). Aproximadamente en el 80 % de la superficie cultivada, se siembran semillas nativas que los productores conservan y seleccionan en cada generación, por tal razón la diversidad genética del maíz se encuentra en manos de los campesinos mexicanos (Castillo *et al.*, 2000).

Según Lauer *et al.* (2001), el mejoramiento genético para aumentar el rendimiento en grano por hectárea ha propiciado incrementos en producción de materia seca (MS) total, parte vegetativa y grano, en 1.4, 0.7 y 2.4 t MS ha⁻¹, respectivamente.

Los híbridos de maíz que se utilizan en México se han desarrollado para la producción de grano, los progenitores muestran diferencias en altura de planta y duración del ciclo biológico, entre otras características (Núñez *et al.*, 2003). A nivel nacional, sólo 20 % de la superficie sembrada con maíz se cultiva con híbridos o variedades registradas de polinización libre (Nadal, 2000).

En México, aún no se han desarrollado variedades para aumentar la producción y la calidad forrajera, ya que sólo se han seleccionado para rendimiento en grano (Peña *et al.*, 2004), formándose híbridos que podrían superar a los criollos tanto en el rendimiento de diversos componentes

vegetativos y reproductivos, como en la calidad de grano (González *et al.*, 2008).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Estimar de manera cuantitativa el rendimiento de grano y la magnitud de los principales componentes del rendimiento de híbridos de maíz producidos en Loma Bonita, Oaxaca, México.

2.2. Objetivo particular

Determinar el rendimiento en grano y hojas (brácteas de la mazorca) de cinco genotipos híbridos de maíz y compararlos con la variedad sintética VS536, cultivada de manera frecuente en la región de la baja cuenca del Papaloapan.

3. HIPÓTESIS

Los híbridos comerciales de maíz son superiores en rendimiento de grano a las variedades sintéticas que se siembran en la región del Papaloapan, aun considerando un manejo agronómico similar, el cual no incrementa los costos de producción actuales.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen del maíz

México es el centro del origen y diversidad del maíz. Se han identificado cerca de 56 razas bien definidas (morfológica y genéticamente distintas), en muchas de las cuales hay un sin número de variedades de los productores (Beadle, 1939; Wellhausen *et al.*, 1952; Hernández y Alanís, 1970; Ortega y Sánchez, 1989; Piperno y Flannery, 2001; Matsuoka *et al.*, 2002; Ortega, 2003; Lazos y Chauvet, 2011).

El maíz, tiene su origen en México y actualmente se cultiva en todo el mundo. Es una planta anual, con un ciclo vegetativo de 120 a 150 días dependiendo de la altitud (Elizondo y Boschini, 2001), normalmente alcanza una altura entre 2 y 5 m. Prospera desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm, aunque su mayor distribución va desde el nivel del mar hasta los 2,500 m, donde registra rendimientos de forraje de 35 a 95 t ha⁻¹. La temperatura óptima de crecimiento es de 25 a 30 °C (CEDAF, 1998).

Los análisis morfológicos en maíz han confirmado que las estructuras que más contribuyen en la variación morfológica son la espiga, la mazorca y el grano (Camacho y Chávez, 2004). Existe gran variabilidad en caracteres morfológicos, tanto entre razas como dentro de ellas. Aunque ciertas poblaciones tienen niveles bajos de diversidad, aparentemente por tratarse de variedades para usos especiales (Sánchez *et al.*, 2000).

4.2. Rendimiento de grano de maíz

El rendimiento de grano por hectárea se calcula con base en el rendimiento por parcela, al multiplicar el peso de grano de las mazorcas cosechadas en la parcela útil, por su respectivo factor de superficie y ajustar al 15 % de humedad (Mejía y Molina, 1999).

Las prácticas de manejo agronómico tienen un papel importante en la determinación del rendimiento final en el cultivo de maíz, como lo es la fecha de siembra, porque puede modificar sensiblemente la duración del ciclo de producción y la capacidad de captura de radiación solar; esto impacta la producción de materia seca y el rendimiento de grano (Espinoza *et al.*, 2004).

La densidad de población también incide en el desarrollo vegetativo y reproductivo del maíz, que a su vez influyen directamente en el uso de los recursos, que incluye los niveles de captura y utilización de la radiación solar, agua y nutrientes (Escalante, 2001; Delgado *et al.*, 2014). Otro factor importante que influye en el rendimiento de grano es la disponibilidad de nitrógeno, cuyo aporte en condiciones de deficiencia mejora el crecimiento foliar y aumenta la cantidad de radiación interceptada por el cultivo, lo que mejora la tasa de crecimiento en el periodo cercano a la floración (Subedi y Ma, 2005).

Es conveniente estudiar la respuesta de los atributos ecofisiológicos que determinan el rendimiento de grano ante las variaciones ambientales, para identificar las mejores prácticas de manejo y optimizar el uso de los recursos en una localidad o región (Escalante, 2001; Delgado *et al.*, 2014).

4.3. Características botánicas y agronómicas del maíz

El maíz es una planta espermatofita monocárpica anual porque sólo florece una vez en su ciclo vegetativo. Presenta raíces fibrosas de tipo seminal, adventicias y de anclaje. Las raíces seminales nutren a la planta durante los primeros estadios de desarrollo. Posteriormente, a partir de los nudos basales (corona) crecen raíces adventicias permanentes por debajo del nivel del suelo, al finalizar la floración masculina de los primeros nudos por encima del suelo brotan verticilos radicales que penetran en el suelo y que conforman el sistema radicular de anclaje. Los tallos presentan nudos y entrenudos bien marcados. El tallo es más grueso en la base de los nudos, donde se encuentra el tejido meristemático responsable del crecimiento en longitud (Corcuera, 2012).

La hoja del maíz presenta varias modificaciones: cotiledón, coleoptilo, hojas de follaje, brácteas de las inflorescencias. La vaina de la hoja está adherida al nudo y envuelve al entrenudo, es entera en su parte inferior pero hendida en su porción superior. La vaina de un nudo se sobrepone con la del siguiente. La lámina es continua con la vaina, es una estructura delgada, lanceolada y terminada en un ápice agudo (Corcuera, 2012).

En el maíz existen flores estaminadas y pistiladas, ubicadas en diferentes lugares de la planta. Las flores estaminadas se encuentran dispuestas en pares de ramas de la espiga. Las flores pistiladas (femeninas) se encuentran en una inflorescencia con soporte central, cubierto de brácteas foliares. El fruto es una cariósida, la cubierta de la semilla está fuertemente adherida al pericarpio (CEDAF, 1998).

Herrera *et al.* (2000), señalaron que los caracteres varían en función de cambios ambientales, siendo las estructuras femeninas y masculinas las menos susceptibles a esos cambios y las de mayor relevancia como criterios de clasificación. Los caracteres morfológicos han sido empleados ampliamente en los análisis de diversidad debido a que no requieren de equipo sofisticado o procedimientos previos. No solo se han empleado para caracterizar el cultivo de maíz, sino también para otros cultivos de importancia en México.

La diversidad se estima con base en la medición de algunos caracteres fenotípicos (caracteres reproductivos de la planta, inflorescencia o mazorca) fisiológicos o fenológicos. Esta diversidad es una medición indirecta de la diversidad genética, pues su expresión está influenciada frecuentemente por factores ambientales y depende del estado de desarrollo de la planta (Alvarado, 2010).

4.4. Importancia de la producción de maíz en el mundo y México

Sánchez *et al.* (1998), señalaron que entre los cereales, el maíz es el cultivo más dinámico a nivel mundial en cuanto a sus usos. Sostienen que considerando el consumo humano, industrial y forrajero se puede encontrar una amplia gama de usos. De esta manera el 22 % del volumen de grano de maíz producido en el mundo se destina a consumo humano y 63 % a consumo animal (CIMMYT, 2006). En México de las 19.1 millones de toneladas de maíz que se producen anualmente, el 55 % se destina a consumo humano, el 33 % al sector pecuario (especialmente para la alimentación de pollo y cerdo), el 8 %

a la industria y el 1 % a semilla; el resto lo constituyen las mermas (Polanco y Flores, 2008).

Barros y Buenrostro (1997) consideran que la planta de maíz tiene uso integral; así, mientras el elote se usa para alimento, el grano se consume en forma de alimentos o productos industrializados; las hojas secas de la mazorca o totomoxtle para envoltura de tamales o elaboración de artesanías (Esteva, 2003; Kato *et al.*, 2009); el olote como combustible o materia prima de productos industrializados; de igual manera el tallo, las hojas y los granos frescos o secos son usados como forraje (Sánchez *et al.*, 1998).

Las variedades de maíz para producción de grano, pueden clasificarse como: granos de color blanco, especialmente para la elaboración de cereales; granos con alto contenido de carbohidratos, más aptos para la alimentación de animales; granos de estructura cerosa, tienen un alto contenido de amilopectina y se utilizan como alimento para ganado; granos con alto contenido de proteína y lisina, se usan en la industria alimenticia (Pearson, 1991).

Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en el año 2010, la producción de grano de maíz fue de 23.3 millones de toneladas en el país. El maíz blanco representó 94.56 %, el maíz amarillo 4.89 % y otros colores el 0.55 % del volumen de producción nacional (Polanco y Flores, 2008).

4.5. Usos del maíz

4.5.1. Producción de etanol. La producción de etanol a partir de granos como el maíz y el trigo se proyecta como una alternativa para impactar el comercio mundial de alimentos. En Estados Unidos, principal proveedor de maíz amarillo para México, en 2012 se buscó utilizar 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, el alza en el costo del petróleo, la búsqueda de fuentes de energía renovables y no contaminantes y el deseo de aumentar los ingresos agrícolas en los países en desarrollo. Asimismo, ha aumentado en forma drástica la necesidad de contar con cultivos, como el maíz y la caña de azúcar, que pueden utilizarse como materia prima para producir biocombustibles. Esta demanda ha tenido a nivel mundial un impacto significativo y cada vez mayor en los sistemas alimentarios (IFPRI y CGIAR, 2009).

Se estimó una producción de etanol en el año 2012 de 19,000 millones de litros. Para alcanzar ese volumen se propuso realizar innovaciones biotecnológicas con el objetivo de lograr una utilización más eficiente del maíz a partir del uso de híbridos, maíces de alta fermentación con el objeto de elevar la cantidad de litros de etanol por tonelada de grano, o ampliar la gama de

materiales de las cuales se extrae el etanol, incorporando los tallos de maíz, desechos vegetales entre otros, al proceso de conversión (The ethanol, 2004).

El etanol es un combustible que se produce en varios países desde hace muchos años. Más del 75 % de la producción de etanol a nivel mundial se lleva a cabo en Brasil y Estados Unidos (Moreira, 2008).

En los años 2005-2006, se utilizó un 14 % de la cosecha de maíz en la producción de etanol y en 2006-2007, aumentó a 20 %. La producción de grano de maíz es relativamente pequeña con la demanda de combustible, por lo que será necesario desarrollar otras fuentes de energía renovable para sustituir las importaciones de petróleo (CFDC, 2007).

La mayoría del etanol que se produce en los Estados Unidos se obtiene a partir del maíz con un costo de producción de US \$0.29 centavos por litro (Rivera, 2007). Actualmente, las dos destilerías con posibilidades fuertes de producir etanol anhidro se encuentran en Veracruz. Los ingenios La Gloria y San Nicolás pueden producir más de 115,000 litros por día (Enríquez, 2006). El etanol se obtiene a partir del etileno por hidratación catalítica o por una reacción de adición de ácido sulfúrico e hidrólisis posterior. Se produce también por fermentación de productos naturales ricos en hidratos de carbono, tales como la caña de azúcar, papa, maíz y arroz, principalmente (Montoya, 2006).

4.5.2. Producción de biodiesel. El biodiesel es un combustible sustituto del gasóleo para motores diésel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (Schmidt y Van, 1996). Existen más de 350 especies de plantas oleaginosas como fuentes de aceite vegetal base para el biodiesel, entre las que se encuentra el maíz, con rendimientos de 145 kg de aceite por hectárea. En Estados Unidos se producen más de mil millones de litros anuales de aceite usado de cocina y cerca de 4,000 millones de litros de grasa animal (Saldaña, 2004). El biodiesel se produce esterificando de 80 a 90 % de aceite vegetal o grasa animal, con el 10 a 20 % de metanol y de 0.35 a 1.5 % de sosa como agente catalizador a temperatura controlada, el maíz es uno que comparativamente en kg de aceite por hectárea es el que menos rendimiento tiene y que equivale a un 4 % de rendimiento del peso del grano, el cual, bajo condiciones de manejo genético, se puede llegar hasta 15 %, equivalente al rendimiento del girasol (Saldaña, 2004).

