

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“RENDIMIENTO DE GRANO Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE MAÍZ EN
SURCOS CONVENCIONALES-ESTRECHOS”**

**POR:
ELMER ADAIR SÁNCHEZ RETAMA**

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“RENDIMIENTO DE GRANO Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE MAÍZ EN SURCOS
CONVENCIONALES-ESTRECHOS”

POR
ELMER ADAIR SÁNCHEZ RETAMA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

VOCAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:


ING. JONATHAN ORTEGA SÁNCHEZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“RENDIMIENTO DE GRANO Y CALIDAD FISIOLÓGICA DE MAÍZ EN SURCOS
CONVENCIONALES-ESTRECHOS”

POR
ELMER ADAIR SÁNCHEZ RETAMA

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORIA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

ASESOR:


ING. JONATHAN ORTEGA SÁNCHEZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2017

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias, por ayudarme a encontrar buenas personas en el camino, por cuidarme siempre.

A mis padres **MAGDALENO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ** y **MARÍA SANDRA RETAMA PATRICIO** por haberme dado la vida y estar con migo en todo momento apoyándome, por su amor incondicional, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir, por formarme con buenos valores y por siempre confiar en mí, los amo y admiro mucho.

A mi **ALMA MATER** la **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UL**, por darme la oportunidad de entrar a sus instalaciones y ser un alumno buitre, por todas las oportunidades y experiencias que me diste, por formarme profesionalmente y llegar a ser un **Ingeniero Agrónomo**.

A la **DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA** por aceptarme en este proyecto y ser parte de su equipo de trabajo, por todas las experiencias que obtuve y sobre todo gracias por el apoyo y confianza.

Al **DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA** por el apoyo brindado, por su gran disposición en este trabajo y por los consejos que me dio.

A mi primo **JONATHAN ORTEGA SÁNCHEZ** por apoyarme enormemente en la realización de este trabajo de investigación.

A la **M.C. AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ** por apoyarme en los trabajos en campo, por los consejos y por la confianza.

Al **MC. JOSE LUIS COYAC RODRIGUEZ** por aceptar ser parte del grupo de asesores.

Y a mis amigos **Antonio López Murillo, Jonathan Ortiz López, Elizabeth Arellanes Jiménez, Guadalupe Cruz Cruz, Omar Hernández Mendoza, Normaida Hernández Juárez y Leocadio Gómez Fuentes** quienes fueron de gran apoyo en el transcurso de este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres: **MAGDALENO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ Y MARÍA SANDRA RETAMA PATRICIO** quienes con tanto esfuerzo me han sacado adelante y siempre han querido hacer de mí una persona de provecho y de bien, porque confiaron en mí, los amo con todo mi corazón.

A mis hermanas: **ANA YANELI SÁNCHEZ RETAMA y RUBICET YURIANA SÁNCHEZ RETAMA** quienes han estado conmigo en todo momento apoyándome, dándome siempre fuerzas para seguir adelante, las amo con todo mi corazón.

A mis hermosos sobrinos: **ZULEYMA JITZEL TELLEZ SÁNCHEZ, ANDREA TELLEZ SÁNCHEZ, KIMBERLI NAHOMI BENITEZ SÁNCHEZ, KEVIN BENITEZ SÁNCHEZ, ALBERTO TELLEZ SÁNCHEZ,** y al pequeño que viene en camino, los amo.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna durante el ciclo Primavera-Verano del año 2016, donde se evaluaron cinco híbridos comerciales con diferentes distancias entre surco y surco (0.75 m, 0.60 m y 0.40 m), para así poder determinar la relación de surcos estrechos en el rendimiento de grano y la calidad fisiológica de semillas. El diseño experimental fue un diseño factorial de 5x3 con arreglo en franjas divididas, para el factor A se colocaron los cinco híbridos de maíz y el factor B fueron los tres distanciamientos entre surcos. La parcela experimental consistió en 2 surcos de 5 m. Se midieron variables agronómicas y la calidad fisiológica de semilla. La cosecha para grano se realizó cuando las mazorcas se encontraban con la humedad óptima. Para el comportamiento agronómico se obtuvieron resultados altamente significativos. En el rendimiento de grano los híbridos más sobresalientes fueron: Garañón, Alicante y el Canguro con los siguientes rendimientos 9.027 t ha^{-1} , 7.248 t ha^{-1} y 6.955 t ha^{-1} respectivamente. Los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m. La calidad fisiológica de la semilla no se vio afectada por el distanciamiento entre surcos.

Palabras Clave: *Zea mays* L., surcos convencionales-estrechos, rendimiento de grano y calidad fisiológica de semilla.

	INDICE	Pág.
AGRADECIMIENTOS		I
DEDICATORIA		II
RESUMEN.....		III
INDICE		IV
INDICE DE CUADROS		VI
ÍNDICE DE FIGURAS		VII
I.- INTRODUCCIÓN.....		1
1.1.-Objetivos		3
1.2.-Hipótesis.....		3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....		4
2.1 Maíz para grano en la Comarca Lagunera		5
2.2 Importancia del maíz grano en la Comarca Lagunera		5
2.3 Rendimiento de maíz en grano		6
2.4 Densidad de plantas		7
2.5 Altura de planta		9
2.6 Rendimiento del maíz en respuesta a arreglos topológicos		9
2.7 Surcos estrechos.....		11
2.8 Componentes de rendimiento		13
2.8.1 Diámetro de la mazorca.....		13
2.8.2 Número de hileras por mazorca		14
2.8.3 Número de granos por hileras		14
2.8.4 Número de granos por mazorca.....		14
2.9 El grano o semilla.....		15
2.10 Calidad de grano.....		15
2.11 Calidad nutricional del grano.....		16
2.12 Calidad fisiológica de la semilla.....		17
2.13 Pruebas de germinación y vigor		18
III.- MATERIALES Y METODOS.....		20
3.1.- Localización geográfica		20
3.2.- Localización del área experimental		20
3.3.- Material genético.....		20
3.4.- Siembra		21
3.5.- Diseño y parcela experimental		21
3.6.- Manejo agronómico del lote experimental		21
3.7.- Aclareo de plantas		21
3.8.- Riegos.....		21
3.9.- Fertilización.....		22
3.10.- Control de maleza		22
3.11.- Control de plagas		23
3.12.- Variables agronómicas evaluadas.....		24
3.12.1.- Floración masculina (FM):		24
3.12.2.- Floración femenina (FF):.....		24
3.12.3.- Altura de planta: (AP)		24
3.12.4.- Altura de mazorca (AM):		24

3.12.5.- Cosecha.....	24
3.13.- Variables de rendimiento.....	25
3.13.1.- Peso de las mazorcas	25
3.13.2.- Peso de grano	25
3.13.3- Peso de olote	25
3.13.4 Rendimiento de Grano (RG).....	25
3.13.4.1- Superficie cosechada (SC).....	26
3.13.4.2- Constante de la Superficie Cosechada (CSC).....	26
3.13.4.3- Humedad de campo (HC).....	26
3.13.4.4- Factor de Humedad (FH).....	26
3.13.5.- Diámetro de Mazorca (DM)	27
3.13.6. Número de Hileras por mazorca (NH).....	27
3.13.7. Número de Granos por Hilera (NGH).....	27
3.14.- Variables de calidad fisiológica:	27
3.14.1.- Ensayo de germinación estándar:.....	27
3.14.2.- Longitud de plúmula (LP).....	28
3.14.3.- Peso de mil semillas (PMS).....	28
3.14.4.- Peso volumétrico (PV).....	29
3.14.5.- Longitud de Grano (LG)	29
3.14.6.- Ancho de Grano (AG).....	29
3.14.7.- Espesor de Grano (EG)	30
3.15.- Diseño estadístico	30
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	31
4.1 Análisis de varianza de cinco híbridos comerciales de maíz.....	31
4.2. Promedio de variables agronómicas de cinco híbridos comerciales de maíz.....	33
4.2.1 Floración Masculina (FM)	33
4.2.2 Floración Femenina (FF)	34
4.2.3 Altura de Mazorca (AM)	36
4.2.4 Altura de planta (AP)	37
4.2.5 Rendimiento de Grano (RG)	38
4.2.6 Diámetro de Mazorca (DM).....	40
4.2.7 Número de Hileras (NH)	41
4.2.8 Número de Granos por Hilera (NGH).....	42
4.3 Promedio de variables para calidad fisiológica de semilla de cinco híbridos comerciales de maíz.....	43
4.3.1 Germinación (GE).....	43
4.3.2 Longitud de Plúmula (LP).....	44
4.3.3 Peso Volumétrico (PV).....	45
4.3.4 Peso de Mil Semillas (PMS).....	46
4.3.5 Largo de Grano (LG)	47
4.3.6 Ancho de Grano (AG)	48
4.3.7 Espesor de Grano (EG)	49
V.- CONCLUSIONES	50
VI. - BIBLIOGRAFIA	51