Para que los biocombustibles de origen agrícola sean una alternativa energética real, se necesita que estos productos, no sólo presenten características equivalentes a los de procedencia fósil, sino también que, en el conjunto de procesos de obtención, se consigan balances energéticos positivos y lleguen al mercado a un costo similar al de los productos derivados del petróleo a los que sustituyen (Ballesteros, 2003).

4.6. Estructura y características del grano de maíz

El fruto de la planta de maíz se llama comercialmente grano, botánicamente cariósida y agrícolamente como semilla. El grano se encuentra insertado en el raquis u olote constituyendo hileras, que en conjunto forman la mazorca (Espinoza, 2003). Al desarrollarse los núcleos fusionados, se forman separadamente el endospermo y el germen, mientras que el pericarpio se desarrolla a partir del crecimiento de las paredes del ovario. El grano se considera como cariósida por tener pericarpio íntimamente unido al endospermo (Poey, 1978). El grano del maíz está compuesto por cuatro partes principales que pueden ser apreciadas a simple vista: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo.

4.7. Composición química del grano de maíz

La composición química de los cereales tal es el caso del maíz, es homogénea, siendo el almidón el más abundante (40-70 %), de ahí su elevado valor alimenticio para consumo humano o animal. La composición química del grano de maíz son: 1-5 % lípidos, 1-3 % cenizas, 1-2 % fibra y 9-12 % proteínas siendo este último el segundo componente más abundante (Astiasarán y Martínez, 1999). La composición química del grano de maíz, depende de varios factores como: manejo del cultivo, material genético, condiciones climáticas y condiciones edáficas, entre otras (Herrera *et al.*, 1990; Cowieson, 2005).

4.8. Genotipos de maíz utilizados en el trópico húmedo de México

4.8.1. H520. Es un híbrido trilineal que proviene de los programas de mejoramiento genético del INIFAP. En evaluaciones de 1998 a 2005 el híbrido H520 rindió un promedio de 7.29 t ha⁻¹ de grano en 22 ambientes, con 54 días a floración masculina y 53 días a floración femenina. Alcanza la madurez fisiológica entre 90 y 100 días y puede cosecharse a los 110 o 120 días después de la siembra. Tolera el acame, presenta 14 hileras en la mazorca y grano blanco semidentado (Sierra *et al.*, 2008).

4.8.2. H564C. Híbrido trilineal perteneciente al Campo Experimental INIFAP-Cotaxtla, Veracruz, México. Se adapta a la región tropical del sureste mexicano, representa una alternativa para incrementar los rendimientos de maíz. Este híbrido registra buen rendimiento, características agronómicas favorables: buena cobertura de mazorca, buen aspecto y sanidad de planta y mazorca y tolerancia al achaparramiento. La mazorca es de grano blanco semicristalino de forma cilíndrica, con 12 a 14 hileras regulares y su apariencia es prácticamente similar a la del maíz normal (Sierra *et al.*, 2011).

4.8.3. HE1A17. Híbrido experimental cuya genealogía pertenece a INIFAP-Cotaxtla. La cosecha de elote de este maíz híbrido puede realizarse a los 100 días después de la siembra. La altura de planta es de 235 cm y presenta el elote a los 100 cm. Rinde 12 t ha⁻¹ de elote en un solo corte o

cosecha y pueden obtenerse 20.7 t ha⁻¹ de forraje verde. El largo y ancho del elote es en promedio de 26.6 y 5.3 cm, respectivamente. El peso del elote por pieza llega a ser de 470 g (INIFAP, 2006).

4.8.4. NH5. Es un híbrido que comercializa la compañía productora de semillas Novasem. La altura de planta es de 2.05 a 2.20 m y presenta el elote a los 110 cm. Con un ciclo vegetativo intermedio, 65 a 68 días a floración, buena cobertura de mazorca y es tolerante a las principales enfermedades de la planta y mazorca, es de grano muy blanco, su grano es de tipo semidentado (NOVASEM, 2012).

4.8.5. VS536. La variedad sintética VS536, presenta buen rendimiento y adaptación en el trópico húmedo, con un potencial de rendimiento de 6.0 t ha⁻¹. Presenta un ciclo vegetativo intermedio con 52-55 días a la floración, 90 días a madurez fisiológica y 120 días a cosecha, altura de planta y mazorca intermedia. Estas características le permiten adaptarse a los diferentes sistemas de producción; y además tolera el acame, presenta buena cobertura de mazorca y es tolerante a las principales enfermedades de la planta y de mazorca, es de grano blanco y textura sedimentada (Espinosa *et al.*, 2006).

4.8.6. DK357. Es un híbrido con buena calidad de grano, rendimiento de maíz en grano de 6.49 a 7.14 t ha⁻¹, buena expresión foliar, altura de planta de 230 a 240 cm y altura de mazorca de 125 cm, regular cobertura de mazorca,

grano blanco semidentado, tolerante al acame y pudrición de grano (DEKALB, 2010).

4.8.7. H518. Híbrido trilineal con altura de planta intermedia de 271 cm, que permite un manejo adecuado en áreas tropicales para la práctica de dobla, presenta 52 días a floración, alcanza la madurez fisiológica de los 90 a 100 días y la cosecha entre los 110 y 120 durante el ciclo primavera-verano en condiciones de temporal, la mazorca contiene de 12 a 14 hileras, presenta buena cobertura y el grano es semidentado (Sierra *et al.*, 2006).

4.8.8. V537C. Es un maíz de polinización libre, presenta una altura de planta de 274 cm y 115 cm de altura de mazorca, porte medio de 183 cm, tolerante al acame, ciclo intermedio, con 15.3 cm de longitud en la mazorca y forma cilíndrica, con 14 hileras, 33 granos por hilera, con un grano grande (2,770 granos por kg), semidentado de color blanco y con buena cobertura de mazorca (Gómez *et al.*, 2003).

4.8.9. H565. Este híbrido es de porte alto y ciclo biológico de 130 días, tiene una altura de planta que varía de 265 a 290 cm, tolerante al acame, con floración masculina a los 61 días y dos días después la femenina, mazorca cilíndrica de buena cobertura de las brácteas, tiene 18 a 20 cm de longitud con 14 a 16 hileras y 31 a 40 granos por hilera de color blanco, el rendimiento potencial de grano de este híbrido es mayor a las 11 t ha⁻¹ (González *et al.*, 2008a).

4.9. Densidad y distancias de siembra

La densidad de población en el cultivo de maíz ejerce alta influencia sobre el rendimiento de grano y las características agronómicas, ya que el rendimiento de grano se incrementa con la densidad de plantas (Sangoi, 2000). Tinoco *et al.* (2002) recomendaron utilizar densidades de población para variedades criollas de 43,000 plantas por hectárea y para variedades mejoradas de porte bajo e intermedio 62,500 plantas por hectárea.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) sugiere una densidad óptima de siembra de 65,000 plantas ha⁻¹ para genotipos tropicales de maíz que tengan una altura de planta superior a los 2.4 m (Violic, 2001). Tanto en densidades de siembra altas como a densidades muy bajas, el rendimiento de grano se reduce, debido a la escasa capacidad de compensación, tanto vegetativa como reproductiva (Vallone *et al.*, 2010). Egüez y Pintado (2010), recomendaron la siembra de maíz a 0.80 m entre surcos y 0.25 m entre plantas, depositando una semilla por sitio, lo que genera una densidad de siembra de 50,000 plantas por hectárea.

La densidad de población es uno de los factores que frecuentemente modifica el productor para incrementar el rendimiento de grano, pero no siempre establece la densidad adecuada. Si el productor utiliza una densidad de población mayor que la óptima se incrementa la competencia por luz, agua y nutrimentos, lo que ocasiona reducción en el volumen radical, número de mazorcas, cantidad y la calidad del grano por planta, e incrementa la frecuencia

de pudriciones de raíz y tallo, lo que propicia acame (Maya y Ramírez, 2002). Por el contrario, las densidades de población bajas provocan problemas de maleza y desperdicio de suelo (Njoka *et al.*, 2005).

Los cultivos de maíz manejados adecuadamente y con las densidades correctas, alcanzan coberturas necesarias para una máxima intercepción de luz. Por ello, las ventajas de reducir la distancia entre surcos son limitadas (Cadena, 2010). La densidad óptima en maíz para rendimiento de grano y forraje depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico del cultivo (Subedi *et al.*, 2006).

La relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja, ya que la mejor respuesta en rendimiento de grano varía de acuerdo con la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo (Pinter *et al.*, 1994; Sangoi, 2000).

4.10. Ventajas y desventajas del uso de híbridos de maíz

Según Castañedo (1990), entre las ventajas de los híbridos de maíz, en relación con las variedades criollas y las sintéticas, se pueden citar las siguientes: mayor producción de grano, mayor uniformidad en floración, mayor altura de planta y rendimiento en grano, mayor vigor y resistencia al acame y a la rotura, mayor sanidad de mazorca y grano, mayor precocidad.

Entre las desventajas del uso de híbridos se encuentran la reducida área de adaptación, tanto en tiempo como en espacio; la escasa variabilidad genética, la necesidad de obtener semilla para la siembra, el alto costo de la

semilla, la necesidad de tecnología avanzada y el uso de insumos para aprovechar al máximo su potencial genético (Castañedo, 1990).

4.11. Factores que afectan y determinan la producción de grano

4.11.1. Sequía. La sequía reduce el rendimiento del maíz en 15 % anualmente en las tierras bajas tropicales, llegando a causar pérdidas estimadas en 16 millones de toneladas de grano (Edmeades *et al.*, 1992). El efecto de la sequía es más marcado cuando incide cerca de la floración, ya que inhibe el desarrollo floral y provoca fallas en la polinización (Saini y Westgate, 2000). En la etapa de floración, el rendimiento de grano se reduce más que en otros estadios del crecimiento debido a que es un periodo crítico en la definición del número de granos, principal componente del rendimiento (Cakir, 2004).

Si la sequía ocurre durante el llenado del grano, la velocidad de llenado y la duración del período de llenado se reducen; esto ocurre a causa de una reducción en la fotosíntesis y una aceleración de la senescencia foliar (Sánchez *et al.*, 1977).

4.11.2. Temperatura. Es uno de los principales factores que influyen sobre el desarrollo del maíz. Las altas temperaturas tienen un efecto directo sobre la polinización del maíz, ya que la viabilidad del polen se reduce de forma importante cuando la temperatura supera los 35 °C (Westgate, 1994). Para el maíz se estima que el rendimiento máximo será obtenido a una temperatura media de 20 a 22 °C (Squire, 1990).

Las altas temperaturas a las que se desarrollan los maíces tropicales también pueden tener efecto sobre la raíz; una temperatura mayor de 45 °C puede afectar la producción de hormonas, especialmente del ácido abscísico y de las citocininas, lo que puede, a su vez, restringir el desarrollo de los cloroplastos y reducir la actividad fotosintética en los vástagos (Paulsen, 1994). Las altas temperaturas después de la floración incrementan la tasa de llenado de los granos y acortan la duración en el periodo de llenado de grano. En general, el efecto de la temperatura elevada es mayor en la duración del tiempo de llenado del grano que para la tasa de llenado del grano, por lo que el rendimiento se reduce por las altas temperaturas después de la floración (Muchow, 1990). Mientras que las temperaturas entre 0 y 10 °C pueden provocar un desarrollo radical anormal y pérdida de turgencia (Aloni y Griffith, 1991).

4.11.3. Inundación. El drenaje pobre limita el cultivo en el 19 % de las tierras tropicales (Sánchez *et al.*, 1977). La inundación es un problema común en estos sistemas. La parte aérea de las plantas de maíz puede ser afectada por un exceso de humedad cuando ocurren lluvias abundantes en el momento de la floración y se perjudica el derrame del polen. Sin embargo, el perjuicio más común ocurre sobre el sistema radical (Carangal, 1988). Las inundaciones también pueden ocurrir inmediatamente después de la siembra, y en esos casos las semillas deben germinar bajo condiciones anaeróbicas. Los mecanismos de tolerancia a la inundación durante la germinación y la

emergencia son diferentes a aquellos que ocurren en plantas autótrofas y parecen estar bajo control genético (Van Toai *et al.*, 1988).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del experimento

La investigación se realizó en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita. La cual se localiza a los 18° 06' 25" LN y 95° 52' 50" LW, y a una altura de 25 msnm. El clima del lugar es de tipo Am que corresponde a un clima cálido húmedo, con abundantes lluvias en verano (García, 2004). La temperatura anual promedio, precipitación y humedad relativa, durante el año 2012 fueron 26 °C, 1,878.9 mm y 83 %, respectivamente (FAM, 2015). Los suelos dominantes en el Municipio son: arenosol cámbico de textura gruesa, así como acrisol húmico y órtico de textura fina (INEGI, 2005).

5.2. Material genético

Para la realización del presente ensayo se utilizó semillas de los híbridos de maíz H520, H564C, HE1A17, DK357, NH5 y la variedad sintética VS536; esta última de amplia adaptación en la región de la baja Cuenca del Papaloapan. La descripción de cada uno de los genotipos se detalló en el capítulo de revisión de literatura.

5.3. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron seis genotipos de maíz H520, H564C, HE1A17, DK357, NH5 y la variedad sintética VS536 y tres densidades de siembra 50,000, 62,500

y 83,333 plantas por hectárea. Los genotipos evaluados y su distribución en campo se presentan en el Cuadro 1. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones, con la finalidad de evaluar las diferencias entre los genotipos para las diferentes variables en estudio. La información obtenida en campo se sometió a un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2010).

Cuadro 1. Distribución en campo de seis genotipos de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en el experimento, en tres densidades de siembra. Loma Bonita, Oaxaca. Años 2012-2013.

Genotipo	Densidad (plantas ha ⁻¹)								
	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 3		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
H520	8	1	14	19	32	27	49	47	40
H564C	11	4	17	24	34	30	51	44	42
HE1A17	9	3	18	20	33	25	53	43	38
DK357	7	2	15	21	36	26	54	45	41
NH5	10	5	13	23	31	28	50	48	39
VS536	12	6	16	22	35	29	52	46	37

El tamaño de la parcela experimental fue de 12.8 m². Consideró cuatro surcos distanciados a 0.8 m y 4 m de longitud, con un área útil de los dos surcos centrales. La superficie total del experimento fue de 1,000 m².

5.4. Desarrollo del experimento

Al inicio del estudio se realizó un análisis de suelo tomando una submuestra a cada 10 m, en la forma que se indica en la Figura 1. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

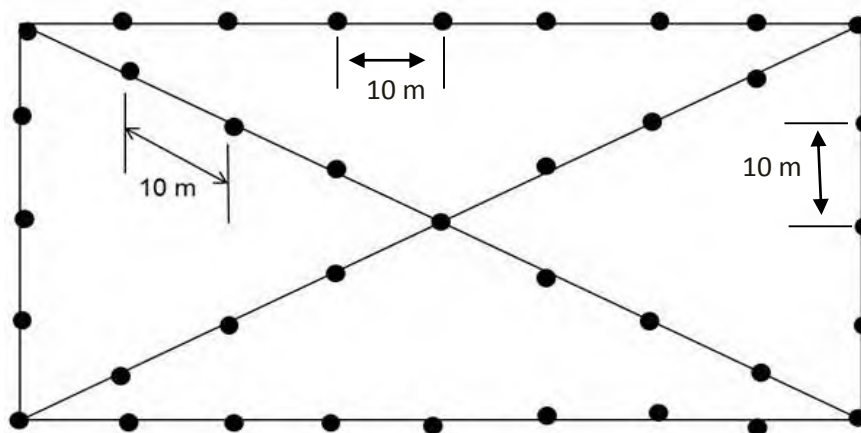


Figura 1. Puntos de muestreo de suelo para análisis de fertilidad en laboratorio. Loma Bonita, Oaxaca, México.

Cuadro 2. Análisis de suelo de la parcela donde se realizó el estudio de seis genotipos de maíz (*Zea mays* L.) y tres densidades de siembra. Loma Bonita, Oaxaca, México.

Característica	Valor	Característica	Valor
pH	4.78	Magnesio (mg kg ⁻¹)	30.00
Materia orgánica (%)	2.69	Fierro (mg kg ⁻¹)	263.45
Nitrógeno (mg kg ⁻¹)	18.40	Cobre (mg kg ⁻¹)	1.02
Fósforo (mg kg ⁻¹)	22.44	Zinc (mg kg ⁻¹)	0.89
Potasio (mg kg ⁻¹)	32.00	Manganeso (mg kg ⁻¹)	4.66
Calcio (mg kg ⁻¹)	148.00	Boro	1.22
Arena (%)	52.90	Densidad aparente (Dap, t m ⁻³)	1.39
Limo (%)	40.00	Capacidad de campo (cc, %)	11.43
Arcilla (%)	7.10	Marchitamiento permanente (%)	6.11
Textura	Franco arenoso		

Fuente: Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo.

La preparación del terreno consistió en un barbecho, dos pasos de rastra y surcado a 0.80 m. La siembra de los seis genotipos de maíz se llevó a cabo en octubre de 2012. Se fertilizó ajustándose a la fórmula 161-46-00 (INIFAP, 2007), usando como fuente de fertilizantes urea (46 % N) y fosfato diamónico (18 % N, 46 % P), en dos aplicaciones: la primera a los 10 días después de la emergencia, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno. Mientras que la segunda aplicación se realizó a los 30 días después de la primera. El fertilizante

funciona mejor cuando existe humedad en el suelo y queda cubierto. Posteriormente se aplicó fertilización foliar para complementar al cultivo con microelementos (Cu, B, Zn, Mn, Mo), para ello se utilizó Bayfolán Forte a una dosis de 1 L ha⁻¹.

Se hizo un control químico de malezas utilizando los herbicidas glifosato y paraquat, la aplicación se efectuó antes de la emergencia del cultivo. Para combatir las plagas del suelo, tales como gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) y gusano de alambre (*Agrotis* sp.) se usó volatón granulado al 5 % y carbofurán 5 % a una dosis de 20 kg ha⁻¹. Antes de la siembra se trató la semilla con Semevin a 1 L ha⁻¹.

Las plagas del follaje, como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) y gusano soldado (*Spodoptera exigua*) se controlaron aplicando Lorsban 480 CE a 0.75 L ha⁻¹, Sevín 80 PH a 1 kg ha⁻¹ y Arrivo 200 CE a 0.25 L ha⁻¹.

5.5. Variables evaluadas

5.5.1. Altura de la planta. Se midieron diez plantas representativas de cada genotipo, las cuales se encontraban con competencia completa, para ello se utilizó un flexómetro, la determinación fue en centímetros. La altura se midió desde el nivel del suelo hasta la base de la inflorescencia.

5.5.2. Días a floración masculina. Se tomó en consideración el tiempo comprendido desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % del total de plantas de cada parcela emitieron el polen.

5.5.3. Días a floración femenina. Esta variable se tomó contando el tiempo establecido desde la siembra hasta la fecha en que el 50 % del total de plantas por parcela experimental emitieron estructuras florales femeninas.

5.5.4. Peso de mazorca. Se estimó el peso de cada mazorca en g de cada parcela experimental con una báscula digital EURA-50®.

5.5.5. Longitud de mazorca. Se cosecharon cinco mazorcas seleccionadas al azar del área útil de cada parcela y se midió la longitud con una regla de 30 cm desde la base de la mazorca hasta el ápice de la misma y la longitud se expresó en cm.

5.5.6. Diámetro de mazorca. Se midió la parte central de la mazorca con vernier y se expresó en cm.

5.5.7. Área foliar total por planta. Esta variable se expresó en cm^2 y fue el producto de multiplicar el ancho de hoja por la longitud de hoja por el factor 0.75 (Tanaka y Yamaguchi, 1984).

5.5.8. Peso de hoja. Se pesó el total de hojas (brácteas) de la muestra de cinco mazorcas, usando una báscula digital expresando el resultado en g.

5.5.9. Número de hileras por mazorca. Se contó el número de hileras de grano en la parte central de cada una de las cinco mazorcas muestreadas.

5.5.10. Número de granos por hilera. Se contabilizó el número de granos por hilera, en cada una de las cinco mazorcas muestreadas.

5.5.11. Número de granos por mazorca. Se contabilizó el número de granos por cada mazorca.

5.5.12. Peso de cien granos. Se pesó (g) una muestra compuesta de cien granos centrales en cada una de las cinco mazorcas.

5.5.13. Peso de olote sin grano. Después de desgranar la mazorca se contabilizó el rendimiento en olote (g).

5.5.14. Largo de olote. Se midió (cm) el largo de olote con una cinta métrica.

5.5.15. Diámetro de olote. Se midió (cm) con un vernier en la parte central del olote.

5.5.16. Rendimiento de grano. Esta variable se calculó con base en el rendimiento por parcela, al multiplicar el peso de grano de las mazorcas cosechadas en la parcela útil, por su respectivo factor de superficie y ajustado al 15 % de humedad (Mejía y Molina 1999). Se expresó en kg ha^{-1} .

5.5.17. Rendimiento de hoja seca (brácteas de mazorca). Se estimó el rendimiento de hoja seca en kg ha^{-1} .

5.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos, se sometieron a un análisis de varianza con la finalidad de evaluar las diferencias entre genotipos para las diferentes variables en estudio, con base en un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. Se realizó una comparación múltiple de medias de tratamientos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (SAS, 2010).

5.7. Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + D_j + G_k + IG \times D_{kj} + E_{ijkl} + W$$

Dónde: μ 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 efecto atribuible al error intraparcelar.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza detectó diferencias estadísticas ($P < 0.001$) para repeticiones (R), genotipos (G), densidad de plantas (D) y la interacción genotipos por densidad (GxD) para la mayoría de las variables estudiadas (Cuadro 3). La componente genotipo presentó diferencia estadística significativa ($P < 0.001$), en la mayoría de los caracteres de rendimiento evaluados. Densidades también mostró diferencia estadística al 1 % en varios de los caracteres estudiados, excepto en diámetro de mazorca y rendimiento de hoja seca, donde las diferencias fueron al 5 %. Las diferencias entre genotipos se atribuyen a variación en la fertilidad del suelo (Cuadro 2), por lo que utilizar bloques permitió identificar dicha variación. Asimismo, las diferencias estadísticas entre genotipos indican que su rendimiento fue diferente, lo cual se explica porque la semilla provino de diferente origen. La variación entre bloques se debió a diferencias en fertilidad en suelo. La significancia estadística de la interacción genotipo por densidad en varios caracteres, implicó que los híbridos respondieron de manera diferente a la densidad de siembra.

Cuadro 3. Cuadrados medios de 17 caracteres en maíces híbridos. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013.

Carácter	Media	C.V.	Bloque	Densidad (D)	Genotipo (G)	Interacción (GxD)	E	W
ALP	181.7	7.1	526.8*	323.5ns	15761.7**	3574.7**	2988.3	165.7
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
PMZ	157.6	21.6	74544.8**	17106.1**	27425.5**	24887.5**	19829.0	1160.8
LMZ	14.6	9.9	21.9**	48.1**	28.8**	14.0*	16.9	2.1
DMZ	4.4	8.5	5.9**	0.2*	4.9**	1.9**	1.5	0.1
PEH	20.0	41.3	367.0**	679.5**	1121.3**	545.9**	483.3	68.4
NHI	12.9	12.9	11.5**	2.5ns	43.6**	13.0**	7.9	2.0
NGH	30.4	17.4	117.8*	212.3**	321.3**	179.3**	164.5	28.0
GPM	395.3	20.9	60543.3**	34534.6**	153072.2**	71984.4**	44355.3	6852.3
P100G	29.3	19.9	1414.8**	249.8**	351.6**	200.9**	243.5	34.2
PEO	24.8	23.2	826.2**	211.2**	1347.9**	533.2**	359.7	33.3
LAO	14.0	9.8	17.5**	80.1**	27.1**	12.3**	15.5	1.9
DIO	2.7	8.9	1.1**	0.1ns	1.7**	0.3**	0.5	0.1
REN	5147.9	24.9	88574933.1**	166936297.9**	45562307.2**	34136160.1**	25487244.3	1652183.0
RHS	1101.6	29.4	839711.3 ns	10628802.2*	3361020.0**	1301511.9ns	1592035.5	187989.4
GL			2	2	5	10	34	486

*,** = Diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y altamente significativas ($P \leq 0.01$); ns= no significativo; E= error parcelar; W= error intraparcilar; C.V.= coeficiente de variación (%); GL= grados de libertad; ALP= altura de la planta (cm); DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; AFT= área foliar total por planta (cm²); PMZ= peso de mazorca (g); LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm); PEH= peso de hoja (g); NHI= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por hilera; GPM= número de granos por mazorca; P100G= peso de cien granos (g); PEO= peso de olote sin grano (g); LAO= largo del olote (cm); DIO= diámetro del olote (cm); REN= rendimiento de grano (kg ha⁻¹); RHS= rendimiento de hoja seca (kg ha⁻¹).

6.2. Crecimiento de genotipos

La altura de planta fue mayor en la variedad sintética VS536 con un valor de 203.1 cm, en comparación con los híbridos, los cuales promediaron 177 cm (Cuadro 4). Sierra *et al.* (2010) estimaron alturas de planta ligeramente superiores a las encontradas en este estudio para VS536 (233 cm) y H520 (228 cm), situación entendible ya que su ensayo se condujo en el ciclo primavera verano que concuerda con los meses más lluviosos en el trópico húmedo de México. Mientras que Acosta (2009) señaló que tanto maíces tropicales criollos como sintéticos tienen una altura de 2.2 a 3.2 m, resultados que son consistentes con los del presente estudio, donde el maíz sintético superó en altura de planta a los híbridos. García (2008), aseguró que las siembras en la región 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 de grano.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para 17 caracteres, en tres densidades de siembra, en maíces híbridos adaptados a trópico húmedo. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013.