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.- Características de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	20
Cuadro 2.-Número de riegos aplicados en cinco híbridos comerciales de maíz UAAAN-UL 2016.....	22
Cuadro 3.-Fertilización aplicada en cinco híbridos comerciales de maíz UAAAN-UL 2016.....	22
Cuadro 4.-Control de malezas en cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	23
Cuadro 5.- Control de plagas en híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	23
Cuadro 6.- Rangos de longitud media para determinar el vigor en plántulas (Peretti, 1994). UAAAN-UL 2016.....	28
Cuadro 7.- Cuadrados medios para el comportamiento agronómico de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	32
Cuadro 8.- Cuadrados medios de calidad fisiológica de semilla de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comparación de medias para la variable Floración Masculina (FM) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	34
Figura 2. Comparación de medias para la variable Floración Femenina (FF) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	35
Figura 3. Comparación de medias para la variable Altura de Mazorca (AM) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	36
Figura 4. Comparación de medias para la variable Altura de Planta (AP) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	37
Figura 5. Comparación de medias para la variable Rendimiento de Grano (RG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	39
Figura 6. Comparación de medias para la variable Diámetro de Grano (DG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	40
Figura 7 . Comparación de medias para la variable Número de Hileras (NH) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	41
Figura 8. Comparación de medias para la variable Número de Granos por Hilera (NGH) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	42
Figura 9. Comparación de medias para la variable Germinación (GE) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	43
Figura 10. Comparación de medias para la variable Longitud de Plúmula (LP) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	44
Figura 11. . Comparación de medias para la variable Peso Volumétrico (PV) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	45
Figura 12. Comparación de medias para la variable Peso de Mil Semillas (PMS) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	46
Figura 13. Comparación de medias para la variable Largo de Grano (LG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	47
Figura 14. Comparación de medias para la variable ancho de Grano (AG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.....	48
Figura 15. Comparación de medias para la variable Espesor de Grano (EG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.	49

I.- INTRODUCCIÓN

El Rendimiento de grano en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los problemas que aquejan la producción y tiene repercusiones en la alimentación y la exportación de granos básicos (Raygoza, 2000) una alternativa para aumentar el Rendimiento es la siembra del maíz en arreglos topológicos con surcos angostos respecto a surcos convencionales (0.76 m), ya que permite incrementar el rendimiento de grano como consecuencia de disminuir la competencia entre plantas dentro del surco por luz, agua y nutrimentos (Bullock *et al.*, 1988; Barbieri *et al.*, 2000).

En diferentes regiones productoras de maíz en el mundo, la competencia entre las plantas cuando están cada vez más juntas al aumentar la densidad de población en el surcado convencional de 70 a 80 centímetros, se ha tratado de reducir mediante el uso de un surcado más angosto, como el de 50 centímetros y otras modalidades, con lo cual las plantas por hectárea quedan distribuidas en forma más dispersa a través del surco, logrando así una menor competencia entre ellas, permitiendo un mejor aprovechamiento de la luz, una mejor distribución de las raíces y la obtención de mayor rendimiento. (Soltero *et al.*, 2010).

En México, algunos ejemplos del uso de surcado angosto a nivel comercial se han tenido en el Pacífico Norte, y ya empieza a utilizarse con diferentes modalidades en otras regiones del país (Soltero *et al.*, 2010).

La siembra de maíz en surcos angostos es una nueva tecnología que permite un mayor espaciamiento de plantas en el surco, un mejor aprovechamiento del suelo y agua, y un control más eficiente de maleza (INIFAP *et al.*, 2010).

Una semilla de calidad contribuye a mayor eficiencia varietal productiva, ya que es capaz de emerger de manera rápida y uniforme, bajo diferentes condiciones ambientales (Pérez *et al.*, 2006). La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos (Kelly, 1988), los cuales mejoran el establecimiento de la planta en campo, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995).

Considerando la importancia de esta tecnología y siendo la Comarca Lagunera una región que implica una alta demanda de producción de forraje y grano de calidad por ser una de las cuencas lecheras más grandes del país; se estableció en el ciclo agrícola primavera-verano de 2016 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna la evaluación de cinco híbridos comerciales de maíz con el objetivo de evaluar el efecto del distanciamiento entre surcos sobre el rendimiento de grano y la calidad fisiológica de la semilla.

1.1.-Objetivos

Evaluar el rendimiento y calidad fisiológica de los granos en surcos estrechos de maíz.

1.2.-Hipótesis

Hipótesis nula: La calidad fisiológica y el rendimiento de grano de maíz no cambian al usar dos métodos de siembra, el convencional y surcos estrechos.

Hipótesis alterna: La calidad fisiológica y el rendimiento de grano de maíz cambian considerablemente al usar dos métodos de siembra, el convencional y surcos estrechos.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más utilizados para consumo humano (Malvar *et al.* 2008, Madamombe *et al.*, 2009) y animal, siendo así el tercer cultivo más importante en el mundo (Antolín *et al.*, 2009, Edalat *et al.*, 2009, Reta *et al.*, 2010).

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima que la Producción Mundial de Maíz 2017/2018 será de 1031.86 millones de toneladas, cerca de 1.8 millones de toneladas menos de estimado el mes pasado (USDA, 2016).