Carácter	DMS	Media	Genotipo					
			VS536	DK357	H520	NH5	HE1A17	H564C
REN	548.2	5147.9	4974.1 b	5736.2 a	5993.3 a	5172.4 b	3951.2 c	5060.0 b
ALP	5.49	181.7	203.1 a	191.5 b	178.7 c	172.4 de	167.2 b	177.3 d
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
PMZ	14.53	157.6	155.5 b	163.1 ab	176.5 a	157.0 b	125.6 c	167.9 ab
LMZ	0.62	14.6	14.1 b	14.7 b	14.7 b	14.4 b	14.1 b	15.6 a
DMZ	0.16	4.4	4.4 ab	4.5 a	4.5 a	4.6 a	4.0 c	4.3 b
PEH	3.52	20.0	25.0 a	19.1 b	23.7 a	18.3 b	15.6 b	18.5 b
NHI	0.60	12.9	12.4 c	13.9 a	12.5 c	13.3 ab	12.0 c	13.3 b
NGH	2.26	30.4	29.2 bc	32.7 a	32.0 a	29.7 bc	27.7 c	31.2 ab
GPM	35.3	395.3	363.3 cd	456.8 a	400.9 b	394.9 bc	338.8 d	417.0 b
P100G	2.49	29.3	30.6 ab	29.2 bc	31.7 a	30.3 ab	26.7 c	27.2 c
PEO	2.46	24.8	24.4 b	24.2 b	23.9 b	22.8 bc	21.4 c	32.4 a
LAO	0.59	14.0	13.7 b	13.9 b	14.3 b	13.8 b	13.8 b	15.1 a
DIO	0.10	2.7	2.7 ab	2.6 bc	2.6 bc	2.8 a	2.4 c	2.8 a
RHS	184.9	1101.6	1355.7 a	1081.4 b	1304.9 a	1007.3 bc	850.5 c	1009.5 bc

REN= rendimiento de grano (kg ha^{-1}); ALP= altura de la planta (cm); DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; AFT= área foliar total por planta (cm^2); PMZ= peso de mazorca (g); LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm); PEH= peso de hoja (g); NHI= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por hilera; GPM= número de granos por mazorca; P100G= peso de cien granos (g); PEO= peso de olote sin grano (g); LAO= largo del olote (cm); DIO= diámetro del olote (cm); RHS= rendimiento de hoja seca (kg ha^{-1}); DMS= diferencia mínima significativa; abc= Letras diferentes en la misma hilera indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

La altura de la planta, en función a la densidad de siembra, en promedio de genotipos, tuvo un comportamiento similar en todos los genotipos lo que sugiere que el número de plantas por hectárea no influyó en los componentes del rendimiento. Aunque la interacción genotipo por densidad de siembra (GxD) afectó la altura de planta de diferente forma en cada genotipo. Lo anterior indica que al aumentar el número de plantas por hectárea se produce más grano en los genotipos en estudio. Sin embargo, en otros estudios, no se encontraron efectos de la densidad de plantas sobre el rendimiento de grano (Luna *et al.*, 2002). No obstante, en estudios realizados sobre densidad de plantas en híbridos de maíz bajo condiciones de temporal en el trópico húmedo demostraron que al aumentar la densidad de 50,000 a 62,500 plantas ha⁻¹ el rendimiento de grano fue mayor, con un incremento de 0.30 t ha⁻¹ (Cano *et al.*, 2001).

Carrera y Cervantes (2006) reportaron que el rendimiento aumentó 0.6 t ha⁻¹ al incrementar la densidad de población de 60,000 a 70,000 plantas ha⁻¹. Al respecto, Sener *et al.* (2004) indicaron que el maíz difirió en su respuesta a la densidad de población en función del genotipo y condiciones ambientales.

El híbrido H520 promedió 65.8 días a floración masculina (DFM) y 70.4 días a floración femenina (DFF) confirmando que es un híbrido más tardío. El híbrido NH5 presentó 62.6 y 68 DFM y DFF, respectivamente (Cuadro 4). Así, se han registrado 52 DFM en VS536 (Tosquy *et al.*, 1995), y en el caso del híbrido H520 en el sureste mexicano tarda 54 a 56 DFM con alturas de 228 cm para la planta y 139 cm a la mazorca (Sierra *et al.*, 2008; Sierra *et al.*, 2010).

El área foliar total fue mayor en los híbridos H564C y HE1A17 (3,122.7, y 3,128.1 cm²), respectivamente en comparación con la variedad sintética VS536 (2,900.4 cm²) y en los genotipos restantes (Cuadro 4).

La densidad de siembra con áreas foliares mayores fueron las de 50,000 y 83,333 plantas ha⁻¹ (Cuadro 5) con valores de 2,962.3 y 3,078.0 cm², respectivamente. Estos resultados se atribuyen a que 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 incrementó el área foliar. Estos resultados difieren en lo reportado por Dwyer y Stewart (1986), quienes cuantificaron en el cultivo de maíz áreas foliares totales por planta de 4,570 cm².

La densidad de 83,333 plantas superó en rendimiento de grano a las densidades de 50,000 y 62,500 plantas por hectárea (Cuadro 6). Al analizar el área foliar total considerando la interacción entre genotipos y densidades de siembra. El genotipo HE1A17 en la densidad de 83,333 plantas por hectárea acumuló la mayor área foliar total 4,490.2 cm² (Cuadro 6). Por lo que este genotipo sería interesante evaluarlo para producción de forraje, el cual se destinaría para alimentación animal en la región del Papaloapan, donde la producción de ganado bovino para carne, leche o en el sistema de doble propósito es de suma importancia.

Cuadro 5. Rendimiento de grano de genotipos de maíz en tres densidades de siembra para 17 caracteres. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013.

Carácter	Densidad (plantas ha ⁻¹)				
	DMS	Media	50,000	62,500	83,333
REN	318.5	5147.9	4165.9 c	5187.0 b	6090.8 a
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
PMZ	8.4	157.6	165.8 a	160.3 a	146.9 b
LMZ	0.4	14.6	15.2 a	14.5 b	14.2 b
DMZ	0.1	4.4	4.4 a	4.4 a	4.4 a
PEH	2.0	20.0	22.2 a	18.4 b	19.5 b
NHI	0.4	12.9	12.8 a	13.0 a	12.9 a
NGH	1.3	30.4	31.1 a	30.9 a	29.2 b
GPM	20.5	395.3	402.0 a	404.5 a	379.4 b
P100G	6.8	29.3	30.0 a	29.9 a	27.9 b
PEO	1.4	24.8	25.9 a	24.8 ab	23.8 b
LAO	0.3	14.0	14.8 a	13.9 b	13.5 c
DIO	0.1	2.7	2.7 a	2.7 a	2.7 a
RHS	107.4	1101.6	943.8 b	979.5 b	1381.4 a

REN= rendimiento de grano (kg ha⁻¹); ALP= altura de la planta (cm); DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; AFT= área foliar total por planta (cm²); PMZ= peso de mazorca (g); LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm); PEH= peso de hoja (g); NHI= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por hilera; GPM= número de granos por mazorca; P100G= peso de cien granos (g); PEO= peso de olote sin grano (g); LAO= largo del olote (cm); DIO= diámetro del olote (cm); RHS= rendimiento de hoja seca (kg ha⁻¹); DMS= diferencia mínima significativa; abc= Promedios con letras diferentes en la misma hilera son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 6. Interacción genotipo por densidad de 17 caracteres en maíces híbridos adaptados a trópico húmedo. Loma Bonita Oaxaca. México. Años 2012-2013.

Carácter	VS536			DK357			H520		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
REN	4383.5 b	4712.3 b	5826.6 a	3049.0 c	5745.1 b	8414.4 a	4236.3 b	6838.6 a	6904.9 a
ALP	209.9 a	194.5 b	204.7 a	179.9 b	198.7 a	195.8 a	167.9 b	182.8 a	185.5 a
DFM	68.0 a	66.7 b	64.7 c	68.0 a	64.7 b	61.7 c	66.5 a	66.6 a	64.3 b
DFF	72.7 a	71.7 a	69.3 b	73.3 a	70.0 b	66.7 c	70.8 a	71.3 a	69.0 b
AFT	3475.3 a	2390.0 c	2836.0 b	2212.5	3455.5	3207.9	2645.9	2840.7	2911.5
PMZ	177.9 a	143.5 b	145.1 b	121.1	177.7	190.6	167.1 b	202.3 a	160.2 b
LMZ	15.3 a	13.7 b	13.3 b	14.0 b	14.9 a	15.2 a	15.4 a	15.0 a	13.7 b
DMZ	4.4 a	4.4 a	4.4 a	4.2 c	4.7 b	4.8 a	4.4 b	4.8 a	4.5 b
PEH	32.9 a	16.9 c	24.9 b	14.4 c	23.5 a	19.6 b	23.9 a	24.8 a	22.3 a
NHI	12.9 a	12.1 b	12.0 b	13.0 c	14.1 b	14.5 a	11.7 b	12.9 a	12.9 a
NGH	31.5 a	28.1 b	28.0 b	29.3 b	34.7 a	34.0 a	30.1 b	34.8 a	31.0 b
GPM	412.5 a	343.0 b	334.4 b	383.7 b	493.6 a	493.2 a	357.5 c	445.5 a	399.6 b
P100G	30.7 a	31.5 a	29.6 a	26.3 b	29.9 a	31.3 a	30.9 b	34.7 a	29.4 b
PEO	27.7 a	22.4 b	23.0 b	19.3	26.9	26.4	23.7 b	26.0 a	22.0 b
LAO	15.1 a	13.1 b	12.9 b	13.6 b	13.9 ab	14.4 a	15.1 a	14.4 b	13.2 c
DIO	2.7 a	2.7 a	2.7 a	2.5 b	2.7 a	2.7 a	2.5 c	2.7 a	2.6 b
RHS	1399.1 b	899.2 c	1768.9 a	610.3 c	1248.4 b	1385.5 a	1014.6 c	1317.2 b	1582.9 a

REN= rendimiento de grano (kg ha^{-1}); ALP= altura de la planta (cm); DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; AFT= área foliar total por planta (cm^2); PMZ= peso de mazorca (g); LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm); PEH= peso de hoja (g); NHI= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por hilera; GPM= número de granos por mazorca; P100G= peso de cien granos (g); PEO= peso de olote sin grano (g); LAO= largo del olote (cm); DIO= diámetro del olote (cm); RHS= rendimiento de hoja seca (kg ha^{-1}).

abc= Letras diferentes en la misma hilera indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

Continuación del Cuadro 6

Carácter	NH5			HE1A17			H564C		
	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333	50,000	62,500	83,333
REN	4310.0 c	4986.4 b	6220.9 a	3689.3 a	3762.7 a	4401.8 a	5327.3 a	5076.7 a	4775.9 b
ALP	171.5 b	167.2 b	178.6 a	163.3 b	164.0 b	174.1 a	188.7 a	185.2 a	157.9 b
DFM	62.3 b	63.8 a	61.7 b	68.0 b	70.0 a	66.3 c	67.0 c	69.7 a	68.7 b
DFF	67.0 b	70.4 a	66.7 b	72.7 b	74.3 a	71.3 c	72.0 b	74.0 a	73.7 a
AFT	2950.2 a	2276.1 b	2957.5 a	2340.3 b	2553.8 b	4490.2 a	4149.6 a	3153.6 b	2064.9 c
PMZ	170.0 a	154.4 ab	146.8 b	144.2 a	118.2 b	114.4 b	214.6 a	165.2 b	124.0 c
LMZ	15.0 a	14.2 b	13.9 b	14.4 a	13.9 a	14.1 a	16.9 a	15.0 b	14.9 b
DMZ	4.6 a	4.5 b	4.6 a	4.1 a	3.8 b	3.9 b	4.8 a	4.5 b	3.9 c
PEH	20.5 a	17.0 b	17.6 b	19.9 a	12.0 c	15.0 b	21.8 a	16.3 b	17.5 b
NHI	12.9 b	13.3 ab	13.7 a	12.1 a	12.0 a	12.1 a	13.9 a	13.6 b	12.2 c
NGH	31.9 a	29.6 b	27.5 c	29.0 a	27.8 ab	26.1 b	34.9 a	30.6 b	28.3 c
GPM	415.6 a	391.9 ab	377.3 b	356.8 a	336.6 a	322.9 a	485.9 a	416.5 b	348.8 c
P100G	31.0 a	30.8 ab	29.2 b	29.7 a	25.2 b	25.3 b	31.4 a	27.4 b	22.8 c
PEO	21.5 b	23.2 ab	23.7 a	23.1 a	18.6 b	22.5 a	40.1 a	32.2 b	24.9 c
LAO	14.5 a	13.6 b	13.3 b	14.3	13.5	13.5	16.5 a	14.9 b	14.0 c
DIO	2.8 a	2.8 a	2.8 a	2.5 a	2.3 c	2.4 b	2.9 a	2.8 b	2.6 c
RHS	869.5 b	906.7 b	1245.7 a	844.6 b	640.3 c	1066.7 a	924.5 b	865.2 b	1238.6 a

REN= rendimiento de grano (kg ha^{-1}); ALP= altura de la planta (cm); DFM= días a floración masculina; DFF= días a floración femenina; AFT= área foliar total por planta (cm^2); PMZ= peso de mazorca (g); LMZ= longitud de mazorca (cm); DMZ= diámetro de mazorca (cm); PEH= peso de hoja (g); NHI= número de hileras; NGH= número de granos por hilera; GPM= número de granos por mazorca; P100G= peso de cien granos (g); PEO= peso de olote sin grano (g); LAO= largo del olote (cm); DIO= diámetro del olote (cm); RHS= rendimiento de hoja seca (kg ha^{-1}).

abc= Letras diferentes en la misma hilera indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

El híbrido NH5 tuvo la menor acumulación de área foliar con un valor de 2,727.9 cm², presentando una altura de planta de 172.4 cm (Cuadro 4). Al respecto, Camacho *et al.* (1995) caracterizaron nueve genotipos de maíz, en relación con el área foliar y concluyeron que el rendimiento de grano de maíz aumenta a medida que lo hace el índice de área foliar. También señalaron que el índice de área foliar es una consecuencia directa del área foliar total por planta.

6.3. Rendimiento de genotipos

Los principales componentes de rendimiento como: peso de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera y número de granos por mazorca presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre los diferentes genotipos evaluados (Cuadro 3). Esta variabilidad se atribuyó a la selección que se ha practicado en maíz por productores y mejoradores, en relación con los caracteres descritos. Dichas diferencias fueron más evidentes en el híbrido H520, el cual superó en rendimiento de grano al resto de los genotipos, por arriba de los rendimientos registrados para las variables de la variedad sintética VS536 y los demás híbridos evaluados. El híbrido H564C superó a la variedad sintética VS536 solo en algunas variables estudiadas (Cuadro 4), debido a que se seleccionó para rendimiento de grano y es un material que ha dado rendimientos aceptables en trópico por su vigor y es una opción para alimentación humana y animal, ya que presenta una calidad

nutritiva alta, por el gen opaco que presenta en su composición, además de que es de grano amarillo (Sierra *et al.*, 2008).

En relación con el rendimiento de grano hubo diferencias entre genotipos (Cuadro 3). Se observó que el híbrido H520 rindió 5,993.3 kg ha⁻¹, superando así a los demás genotipos y a la variedad sintética (Cuadro 4). Al respecto, algunos autores han reportado rendimientos de 6,000.96 kg ha⁻¹ en el híbrido H-520 (Sierra *et al.*, 2008), valor similar al obtenido en el presente estudio. Mientras que los genotipos VS536 y HE1A17 presentaron los rendimientos más bajos para la mayoría de los caracteres estudiados.

En rendimiento de hoja, la variedad sintética VS536 y el híbrido H520, fueron estadísticamente superiores con valores de 1,355.7 y 1,304.9 kg ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados demuestran que los genotipos de porte alto y más tardíos tuvieron mayor producción de hoja. El híbrido H564C rindió 5,060 kg ha⁻¹ superando a la variedad sintética la cual promedió un valor de 4,974.1 kg ha⁻¹ de grano (Cuadro 4). En otros estudios este híbrido rindió 5,000.91 kg ha⁻¹ (Sierra *et al.*, 2011), valor muy cercano al obtenido en esta investigación (5,060 kg ha⁻¹), lo que se atribuye a que es un genotipo adaptable a diferentes tipos de climas. El rendimiento más bajo en grano se observó en el híbrido HE1A17, en concordancia con su altura de planta y peso de mazorca que también fueron las más bajas.

La longitud promedio de la mazorca fue de 14.6 cm y su diámetro promedio 4.4 cm (Cuadro 4). Para esta variable se han reportado longitudes de

mazorca de 14.5 a 17.1 cm, donde la longitud cambia de acuerdo al genotipo utilizado (Keskin *et al.*, 2005). Por ejemplo, para diferentes maíces evaluados en el estado de Oaxaca, se reportan longitudes de mazorca de 16 cm y un diámetro de mazorca de 5.2 cm (Aragón *et al.*, 2005). En el presente estudio para longitud y diámetro de la mazorca, sobresalió el híbrido H564C utilizado para la producción de grano.

En número de hileras por mazorca y número de granos por hilera el híbrido DK357 fue el que presentó los valores mayores con 13.9 hileras y 32.7 granos por hilera (Cuadro 4). En otros estudios sobre componentes morfológicos de maíz se contabilizaron entre 11.5 y 16 hileras por mazorca, con 38 a 49 granos por hilera, aportando de 435 a 560 granos por mazorca (Sharara *et al.*, 2005). En otro estudio se reportaron de 14.2 a 15.2 hileras por mazorca con 39.5 a 44.2 granos por mazorca (Shekoofa y Emam, 2008). Información contrastante con la reportada en otro trabajo para diferentes genotipos de maíz, donde la longitud de mazorca promedió entre 13.3 a 14.8 cm, con un diámetro de mazorca promedio de 5 cm y un total de 15 a 16 hileras por mazorca (González *et al.*, 2008b).

Los resultados del presente estudio indican que el híbrido H520 registró el mayor rendimiento en producción de grano ($5,993.3 \text{ kg ha}^{-1}$), ya que está diseñado para mayor rendimiento de semilla (Sierra *et al.*, 2008). Por su parte el testigo VS536 acumuló más forraje que los híbridos H520, DK357, NH5, HE1A17 y H564C. Por tanto, estos resultados son aceptables si se considera que algunos genotipos superaron el rendimiento estatal promedio que es de 2.8

t ha⁻¹ de grano (SIAP, 2014), donde la producción en algunas regiones de Oaxaca es bajo riego; mientras que los ensayos que se presentan fueron de temporal, con una tecnología de producción que trató de imitar la producción tradicional de temporal que se realiza en la baja Cuenca del Papaloapan.

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$; Cuadro 3), la mayoría de las variables fueron superiores en el genotipo H520. Nótese que el híbrido H520 presentó mayor número de días a floración masculina y femenina, longitud de mazorca, peso de olote sin grano, largo de olote y diámetro de olote; además tuvo un mayor rendimiento por planta y por hectárea; la alta prolificidad traducido en un número mayor de elotes por planta, se explica porque es un material seleccionado por presentar mayor rendimiento de grano en comparación con otros híbridos tropicales (Sierra *et al.*, 2011).

6.4. Fenología y elementos del clima

La precipitación estacional en el mes de octubre del año 2012 fue de 57.5 mm y en el mes de abril del año 2013 fue de 4.4 mm, presentando así una precipitación de 190.7 mm total del mes de octubre (2012) a abril (2013), considerando los meses en que se llevó a cabo el presente estudio, así la precipitación total anual del año 2012 fue de 1,878.9 mm y para el año 2013 de 1629.8 mm (FAM, 2015). Quiroz y Douglas (2003) mencionaron que las temperaturas altas favorecen un mayor tamaño del dosel vegetal. Asimismo, la precipitación, y porcentaje de humedad residual influyen en las primeras etapas de crecimiento de los cultivos. En el presente estudio el maíz se sembró en el

mes de octubre, registrándose una temperatura máxima de 35 °C y una mínima de 19 °C, la humedad relativa promedio fue de 58 % con 57.5 mm de precipitación (Figura 2). En otro estudio realizado por De la Cruz *et al.* (2009), quienes evaluaron el rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población, reportaron una precipitación de 806 mm, de la cual 409 mm se distribuyeron en la fase vegetativa, 271 mm en la fase reproductiva y 126 mm durante la fase de llenado de grano. Estos autores reportaron un rendimiento de grano que osciló entre 3,072 y 4,253 kg ha⁻¹. En el presente estudio el rendimiento en grano osciló entre 3,951.2 y 5,993.3 kg ha⁻¹.

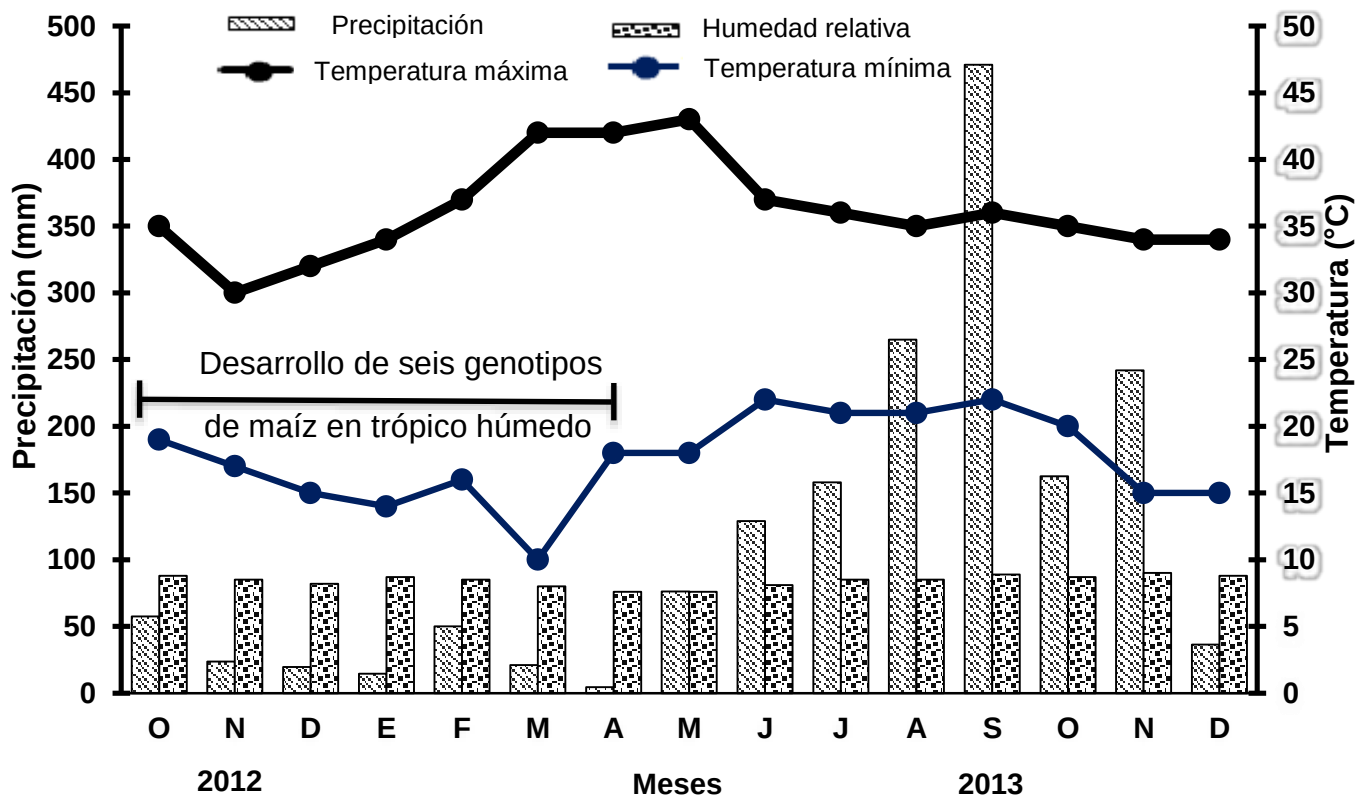


Figura 2. Temperatura máxima y mínima (°C), humedad relativa (%) y precipitación mensual (mm) durante el ciclo del cultivo del maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos de maíz para 17 caracteres, principalmente en rendimiento de grano, altura de planta, floración masculina y femenina, área foliar total por planta, longitud de mazorca, número de hileras y rendimiento de hoja seca (brácteas de la mazorca).

El híbrido H520 en promedio de densidades fue estadísticamente superior en: peso de mazorca (176.5 g), peso de cien granos (31.7 g) y rendimiento de grano (5,993.3 kg ha⁻¹), superando en producción al testigo VS536 (4,974.1 kg ha⁻¹).

En la interacción genotipo por densidad, la densidad de 83,333 plantas ha⁻¹, produjo el mayor rendimiento de grano superando a aquellas de 50,000 y 62,500 plantas por hectárea. El híbrido DK357 en la densidad de 83,333 plantas ha⁻¹ acumuló 8,414.4 kg ha⁻¹ de grano, valor superior al del testigo VS536, que a esa densidad produjo 5,826.6 kg ha⁻¹.