La Producción Mundial de Maíz en el año 2016 fue de 1067.21 millones de toneladas. Los 1031.86 millones de toneladas estimados este año significa una disminución de 35.35 millones de toneladas o un -3.31 por ciento en la producción de maíz alrededor del mundo (USDA, 2016).

La producción nacional de maíz grano del ciclo otoño-invierno 2016-2017, fue de 7 millones 866 toneladas, 7.8% menor que la registrada en el mismo mes del año pasado. Derivado de una menor superficie sembrada y cosechada -9.1 por ciento y -8.2 por ciento, respectivamente. En Sinaloa se obtuvo una producción de 5.5 millones de toneladas; 10% menos que la obtenida en el ciclo homólogo anterior, pero 25% mayor a la del promedio de los ciclos que van de 2012 a 2016 (Siap, 2016).

2.1 Maíz para grano en la Comarca Lagunera

En La Comarca Lagunera, ubicada en el Norte de México, se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano y 24 000 ha de maíz forrajero (SAGARPA, 2005), en su mayoría con híbridos comerciales para grano desarrollados por compañías transnacionales para otras áreas del país. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Peña *et al.*, 2003).

El rendimiento de grano promedio para la región Lagunera es de 3.3 t ha⁻¹, aun cuando el rendimiento a nivel experimental es de 13 t ha⁻¹, por lo que se deben buscar formas de aumentar la calidad y productividad de este cultivo, mediante caracterización de los mejores híbridos alto rendimiento (Wong *et al.*, 2007).

2.2 Importancia del maíz grano en la Comarca Lagunera

La falta de híbridos en la Región Lagunera, representa un problema, pues no existe un programa de mejoramiento permanente en esta región y predominan híbridos introducidos que se utilizan para producción de grano (Espinoza *et al.*, 2003).

La creciente demanda global de alimentos y las limitadas posibilidades de expansión de la frontera agrícola, implican la incorporación de tecnologías y el desarrollo de estrategias de manejo para incrementar los rendimientos por unidad de superficie (Salvagiotti, 2009).

En México, la demanda de grano de maíz para consumo humano y pecuario es alrededor de 25 millones de toneladas; sin embargo, sólo se producen cerca de 20 millones de toneladas y el rendimiento promedio de grano no cubre esta necesidad (Peña *et al.*, 2010).

2.3 Rendimiento de maíz en grano

El ensilaje de maíz en grano ha sido el forraje principal de los bovinos en América del Norte y en menor medida en Europa. La planta de maíz tiene una alta capacidad de conversión de la radiación solar en materiales vegetales. El elevado contenido en almidón de su grano hace que tenga un contenido energético más alto que el heno o el forraje de sorgo y que, por lo tanto, sea un buen material para ensilar (Rivas *et al.*, 2006).

La planta de maíz se caracteriza por tener un alto contenido de carbohidratos solubles en las hojas y tallo que, a medida que avanza la madurez se traslocan hacia la parte aérea de la planta por arriba del elote y se depositan como forma de carbohidratos de reserva, como el almidón. A su vez en el resto de la planta (tallos y hojas) se producen cambios asociados a la madurez que vuelven más indigestible el forraje (lignificación de tallos y hojas) (Rivas *et al.*, 2006).

La digestibilidad y el contenido de energía de la planta entera dependen del contenido de grano y de la digestibilidad del resto de la planta. El logro de un ensilado de buena calidad es un compromiso entonces entre el contenido en grano de la planta y la calidad del forraje verde, de manera de que lo que se gana

en calidad por mayor contenido en grano no se pierda, porque el resto de la planta se transforma en un forraje indigestible. Los ciclos cortos y medios tienen mejor relación grano/planta que los ciclos largos, sin embargo, los altos rendimientos en grano no están correlacionados con alta calidad del forraje (Rivas *et al.*, 2006).

En el cultivo de maíz, el número de granos por m² es el componente que mayor asociación tiene con el rendimiento final, variando más que el peso del grano en respuesta a las fluctuaciones en las condiciones ambientales (Cantarero *et al.*, 2000).

Soltero *et al.* (2010) menciona que los incrementos en el rendimiento de grano al aumentar la densidad de plantas, estuvieron más asociados con incrementos en la producción de biomasa que con incrementos en el índice de cosecha, con una densidad óptima que varió de 10.3 a 10.7 plantas m².

2.4 Densidad de plantas

El uso de altas densidades de población en maíz se traduce en un mejor uso del terreno, que en conjunto con un área foliar grande permiten al productor aumentar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie; debido a que la radiación fotosintéticamente activa, al llegar al follaje es mejor aprovechada por el cultivo (Sánchez *et al.*, 2011).