La variedad sintética VS536 registró la mayor altura de planta y el máximo rendimiento de hoja seca (brácteas de mazorca) de 1,355.7 kg ha⁻¹.

Si el objetivo del productor es obtener grano de maíz, se deberá utilizar el híbrido H520. Si el agricultor establece una densidad de 83,333 plantas por hectárea para producir grano deberá utilizar el híbrido DK357. En producción de forraje de maíz destinado a alimentar ganado rumiante se recomienda establecer la variedad sintética VS536.

8. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales 30(2):113-120.
- Aloni, R. y Griffith, M. 1991. Functional Xylem anatomy in the root-shoot junctions of six cereal. Planta 184:123-129.
- Alvarado, B. G. 2010. Diversidad de maíces nativos de tres nichos ecológicos del antiplano poblano-tlaxcalteca. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad. Texcoco, Estado de México. 120 p.
- Aragón, C. F., Taba, S., Castro, G. H. F., Hernández, C. J. M., Cabrera, T. J. M., Osorio, A. L. y Dillanés, R. N. 2005. In situ conservation and use of local maize races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized approach. In: Taba, S. (ed.). Latin American Maize Germplasm Conservation: Regeneration, In situ conservation, Core Subsets, and Prebreeding; Proceedings of a Workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003. CIMMYT, México, D. F. pp. 26-38.
- Astiasarán, I. y Martínez, J. A. 1999. Alimentos, composición y propiedades. McGraw-Hill, Interamericana. Madrid, España: 416 p.
- Ballesteros, M. 2003. Fuentes, cultivos y PAC. Producciones aspectos legislativos. CIEMAT. España. 31 p.
- Barros, C. y Buenrostro, M. 1997. El maíz nuestro sustento. Arqueología Mexicana 5(25):6-15.
- Beadle, G. W. 1939. Teosinte and the origin of maize. Journal of Heredity 30: 245-247.

- Cadena, V. H. 2010. Estudio de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) y su respuesta a la fertilización con N P_2O_5 y K_2O , en la zona de Boliche, provincia del Guayas. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 72 p.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89:1-16.
- Camacho, R. G., Garrido, O. y 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 Agricola*, Piracicaba 52(2):294-298.
- Camacho, V. T. C. y Chávez, S. J. L. 2004. Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán, México. En: Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos fitogénicos. Cali, Colombia. pp. 47-57.
- Cano, O., Tosquy, O. H., Sierra, M. y Rodríguez, F. A. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):199-203.
- Carangal, V. R. 1988. Maize in rice-based cropping systems. In C. De Leon, G. Granados y Wedderburn, R. N. (eds). *Proc. 3rd Asian Reg. Maize Workshop*, Kunming, PR, China, 8-15 Jun. 1988. México, DF, CIMMYT. pp. 119-140.
- Carrera, V. J. A. y Cervantes, S. T. 2006. Respuesta a densidad de población de cruas de maíz tropical y subtropical adaptadas a Valles Altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29:331-338.
- Castañedo, P. 1990. El maíz y su cultivo. Editorial AGT Editor S.A. Primera edición. México, D.F. 460 p.

- Castillo, G. F., Herrera, C. E., Romero, R. A. J., Ortega, P. M. M., Goodman, M. E. and Smith, M. E. 2000. Diversidad genética del maíz y su aprovechamiento *in situ* a nivel regional. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 7 p.
- Castillo, J. M., Rojas, B. A. y Wing Ching, J. R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense 33:133-146.
- CEDAF (Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal). 1998. Guía Técnica. Nº 33 serie cultivos. 1ª edición. 51 p.
- CFDC (The Ethanol Fact Book). 2007. A Compilation of information about fuel ethanol. United States. 127 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2006. Competitividad para la producción de maíz en los trópicos. Presentación elaborada por Alberto, L. N. Disponible en: http://www.ciat.cgiar.org/Newsroom/Documents/pdf_seminars/060614_Competit_para_a_la_produccion_de_maiz_en_los_tropicos_L_Narro.pdf. Consultado: Enero de 2014.
- Corcuera, V. R. 2012. Desarrollo y evaluación de nuevo germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) para uso especial en Argentina. Tesis de doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de producción vegetal. Valencia, España. 394 p.
- Cowieson, A. J. 2005. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. Animal Feed Science Technology 119:293-305.
- De la Cruz, L., Córdova H. O., Estrada, M. A. B., Mendoza, J. D. P., Gómez, A. V. y Brito, N. P. M. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. Universidad y Ciencia 25(1):93-98.

- DEKALB. 2010. Sorgos-maíces noreste centro-sur primavera-verano 2010. Folleto técnico No 12. México D.F. 5 p. Disponible en: http://www.dekalb.com.mx/dekalbcms/descargas/maízSorgo_noreste.pdf. Consultado: Septiembre del 2012.
- Delgado, M. R., Escalante, E. J. A. S., Díaz, R. R., Sants, A. T., Morales, R. E., y Sosa, M. E. 2014. Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(6):1015-1027.
- Dwyer, L. M. y Stewart, D. W. 1986. Leaf area development in field grown maize. *Agronomy Journal* 78:334-343.
- Edmeades, G. O., Bolaños, J. y Lafitte, H. R. 1992. Progress in breeding for drought tolerance in maize. In: D. Wilkinson, (ed). *Proceedings. 47th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., Chicago, Illinois, Dec. 1992, Washington, DC, ASTA.* pp. 93-111.
- Egüez, J. y Pintado, P. 2010. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) 103 “Mishqui Sara” Variedad de maíz blanco harinoso para consumo humano. Ficha Técnica. INIAP. Estación Experimental del Austro. Cuenca, Ecuador. 23 p.
- Elizondo, J. y Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):181-187.
- Elizondo, J. y Boschini, C. 2002. Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana* 13:13-17.
- Enríquez, M. 2006. Producción de etanol anhidro en ingenios azucareros. TECNOVIDIA. México. 91 p.
- Escalante, E. J. A. S. 2001. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y nitrógeno en girasol de humedad residual. *Terra* 19(1):19-27.

- Espinosa, C. A., Gómez, M. N., Sierra, M. M., Betanzos, M. E. y Caballero H.F. 2006. Variedades e híbridos de calidad proteínica. *Revista Academia Mexicana de las Ciencias* 57(2):1-10.
- Espinoza, G. B. 2003. Antocianinas de maíces de grano pigmentado (*Zea mays* L.) y medición de su actividad antioxidante. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. UACH. México. pp. 3-10.
- Espinoza, T. T., Mendoza, C. M. C. y Ortiz C. J. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones prolíficas de maíz en dos densidades de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(1):39-41.
- Esteva, G. 2003. Los arboles de las culturas mexicanas. En: Esteva, G. y Marielle, C. (eds). Sin maíz no hay país. CONACULTA. Museo Nacional de las culturas Populares. México. pp. 17-28.
- FAM (Fuerza Aérea Mexicana). 2015. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Escuela militar de mantenimiento No. 29. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.
- García, A. J. L. 2008. Tecnología para la producción de maíz en la región Papaloapan. Agroproduce. Fundación Produce Oaxaca A. C. pp. 21-22.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez, N. G., Sierra, M. M., Cantú, A. M., Rodríguez, M. F., Manjarrez, M. S., Gonzales, M. C., Espinosa, C. A., Betanzos, E. M., Córdoba, H. O., Caballero, F. H., Turrent, F. A., García, B. A., Ramírez, G., Sandoval, R. A., Coutiño, E. B., Cervantes, M. C., Reyes, C. M y Nava, L. V. 2003. "V-537C y V538C, nuevas variedades de maíz con alta calidad de proteína para el trópico mexicano". *Revista Fitotecnia Mexicana* 26(3):213-214.

- González, C. M., Gómez, M. N. O., Pereyda, H. J. y Muñiz, E. J. 2008a. Híbridos de maíz elotero tolerantes al complejo “mancha de asfalto” en el estado de Guerrero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Iguala, Guerrero, México. Folleto Técnico Núm. 17. 36 p.
- González, H. A., Vázquez, G. L. M., Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2008b. Diversidad fenotípica en variedades e híbridos de maíz en el Valle de Toluca-Atlacomulco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:67-76.
- Hernández, X. E y Alanís, F. G. 1970. Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México. *Agrociencia* 5:3-30.
- Herrera, C. B. E., Castillo, G. F., Sánchez, G. J. J., Ortega, P. R. y Goodman, M. M. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:335-354.
- Herrera-Saldana, R. E., Huber, J. T. y Poore, M. H. 1990. Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Science* 73(9):2386-2393.
- IFPRI (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias). 2009. Los biocombustibles y la seguridad alimentaria: Cómo balancear la necesidad de alimento humano, alimento animal y combustible. Soluciones sostenibles para acabar con el hambre y la pobreza apoyado por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Disponible en: <http://www.ifpri.org/themes/bioenergy/bioenergybrosp.pdf>. Consultado: 9 de septiembre del 2012.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática). 2005. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita, Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 170 p.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2007. Paquetes tecnológicos para maíz de temporal (Ciclo Agrícola Primavera-Verano) para condiciones de alto, medio y bajo potencial productivo. 50 p. Disponible en: <http://www.snitt.org.mx/Tech/Paquetes%20tecnologicos%20para%20maiz%20de20temporal.pdf>. Consultado: Septiembre del 2012.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2006. Producción de maíz elotero con un enfoque de agricultura de conservación de la zona media de San Luis Potosí. Folleto técnico No 42. San Luis Potosí, México. 20 p.
- Kato, Y. T. A., Mapes, S. C., Mera, O. L. M., Serratos, H. J. A. y Bye, B.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. México. 11 p.
- Keskin, B., Ibrahim, H.Y. y Arvas, O. 2005. Determination of some yield characters of grain corn in Eastern Anatolia Region of Turkey. *Agronomy Journal* 4:14-17.
- Lauer, J. G., Coors, J. G y Flanmery, P. J. 2001. Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Science* 41:1449-1455.
- Lazos, E. y Chauvet, M. 2011. Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. Proyecto global de maíces, informe de gestión, CONABIO. Disponible en: <http://www.bergfiles.com/i/bf4a076dfbh32i0>. Consultado: 28 de septiembre del 2014.
- Luna, F. M., Madrid, C. y Gutiérrez, J. R. 2002. Densidad de plantas en maíces de alta calidad de proteína. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Fitogenética*. México. 356 p.

- Matsuoka, Y., Vigouroux, Y. M. M., Sánchez, G. G., Buckler, E. y Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown va multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Scienses of the United States of America 99:6080-6084.
- Maya, L. J. B. y Ramírez, D. J. L. 2002. Respuesta de híbridos de maíz a la aplicación de potasio en diferentes densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana 25(4):333-338.
- Mejía, C. J. A. y Molina, G. J. D. 1999. Comparación de procedimientos para la conversión a rendimiento por hectárea en la evaluación de variedades tropicales de maíz. Agrociencia 33:159-163.
- Montoya, C. C. 2006. Fundamentos y situación actual del uso de etanol anhidro como oxigenante de gasolinas en Costa Rica. San José, Costa Rica. 13 p.
- Moreira, L. W. 2008. La experiencia brasileña en biocombustibles, downstream Area, Petrobras. Guadalajara, Jalisco. 117 p.
- Muchow, R.C.1990. Effect of high temperature on grain-growth in field-grown maize. Field Crops Research 23:145-158.
- Nadal, A. 2000. El caso del maíz mexicano en el NAFTA: Variabilidad genética y liberalización comercial. Biodiversidad 24:3-12.
- Njoka, E. M., Muraya, M. y Okumo, M. 2005. Plant density and tiñen regime effect on maize (*Zea mays* L.) grain and fodder yield. Australian Journal of Experimental Agriculture 44:1215-1219.
- NOVASEM, 2012. Maíces rudos, maíces fuertes NH5 mayor rendimiento y larga vida de anaquel. Folleto técnico No 9. Zapopan Jalisco. 6 p. Disponible en: <http://www.novasem.com.mx/suroeste.html#web>. Consultado: 10 de septiembre del 2012.

- Núñez, H. G., Contreras, G. E. F. y Faz, C. R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México* 41:37-48.
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2006. Agricultural market impacts of future growth in the production of biofuel. Committee for Agriculture. Disponible en: www.oecd.org. 2008. Annual Report 2008. OECD. (En línea). Disponible en <http://www.oecd.org/dataoecd/39/19/40556222.pdf>. Agricultural prices and biofuels 50-55. Consultado: 22 de enero del 2015.
- Ortega, P. R. 2003. La diversidad del maíz en México. In: Sin maíz no hay país. Esteva, G. C. M. (eds). Consejo Nacional para las Culturas Populares. México. pp.123-154.
- Ortega, P. R. y Sánchez, J. J. G. 1989. Aportaciones al estudio de la diversidad de maíz de las partes altas de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 12:105-119.
- Paulsen, G. M. 1994. High temperature responses of crop plants. In Boote, K.J., Bennett, J. M. Sinclair, T. R. y Paulsen G. M. (eds). *Physiology and determination of crop yield*, Madison, WI, USA, American Society of Agronomy. pp. 365-389.
- Pearson, B. D. 1991. Maíz. Segunda Edición. Editorial Trillas. México, D.F. 56 p.
- Peña, R. A., González, C. F., Núñez, H. G. y Jiménez, G. C. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(1):1-6.
- Pinter, L., Afoldi, Z., Burucs, Z. y Paldi, E. 1994. Feed value of forage maize hybrids varying in tolerance to plant density. *Agronomy Journal* 86:799-804.