En algunos estudios sobre la producción de grano no se han encontrado efectos de la densidad de plantas sobre el rendimiento de este o sobre la producción de materia seca en niveles de 50 000 a 87 500 plantas ha⁻¹ o en densidades superiores a 90 000 plantas ha⁻¹ (Peña *et al.*, 2010).

Tetio y Gardner (1988) encontraron que la densidad de población ejerce una fuerte influencia sobre el crecimiento y el rendimiento de grano de maíz. Al probar 15 densidades de población en un diseño circular, se afectó el número de hileras por mazorca, el número de semillas por hilera y el número de semillas por mazorca; el rendimiento de grano por unidad de área se incrementó parabólicamente, mientras que el rendimiento de tallos y la materia seca total se incrementaron asintóticamente.

Esechie (1992), al estudiar en maíz densidades de población de 24 000, 48 000 y 74 000 plantas ha^{-1} , encontró que el rendimiento de grano y sus componentes fueron más altos a 48 000 plantas ha^{-1} ; también, generalmente los incrementos en las densidades resultaron en plantas más altas en dos cultivares. La densidad no afectó la floración, pero la comparación entre cultivares mostro diferencias significativas en días a floración femenina y masculina.

Roy y Biswas (1992) asientan que el rendimiento de grano y el número de mazorcas por m^2 se incrementan significativamente con el aumento en la densidad de 33 300 a 66 600 plantas ha^{-1} ; además, el peso por mazorca más alto se obtuvo con la densidad más baja.

Se recomienda el empleo de híbridos de doble propósito, productores de grano y forraje, siempre y cuando se utilicen prácticas de manejo similares. Se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje (Wong *et al.*, 2007).

Las ventajas de los híbridos en relación con las variedades criollas y sintéticas son la producción de grano, uniformidad en floración, altura de planta, maduración, plantas más cortas pero vigorosas que resisten el acame (Castañeda, 2001).

Vera (2011) menciona que la interacción entre la reducción del espaciamiento y el aumento de la población han aumentado la productividad de los híbridos de maíz, en los cuales se han encontrado mayor estabilidad de la producción, una población óptima de plantas por hectárea permitirá no solo mejor captación de energía solar, sino también mayor aprovechamiento de la humedad del suelo y los fertilizantes.

2.5 Altura de planta

La altura de planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta. Está determinada por la elongación del tallo al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado de grano y puede verse afectada por la acción conjunta de los cuatro factores fundamentales: luz, calor, humedad y nutrientes (Somarriva, 1998).

2.6 Rendimiento del maíz en respuesta a arreglos topológicos

La siembra del maíz (*Zea mays* L.) en arreglos topológicos con surcos angostos respecto a surcos convencionales (0.76 m), permite incrementar el rendimiento de grano como consecuencia de disminuir la competencia entre

plantas dentro del surco por luz, agua y nutrimentos (Bullock *et al.*, 1988; Barbieri *et al.*, 2000).

El nivel de respuesta del maíz a la disminución de la distancia entre surcos puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales (Porter *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2000) y a la adaptabilidad de los genotipos (Stivers *et al.*, 1971), aunque en híbridos de liberación reciente, es raro encontrar interacción significativa para distancia entre surcos por híbridos (Porter *et al.*, 1997; Widdicombe y Thelen, 2002).

De acuerdo con Barbieri *et al.* (2000) los surcos angostos (0.35 vs 0.7 m) incrementaron significativamente el número de granos por unidad de superficie y el rendimiento de grano en maíz. Los porcentajes de incremento en respuesta a surcos angostos fueron 14.5 y 20.5 % para el número de granos y rendimiento de grano, respectivamente.

Según Widdicombe y Thelen (2002) el rendimiento de grano en maíz se incrementó de manera significativa de 2 a 4% al reducir la distancia entre surcos de 0.76 a 0.56 y 0.38 m, respectivamente. La densidad de 90 000 plantas ha⁻¹ tuvo el rendimiento más alto dentro del rango de 56 000 a 90 000 plantas ha⁻¹. Indicaron que no se observó interacción entre híbridos*distancia entre surcos, lo cual indicó que los híbridos que rinden bien en distancias entre surcos convencionales de 76 cm, también rendirán bien en sistemas de surcos angostos.

Shapiro y Wortmann (2006) encontraron que la reducción del espaciamiento entre surcos de 0.76 a 0.51 m resultó en 4 % de incremento de

rendimiento de grano en maíz, el cual no fue afectado por el incremento en la densidad de plantas superiores a 61 800 plantas ha⁻¹, pero que el rendimiento fue mayor con el espaciamiento en surcos angostos.

Por otra parte, el surcado angosto (0.52 y 0.35 vs 0.7 m) incrementó la eficiencia de maíz en el uso del nitrógeno 12 y 15%, expresada como materia seca y rendimiento de grano por unidad de nitrógeno disponible, respectivamente (Barbieri *et al.*, 2008a).

La mayor eficiencia en el uso del nitrógeno en surcado angosto es una práctica que podría contribuir a mejorar la sostenibilidad del sistema de producción en maíz (Barbieri *et al.*, 2008b).

2.7 Surcos estrechos

Para acortar la distancia entre surcos en maíz, se pueden usar surcos estrechos con distancias menores a la tradicional de 0.76 m, o bien surcos anchos sembrados con doble hilera de plantas. Mediante el modelo CERES, Hodges y Evans (1990) estimaron un incremento en rendimiento de maíz de 4.7 a 6.2 % al reducir la distancia entre surcos de 0.76 a 0.38 m; se registraron ganancias promedio de 7.2 a 20 % en rendimiento de grano al reducir la distancia entre surcos de 0.75 a 0.35 m (Murphy *et al.*, 1996; Porter *et al.*, 1997; Barbieri *et al.*, 2000).

Sin embargo, no se encontraron ventajas con surcos estrechos respecto a surcos con distanciamiento tradicional (Ottman y Welch, 1989), ni tampoco al

aumentar la distancia entre surcos a 0.80 y 0.90 m sembrados a doble hilera (Reta *et al.*, 1998).

El incremento de rendimiento de maíz en respuesta a la disminución de la distancia entre surcos se ha relacionado con un aumento en la producción de biomasa y en la asignación a los órganos de reserva (Bullock *et al.*, 1988), así como a una mayor producción de granos por metro cuadrado (Barbieri *et al.*, 2000).

Según Barbieri *et al.* (2000) la reducción del espacio entre surcos de 0.70 a 0.35 m permitió incrementar el rendimiento de grano y el número de granos en 20.5 y 14.5 %, respectivamente, así como lograr una mayor respuesta en niveles más bajos de nitrógeno, debido a una menor competencia intraespecífica y a una mayor interceptación de energía solar desde antesis a emergencia de estigmas, periodo crítico para la formación de granos.

En diferentes regiones productoras de maíz en el mundo, como en los Estados Unidos de América y Argentina, la competencia entre las plantas cuando están cada vez más juntas en un surco convencional (0.7 a 0.8 m), se ha tratado de reducir mediante el uso de un surcado más angosto, permitiendo con esto que una mayor densidad de plantas por hectárea y que esté distribuida en forma más dispersa a través del surco, logrando así una menor competencia entre plantas, la cual permite un mejor aprovechamiento de la luz y distribución de las raíces. Según Farnham (2001) la producción de maíz en surcos estrechos se ha intentado desde las últimas décadas con cierto grado de éxito.

2.8 Componentes de rendimiento

En maíz (*Zea mays* L.) uno de los componentes del rendimiento importantes es el número de mazorcas por planta (Fisher y Palmer, 1983). Una planta prolífica es aquella que desarrolla más de una mazorca en el tallo principal (Hallauer, 1974), característica deseable para el arquetipo de maíz (Oyervides *et al.*, 1990).

Los genotipos prolíficos establecidos en densidades relativamente altas han permitido incrementar el rendimiento de grano por unidad de área (Maita y Coors, 1996), puesto que muestran mayor tolerancia a la competición entre plantas, por lo que presentan menor porcentaje de plantas sin mazorca o horras (Anderson *et al.*, 1974; Hallauer, 1974).

2.8.1 Diámetro de la mazorca

El diámetro de la mazorca, está determinado por factores genéticos e influenciado por factores edáficos, nutricionales y ambientales, es un parámetro fundamental para medir el rendimiento y está relacionado directamente con la longitud de la mazorca. Este forma parte de la etapa reproductiva de la planta, en la que se requiere de actividad fotosintética y gran absorción de agua y nutrientes, si esto es adverso afectará el tamaño de la mazorca en formación y por consiguiente se obtendrá menor diámetro de mazorca, que al final repercutirá en bajos rendimientos (Saldaña y Calero, 1991).

2.8.2 Número de hileras por mazorca

Esta variable está relacionada con la longitud, diámetro de la mazorca y las variedades del cultivo, así mismo con una buena nutrición en el suelo, aumenta la masa relativa de la mazorca y por ende el número de hileras por mazorca (Pastora, 1996).

2.8.3 Número de granos por hileras

El número de granos por hileras está influenciado por el número de óvulos por hileras y a su vez por la alimentación mineral e hídrica así como por la densidad y la profundidad de las raíces, se sabe que adecuadas dosis de nitrógeno tienen influencias positivas sobre los componentes de los rendimientos entre ellos el número de granos por hilera (Blandón y Smith, 2001). El número de granos está determinado por la longitud y el número de hileras por mazorca (Jugenheimer, 1981).