- Piperno, D. R. y Flannery, K. V. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98:2101-2103.
- Poey, D. 1978. El mejoramiento integral maíz, valor nutritivo y rendimiento; hipótesis y métodos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 260 p.
- Polanco, J. A. y Flores, M. T. 2008. Bases para una política de innovación de la cadena de valor del maíz. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. México. 244 p.
- Quiroz, A. I. y Douglas, M. 2003. Rendimiento en grano y eficiencia en una asociación maíz (*Zea Mays* L.) y quinchoncho (*Cajannus cajan*) con y sin fertilizante. *Bioagro* 15(2):121-128.
- Rivera, N. A. 2007. Bioetanol de la Caña de Azúcar. *Avances en Investigación Agropecuaria*. México. 16 p.
- Saini, H. S. y Westgate, M. E. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy* 68:59-96.
- Saldaña, M. J. L. 2004. Participación de SIMEPRODESO en la ejecución del proyecto de Salinas Victorias. Memorias del segundo coloquio internacional de energía de los residuos sólidos capacitación y difusión. Sede ITESM Campus Monterrey, 16, 17 y 18 de febrero. 20 p.
- Sánchez, G. J. J., Goodman, M. M. y Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54:43-59.

- Sánchez, H. M. A., Valenzuela, J. N., Aguilar, M. C. U., Jiménez, R. M. C., Sánchez, H. C., Hernández, B. J y 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. México. 271-288.
- Sánchez, P. A., Nicholaides, J. J. y Couto, W. 1977. Physical and chemical constraints to food production in the tropics. In:G. Bixler y L.W. Shenilt, eds. Chemistry and world food supplies: the new frontiers, CHEMRAWN II, Los Baños, Philippines, IRRI. pp. 89-105.
- Sánchez, R. G., Martínez, M. F. A. y López, L. A. 1998. Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. FIRA. 124 p.
- Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. Ciencia Rural, Santa Maria 31(1):159-158.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Schmidt, K. y Van gerpen, J. 1996. The effect of biodiésel fuel composition on diésel combustion and emissions. Society of Automotive Engineers; SP.1181:113–24.
- Sener, O., Gozubenli, H., Konuskan, y O, Kiline, M. 2004. The effects of intra-row spacings on the grain yield and some agronomic characteristics of maize (*Zea mays* L.) hybrids. Asian Journal of Plant Sciences 3:429-432.
- Sharara, F. A., Shahawy, T.A. y Rokiek, K.G. 2005. Effect of some novel herbicides on the controlling weeds associated with maize plants. Agronomy Journal 4(2):88-95.
- Shekoofa, A, y Emam, Y. 2008. Plant growth regulator (ethephon) alters maize (*Zea mays* L.) growth, water use and grain yield under water stress. Agronomy Journal 7:41-48.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&itemid=351. Consultado: Septiembre de 2011.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado: Diciembre del 2014.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo 2014. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado: Diciembre del 2014.
- Sierra, M. M., Márquez, S. F., Valdivia, B. R., Córdoba, O. H., Lezama, G. R. y Pescador, R. A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Agricultura Técnica en México 30(2):169-181.
- Sierra, M. M., Palafox, C. A., Rodríguez, M. F., Espinosa, C. A., Montiel, N. G., Caballero, F. H., Sabel, B. F. y Gricelda, V. C. 2006. H518, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. Agricultura Técnica en México 32(1):115-119.
- Sierra, M. M., Palafox, C. A., Rodríguez, M. F., Espinosa, C. A., Gómez, M. N., Caballero, H. F., Barrón, F. S., Zambada, M. A. y Vásquez, C. G. 2008. H520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. Agricultura Técnica en México 34(1):119-122.
- 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., Vázquez, C. G., Gómez, M. N. y Barrón, F. S. 2011. H564C híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Academia Mexicana de las Ciencias* 1(2):71-84.
- Squire, G. R. 1990. *The physiology of tropical crop production*. Oxon, UK, CAB International. 236 p.
- Subedi, K. D. y Ma, B. L. 2005. Nitrogen uptake and partitioning in stay green and leafy maize hybrids. *Crop Science* 45:740-747.
- Subedi, K. D. y Ma, B.L. y Smith, D.L. 2006. Response of a leafy and nonleafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science* 46:1860-1869.
- Tanaka, A. y 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.
- The Ethanol. 2004. Loba Corn Promotion Board. Iowa Corn Growers Association. 127 p.
- Tinoco, A. C. A., Rodríguez, M. F. A., Sandoval, R. J. A., Barrón, F. S, Palafox C. A., Esqueda, E. V. A., Sierra, M. M. y Romero, M. J. 2002. *Manual para la producción de maíz para los Estados de Veracruz y Tabasco*. Libro Técnico Núm. 9. Campo Experimental Papaloapan. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 113 p.
- Tosquy, O., Sierra M. M., Rodríguez, M. F., Castillo, R., Ortíz, J., Tinoco, C., Sandoval, A. y Uribe, S. 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) de cruza doble H-512 en el Estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6:93-97.

- Vallone, P., Gudelj, V., Galarza, C., Masiero, B., Vranicich, C. y Nebreda, J. 2010. Ensayo de densidad y distancias de siembra en maíz. INTA. 52 Estación Experimental Marcos Juárez. Argentina. 11-15 p. Disponible en: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads2011/05ENSAYO-DE-DESIDAD-Y-DISTANCIA-DE-SIEMBRA-DEMAIZ.pdf>. Consultado: Enero del 2014.
- Van Toai, T. T., Fausey, N. R. y McDonald, M. B. 1988. Oxygen requirements for germination and growth of flood-susceptible and flood-tolerant corn lines. *Crop Science* 28:79-83.
- Vilaboa, A. J., Díaz, R. P., Ruíz, R. O., Platas, R. D. E., González, M. S. y Juárez, L. F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(1):53-62.
- Violic, A. D. 2001. Manejo integrado de cultivos. En: *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D. (eds). FAO, Roma. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s22.htm#P0_0. Consultado: Enero de 2014.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernández, E. X. 1952. *Races of Maize in México*. The Bussey Institution of Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 223 p.
- Westgate, M. E. 1994. Seed formation in maize during drought. In Boote, K. J., Bennett, J. M., Sinclair T. R. y Paulsen, G. M. (eds). *Physiology and determination of crop yield*, Madison, WI, USA, American Society of Agronomy 361-364.

9. APÉNDICE

62,500	50,000	83,333		50,000	83,333	62,500		83,333	62,500	50,000	
H520 1	VS536 12	NH5 13	C	H564C 24	HE1A17 25	DK357 36	C	VS536 37	NH5 48	H520 49	C
CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m			
DK357 2	H564C 11	H520 14	A	NH5 23	DK357 26	VS536 35	A	HE1A17 38	H520 47	NH5 50	A
CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m			
HE1A17 3	NH5 10	DK357 15	L	VS536 22	H520 27	H564C 34	L	NH5 39	VS536 46	H564C 51	L
CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m			
H564C 4	HE1A17 9	VS536 16	L	DK357 21	NH5 28	HE1A17 33	L	H520 40	DK357 45	VS536 52	L
CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m			
NH5 5	H520 8	H564C 17	L	HE1A17 20	VS536 29	H520 32	L	DK357 41	H564C 44	HE1A17 53	L
CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m				CALLE 0.5 m			
VS536 6	DK357 7	HE1A 18	E	H520 19	H564C 30	NH5 31	E	H564C 42	HE1A17 43	DK357 54	E

Figura 1A. Distribución en campo de seis genotipos de maíz en tres densidades de siembra y tres repeticiones. Loma Bonita, Oaxaca, México. Años 2012-2013.



Figura 2A. Floración femenina en maíz.



Figura 3A. Obtención de la variable longitud de mazorca (cm).



Figura 4A. Obtención de la variable peso de mazorca (g).



Figura 5A. Obtención de la variable diámetro de mazorca (cm).



Figura 6A. Obtención de la variable altura de planta (cm).



Figura 7A. Rendimiento de grano de genotipos de maíz (kg ha^{-1}).

**RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍCES HIBRIDOS DEL
TRÓPICO
HUMEDO DE MEXICO
2DO. ENCUESTRO DE JÓVENES INVESTIGADORES DEL
ESTADO DE OAXACA**

Jiménez Maya Juan Benedicto A; Juan Lorenzo Francisco B.

*Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita,
Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230.*

Abetonedic@hotmail.com; Bca_nito@hotmail.com

Sánchez Hernández Miguel Ángel C

*Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita,
Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230.*

Cmsanchez@unpa.edu.mx

Resumen

Se realizó un estudio en seis genotipos de maíz con el objetivo de identificar su potencial de producción de grano y hoja. El ensayo se efectuó en la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita. Los genotipos utilizados fueron: DK357, HE1A17, VS536, H520, NH5 y H564C. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹). Cada parcela experimental fue de 12.8 m². Las variables en estudio fueron: largo de mazorca (Lmz), diámetro de mazorca (Dmz), peso de mazorca (Pmz, g), peso de 100 granos (P100G, g), número de granos por mazorca (Gpm), rendimiento de grano (RG) y rendimiento de hoja seca (Rho). Se realizó un análisis de varianza para genotipos, densidades, repeticiones y la interacción genotipos por repeticiones, además de una prueba de comparación de medias por Tukey ($p < 0.05$). Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas entre genotipos, densidades y repeticiones. La prueba de comparación de medias detectó un mayor rendimiento de grano en el híbridos H520 que produjo 5,993.3 t ha⁻¹ superando en rendimiento al DK357. El mayor rendimiento de hoja se obtuvo con el sintético VS536 y el híbrido H520.

El Gobierno del Estado de Oaxaca, la Coordinación General de Educación Media Superior y Superior, Ciencia y Tecnología (COCYT), con el apoyo del Consejo Oaxaqueño de Ciencia y Tecnología (COCT), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SECTES), reconocen al alumno Juan Benedito Jiménez Maya por su destacada participación en el "2º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Oaxaca".

OTORGAN

RECONOCIMIENTO

JUAN BENEDICTO JIMENEZ MAYA

Por su destacada participación en el "2º Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Oaxaca"




Ing. Alberto Sánchez López
Director General del COCT


COCYT
Consejo
Oaxaqueño
de Ciencia y
Tecnología


Dr. Juan Carlos Méndez
Director General del COCT



Rendimiento en grano de maíces híbridos en el trópico húmedo de México

Sánchez, Hernández Miguel Ángel¹; Jiménez, Maya Juan Benedicto²; Lorenzo Francisco Juan³

^{1,2,3} Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. Ciudad Universitaria Loma Bonita, Oaxaca, México. C.P. 68400 Tel. y Fax: 01(281) 872-9230. msanchez@unpa.edu.mx. betonedic@hotmail.com. ca_nito@hotmail.com

Resumen

Se realizó un estudio en seis genotipos de maíz con el objetivo de identificar su potencial de producción de grano y hoja. El ensayo se efectuó en la Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita. Los genotipos utilizados fueron: DK357, HE1A17, H520, NH5, H564C y la variedad sintética VS536. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹). Cada parcela experimental fue de 12.8 m². Las variables en estudio fueron: altura de la planta (APL, cm), días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DDF), peso de mazorca (PMZ, g), longitud de mazorca (LMZ, cm), diámetro de mazorca (DMZ, cm), número de granos por mazorca (GPM, g), peso de cien granos (P100G, g), rendimiento de grano (REN, ha⁻¹), rendimiento de hoja seca (RHS, kg ha⁻¹). Se realizó un análisis de varianza para genotipos, densidades, repeticiones y la interacción genotipos por densidades, además de una prueba de comparación de medias por Tukey (P≤0.05). Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas entre genotipos, densidades y repeticiones. La prueba de comparación de medias detectó un mayor rendimiento de grano en el híbrido H520 que produjo 5,993.3 kg ha⁻¹ superando en rendimiento al DK357. El mayor rendimiento de hoja se obtuvo con el sintético VS536 y el híbrido H520.