2.8.4 Número de granos por mazorca

Reyes (1990) considera que las hojas superiores y las del medio son las principales contribuyentes de carbohidratos de la mazorca y llenado de grano, esta variable está fuertemente influenciada por el suministro de nitrógeno al suelo y está determinada por la longitud, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera. El número y tamaño de los granos contribuyen en el rendimiento de grano (Jugenheimer, 1981).

2.9 El grano o semilla.

Santamaría (1998) refiere que el crecimiento del maíz está determinado por el genotipo de la semilla y su expresión depende de factores ambientales como luz, agua, temperatura, CO₂, nutrientes, cuyas interacciones determinan la calidad del grano y forraje producido.

Ospina (2001) describe a la estructura del grano de maíz como uno de los cereales de mayor tamaño. El fruto de la planta se denomina mazorca; en la etapa de madurez la mazorca se llena de granos aplanados grandes, colocados en ejes paralelos alrededor de su eje vertical.

El grano de maíz es un cariopse, la pared del ovario o pericarpio esta fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide (Esau, 1977).

2.10 Calidad de grano

La calidad del grano del maíz depende de su constitución física, que determinan la textura y dureza, y de su composición química, que define el valor nutricional. La importancia relativa de estas características dependerá del destino de la producción. Los mercados son cada vez más exigentes y se interesan por el contenido de proteína, aminoácidos, almidón, aceites y demás componentes, y paulatinamente se reducen en estos la tolerancia a sustancias contaminantes (INTA, 2006).

La calidad de la semilla de maíz es importante para los agricultores y la industria semillera. Para el agricultor, porque de ello depende el número de plantas existentes en un área determinada de cultivo, es decir, prefiere aquellas que muestran alto vigor (Delouche y Cadwell, 1962). Para la industria es trascendente la calidad de la semilla por la gran variación en tipo de grano que exhiben las variedades e híbridos de maíz.

2.11 Calidad nutricional del grano

El valor nutritivo del maíz, es semejante al sorgo, y un poco menor que el trigo integral, la avena y el arroz. Como todos los cereales, el maíz es rico en carbohidratos y desequilibrado en proteína, vitaminas, y minerales (Chávez, 1972).

El maíz, en comparación con otros cereales, es un alimento de alto valor energético y poco tenor de proteína, la misma que al estar principalmente constituidas por zeína, es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano (Ángeles, 1972; Villegas, 1972).

Con respecto a la cantidad total de almidón en la semilla, el endospermo aporta en promedio 87%; además, contiene diversos tipos de proteínas: albúminas, globulinas, prolaminas (zeinas) y gluteinas, así como cantidades menores de aceites, cenizas y azúcares (FAO, 1993).

En el endospermo córneo los gránulos de almidón adquieren estructura poligonal y están fuertemente empaquetados por una matriz de proteínas (Robutti *et al.*, 1973), siendo las delta-zeinas las más superficiales, sin espacios de aire

entre los gránulos, mientras que en el harinoso están débilmente empaquetados, son casi redondos y están asociados con capas delgadas de proteínas y muchos espacios de aire entre los gránulos (Mu-Forster y Wasseman, 1998).

En el endospermo se localiza del 75 al 85% de la proteína total del grano, pero ésta es de muy baja calidad debido a la alta concentración de la prolamina zeína, fracción de la proteína soluble en alcohol y de poco contenido de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano. En el embrión de la semilla se localiza del 15 al 25% restante, que es de excelente calidad debido a la alta concentración de albúminas y globulinas, fracciones que son solubles en agua y en soluciones ácidas. Ambas tienen un alto contenido de lisina y triptófano (Poey, 1972).

2.12 Calidad fisiológica de la semilla

Una semilla de calidad contribuye a mayor eficiencia varietal productiva, ya que es capaz de emerger de manera rápida y uniforme, bajo diferentes condiciones ambientales. La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos (Kelly, 1988), los cuales mejoran el establecimiento de la planta en campo, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria. (Basra, 1995; Copeland y McDonald, 1995).

La calidad fisiológica son mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Basra, 1995). Por otro lado, la calidad fisiológica involucra

características tales como: contenido de humedad, peso por volumen y pureza (Moreno, 1996).

Faiguenbaum y Romero (1991) señalan que la calidad fisiológica de la semilla para distintas especies se relaciona con el tamaño de la misma. Otros autores (Shieh y McDonald, 1982; Kelly, 1988) reportan que la calidad fisiológica no depende del tamaño de semilla.

Quintana (1992) al estudiar el efecto del tamaño y la forma de la semilla de maíz en la calidad fisiológica, no encontró diferencias significativas en el primero y el último conteo de la prueba de germinación estándar ni en las pruebas de vigor.