3er. Congreso
Internacional de
Investigación en Ciencias
Básicas y Agronómicas



Noviembre 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
COLEGIO DE POSTGRADUADOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

OTORGAN LA PRESENTE

CONSTANCIA

A: Sánchez Hernández Miguel Ángel; Jiménez Maya Juan
Benedicto; Lorenzo Francisco Juan

Por su participación como PONENTES del tema: RENDIMIENTO EN GRANO DE MAÍCES HÍBRIDOS EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO en el 3er. Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, llevado a cabo los días 6 y 7 de noviembre de 2014 en la Universidad Autónoma Chapingo.

Chapingo, México, noviembre de 2014.

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas
Director General de Investigación y Posgrado

Dr. Francisco Pérez Soto
Coordinador General del Congreso



PRODUCCIÓN DE GRANO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

Sánchez H., M. A.¹; Jiménez M., J. B.¹; Palacios T., R. E.¹; Morales T., G.¹; Ramírez S., A. R.¹; Prieto B., L. A.¹; Bustamante O., A. G.¹.

¹Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. 68400, Loma Bonita, Oaxaca, México.

Email: betonedic@hotmail.com

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de México y Centroamérica (Elizondo y Boschini, 2002), se utiliza para consumo humano con 209.8 kg per cápita en México (Sierra *et al.*, 2010), y en alimentación animal como grano o forraje por su alto contenido de biomasa aérea con un promedio de 35 a 95 t ha⁻¹ (Castillo *et al.*, 2009). En México en el año 2013 se cosecharon 7.1 millones de hectáreas de maíz para grano (FAO, 2015). Registrándose para Oaxaca un 80 % de su superficie establecida con maíces criollos, con rendimientos en grano de 1.4 a 2.2 t ha⁻¹. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento en grano y hoja en híbridos de maíz producidos en la Baja Cuenca del Papaloapan.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca a 18° 06' 25" LN y 95° 52' 50" LW a una altura de 25 msnm con clima cálido húmedo. La precipitación y temperatura media son de 1845.2 mm y 25 °C (Anónimo, 2006). Se estudiaron seis genotipos de maíz: H520, H564C, HE1A17, DK357, NH5 y VS536, que se ubicaron en un diseño de bloques al azar con tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹) y tres repeticiones. La parcela experimental de 12.8 m² fue de cuatro surcos de 4 m de largo cada uno. Se fertilizó con la fórmula 161-46-00 en dos oportunidades, haciendo un control manual de malezas y un control químico de plagas y enfermedades. Las variables en estudio fueron: RG=rendimiento de grano para cada genotipo (kg ha⁻¹), DM=diámetro de mazorca (cm), PM=peso de mazorca (g), PCG=peso de cien granos (g), NGM=número de granos por mazorca (g), LM= longitud de mazorca (cm), RHS=rendimiento de hoja seca (kg ha⁻¹). La información obtenida se sometió a un análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2010). Se realizó una comparación de medias de tratamientos, para aquellas variables que mostraron significancia estadística utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

El análisis de varianza detectó diferencias al 1 % para siete caracteres en estudio indicando un rendimiento distinto entre genotipos. La comparación de

medias mostró que H520 fue superior en rendimiento en cinco de siete caracteres, seguido de DK357 y H564C (Cuadro 1). Por su parte VS536 y HE1A17 tuvieron rendimientos bajos en la mayoría de los caracteres en estudio. Por rendimiento el H520 acumuló 5993 kg ha⁻¹ superior a lo reportado por Sierra *et al.* (2011) quienes declararon 5380 kg ha⁻¹. El híbrido H564C que rindió 5060 kg ha⁻¹, en otros estudios promedió 5420 kg ha⁻¹ (Sierra *et al.*, 2011). Para rendimiento de hoja fue estadísticamente diferente VS536 y H520. Estos resultados demuestran que por tener un porte alto y ser un genotipo más tardío que los híbridos el sintético VS536 sobresalió en producción de hoja.

Cuadro 1. Rendimiento de grano y sus componentes de seis genotipos de maíz. Loma Bonita, Oaxaca, México.

	DMS	DK357	H564C	H520	HE1A17	NH5	VS536
RG	548.2	5736.2a	5060.0b	5993.3a	3951.2c	5172.4b	4974.1b
DM	0.2	4.6a	4.4ab	4.6a	3.9c	4.6a	4.4ab
PM	14.5	162.9ab	167.9ab	176.6a	125.6c	157.1b	155.5b
PCG	2.5	28.8c	27.2c	31.7a	26.7c	30.3ab	30.4ab
NGM	36.3	456.8a	417.07b	400.9b	338.0d	394.9bc	359.2cd
LM	1.7	14.6b ^z	17.0a	14.7b	14.0b	14.3b	14.0b
RHS	184.9	1081.4b	1009.4bc	1304.9a	850.6c	1007.3bc	1355.7a

RG=rendimiento de grano para cada genotipo (kg ha⁻¹), DM=diámetro de mazorca (cm), PM=peso de mazorca (g), PCG=peso de cien granos (g), NGM=número de granos por mazorca (g), LM= longitud de mazorca (cm), RHS=rendimiento de hoja seca (kg ha⁻¹). ^zValores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Los rendimientos más altos en grano se registraron con los híbridos H520 y DK357 y los más bajos se presentaron en el híbrido HE1A17. Para rendimiento de hoja sobresalió la variedad sintética VS536 y el híbrido H520.

Literatura citada

- Anónimo. 2006. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita. Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México.
- Castillo, J.M.; Rojas, B.A.; Wing Ching, J.R. 2009. "Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado con vigna (*Vigna radiata*)". *Agronomía Costarricense* 33:133-146.
- Elizondo, J.; Boschini, C. 2002. "Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido". *Agronomía Mesoamericana* 13:13-17.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Estadística de países productores: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>. Consultado el 10 de enero de 2015.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. Institute Inc. Cary, NC, USA.

- 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 México region". *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:485-493.
- Sierra M., M.; Palafox, C. A.; Rodríguez M., F.; Espinosa C., A.; Vázquez C., G.; Gómez M., N.; Barrón F., S. 2011. H-564C, híbrido de maíz con alta calidad de proteína para el trópico húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(1): 71-84.



III CONGRESO INTERNACIONAL Y XVII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Juan Benedicto Jiménez Maya

por su participación como:

PONENTE

ORAL

**PRODUCCIÓN DE GRANO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN
DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA**

cuyos autores son

Sánchez H., M. A, Jiménez M., J. B, Palacios T., R. E, Morales T., G, Ramírez S., A. R, Prieto B., L. A,
Bustamante O., A. G

Chapingo, Edo. de México, del 22 al 24 de abril de 2015.

Dr. José de Jesús López Reynoso
Presidente del Comité Organizador

Dr. Juan Martínez Solís
Tesorero del Comité Organizador

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

Jiménez M., J. B.¹; Sánchez H., M. A.¹; Palacios T., R. E.¹; Morales T., G.¹; Ramírez S., A. R.¹; Cruz V., M. ¹; Prieto B., L. A.¹

¹Universidad del Papaloapan. Av. Ferrocarril s/n. 68400, Loma Bonita, Oaxaca, México.

Email: betonedic@hotmail.com

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de México y Centroamérica (Elizondo y Boschini, 2002), se utiliza para consumo humano con 209.8 kg per cápita en México (Sierra *et al.*, 2010), y en alimentación animal como grano o forraje por su alto contenido de biomasa aérea con un promedio de 35 a 95 t ha⁻¹ (Castillo *et al.*, 2009). En México en el año 2013 se cosecharon 7.1 millones de hectáreas de maíz para grano (FAO, 2015). En Oaxaca se siembran 600,747 ha, 80 % con variedades adaptadas a cada región agrícola, en particular en el Distrito Tuxtepec el rendimiento en grano va de 1.2 a 1.9 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Es de destacar que la producción de forraje de maíz se concentra en dos de las siete regiones: Mixteca con 463 hectáreas y un rendimiento de 35 t ha⁻¹ de forraje verde, y Valles Centrales con 762 ha y 35.4 t ha⁻¹. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento en forraje de maíces producidos en Loma Bonita, Oaxaca.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la Universidad del Papaloapan, Loma Bonita, Oaxaca a 18° 06' LN y 95° 52' LW a 25 msnm con clima cálido húmedo. La precipitación y temperatura media son de 1,845.2 mm y 25 °C (Anónimo, 2006). Se estudiaron los genotipos de maíz: H520, H564C, HE1A17, DK357, NH5 y VS536, que se ubicaron en un diseño de bloques al azar con tres densidades de siembra (50,000; 62,500 y 83,333 plantas ha⁻¹) y tres repeticiones. La parcela experimental de 12.8 m² fue de cuatro surcos de 4 m de largo cada uno. La fertilización se hizo con la fórmula 161-46-00 en dos oportunidades, haciendo un control manual de malezas y químico de plagas y enfermedades. Las variables en estudio fueron: Rendimiento de forraje (RF; t ha⁻¹), altura de planta (AP; cm), diámetro de tallo (DTA; cm), peso de hojas (PH; g), peso de tallo (PT; g), peso de elote con hojas (PEH; g), número de granos por elote (NGE), peso de espigas (PES; g).

Resultados y Discusión

La prueba de comparación de promedios indicó que la variedad sintética VS536 fue superior en producción de forraje al resto de híbridos en estudio, seguido de H564C (p≤0.05; Cuadro 1). Lo anterior se explica porque el sintético al ser

tardío acumuló una mayor cantidad de fotoasimilados sobresaliendo en las variables AP, PEH y NGE, aunado a que sus días a floración masculina y femenina fueron mayores a los del resto de híbridos promediando 66 días a masculina y 71 días a floración femenina. Los híbridos DK357, NH5 y H520 no fueron importantes en producción de biomasa ya que sobresalieron en rendimiento de grano ($p \leq 0.05$), lo cual se asocia con un mayor número de granos por elote. Peña *et al.* (2004) indicaron que en México, las variedades de maíz mejoradas se han formado y seleccionado para rendimiento de grano y no para producción de forraje.

Cuadro 1. Prueba de comparación de medias para seis genotipos de maíz con aptitud forrajera. Loma Bonita, Oaxaca, México.

	DMS	DK357	H564C	H520	HE1A17	NH5	VS536
RF	3.3	30.7c	36.6ab	33.2c	33.3bc	31.7c	38.8a
AP	5.9	190.0b ^z	176.8c	178.3c	166.8d	172.7cd	202.7a
DTA	0.1	1.2b	1.5a	1.2b	1.5a	1.5a	1.5a
PH	20.4	128.3c	162.3a	139.7bc	159.9ab	122.9c	160.7a
PT	13.6	82.6c	106.9b	88.9c	82.4c	81.4c	130.8a
PEH	27.6	258.1b	302.9a	275.9ab	259.6b	272.9b	302.8a
NGE	35.9	462.7a	449.9a	403.8b	390.7b	374.5b	380.0b
PES	0.8	5.6d	7.0ab	6.5bc	6.2bcd	5.8cd	7.7a

RF=Rendimiento de forraje ($t\ ha^{-1}$), AP=Altura de planta (cm), DTA=Diámetro de tallo (cm), PH=Peso de hojas (g), PT=Peso de tallo (g), PEH=Peso de elote con hojas (g), NGE=Número de granos por elote, PES=Peso de espigas (g).

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Conclusiones

Los rendimientos más altos en producción de forraje se registraron con la variedad sintética VS536 y los más bajos se presentaron en los híbridos DK357, NH5 y H520.

Literatura citada

- Anónimo. 2006. Cuaderno Estadístico Municipal de Loma Bonita. Estado de Oaxaca. Aguascalientes, México. 170 p.
- Castillo, J.M.; Rojas, B.A.; Wing Ching, J.R. 2009. "Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado con vigna (*Vigna radiata*)". *Agronomía Costarricense* 33:133-146.
- Elizondo, J.; Boschini, C. 2002. "Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido". *Agronomía Mesoamericana* 13:13-17.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2015. Estadística de países productores: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>. Consultado el 10 de enero de 2015.
- Peña R. A.; González C. F.; Núñez H. G.; Jiménez G. C. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:1-6.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. Institute Inc. Cary, NC, USA.

- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Anuario de Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Disponible en: <http://www.oeidrus-veracruz.gob.mx/>. Consultado el 13 de Noviembre de 2014.
- 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.



**III CONGRESO INTERNACIONAL
Y XVII CONGRESO NACIONAL
DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Juan Benedicto Jiménez Maya

por su participación como:

PONENTE

del Oral

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE HÍBRIDOS DE MAÍZ EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA

cuyos autores son

**Jiménez M., J. B., Sánchez H., M. A., Palacios T., R. E., Morales T., G., Ramírez S., A. R., Cruz
V., M., Prieto B., L. A.**

Chapingo, Edo. de México, del 22 al 24 de abril de 2015.

Dr. José de Jesús López Reynoso
Presidente del Comité Organizador

Dr. Juan Martínez Solís
Tesorero del Comité Organizador