En tanto que Martinelli y Moreira de Carvalho (1999) al evaluar la influencia del tamaño de semilla de maíz en campo, encontraron que semillas grandes germinaron más rápidamente que semillas pequeñas, resultando 25 días después de la siembra, plantas más altas y posteriormente, mazorcas con mayor número de granos por hilera y mayor rendimiento por unidad de superficie. Estos autores también mencionan que el tipo de híbrido ocasiona respuesta diferente a las variaciones del tamaño de semilla.

2.13 Pruebas de germinación y vigor

Una Prueba de germinación permite conocer la capacidad de la semilla para desarrollar plántulas normales en condiciones óptimas (CIMMYT, 2003).

Vázquez (2008) señala que el vigor es la suma de los atributos de la semilla que favorecen el establecimiento rápido y uniforme de una población

inicial hasta el campo. El conocimiento del vigor como componente de la calidad fisiológica de la semilla es garantizar densidades de población óptimas a fin de maximizar rendimiento y o la calidad de la producción (Hernández *et al.*, 2000).

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Localización geográfica

La Comarca Lagunera se encuentra localizada en la porción suroeste del estado de Coahuila y al Noroeste del estado de Durango, entre los paralelos 26°51'00" y 24°22'48" de latitud norte y los meridianos 101°51'36" y 104°48'36" al oeste de Greenwich. Abarca cinco municipios en el estado de Coahuila y diez en el estado de Durango. El clima es muy seco con deficiencias de lluvia en todas las estaciones del año y presenta temperaturas semicálidas con inviernos benignos (Santamaría *et al.*, 2006).

3.2.- Localización del área experimental

El experimento se realizó en el ciclo Primavera-Verano del año 2015, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. Se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 103°25'57" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y 25°31'11" de latitud norte, con una altura de 1,123 msnm (Díaz, 2015).

3.3.- Material genético

Se utilizaron cinco híbridos comerciales provenientes de la empresa ASGROW los cuales se describen a continuación:

Cuadro 1.- Características de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

HIBRIDO	CICLO VEGATIVO	ALTURAS		DIAS A FLORACIÓN
		PLANTA (cm)	MAZORCA (cm)	
Alicante	Intermedio precoz	260-295	140-150	70-75
Canguro	Intermedio	250-280	120-130	71-74
Cimarrón	Intermedio	245-290	140-160	75
Garañón	Intermedio	230-280	140-150	75-77
Guepardo	intermedio precoz	250-320	150-180	67

3.4.- Siembra

La siembra se realizó el 16 de abril del 2016, en seco, se llevó a cabo en forma manual, depositando dos semillas por punto de siembra.

3.5.- Diseño y parcela experimental

El diseño experimental fue un diseño factorial de 5 x 3 con arreglo en franjas divididas para el factor A se colocaron las cinco variedades de maíz descritas anteriormente (Cuadro 1) y el factor B fueron los tres distanciamientos entre surcos, la parcela experimental consistió en 2 surcos de 5 metros de longitud a una distancia de 0.75 m, 0.60 m y 0.40 m entre surco y surco, para así obtener una densidad de 100 000 plantas por ha con un distanciamiento entre planta y planta de 13.2, 16,6 y 25 cm respectivamente para cada distanciamiento entre surco.

3.6.- Manejo agronómico del lote experimental

La preparación del terreno se llevó a cabo el 15 de abril de 2016. Consistió en la realización de un barbecho, rastra, nivelación, y trazos de surcos. Para los surcos estrechos se realizaron manualmente con la ayuda de un azadón.

3.7.- Aclareo de plantas

El aclareo de plantas se realizó a los 22 días después de la siembra, dejando una sola planta por golpe.

3.8.- Riegos

El riego se realizó de acuerdo a las exigencias del cultivo con un total de 17 riegos, se aplicó con un sistema de riego por cintilla.

Cuadro 2.-Número de riegos aplicados en cinco híbridos comerciales de maíz UAAAN-UL 2016.

Riego	Fecha
1	16-abril-2016
2	19-abril-2016
3	22-abril-2016
4	23-abril-2016
5	28-abril-2016
6	5-mayo-2016
7	16-mayo-2016
8	21-mayo-2016
9	24-mayo-2016
10	2-junio-2016
11	3-junio-2016
12	8-junio-2016
13	14-junio-2016
14	21-junio-2016
15	24-junio-2016
16	28-junio-2016
17	10-agosto-2016

3.9.- Fertilización

El fertilizante se aplicó con un inyector tipo Venturi, y las soluciones se realizaron en un tonel con una capacidad de 200 L de agua.

Cuadro 3.-Fertilización aplicada en cinco híbridos comerciales de maíz UAAAN-UL 2016.

Fertilizante	Fecha
Sulfato de amonio ((NH ₄) ₂ SO ₄)	4- mayo-2016
Fosfato monoamónico (MAP) (NH ₄ H ₂ PO ₄)	4-mayo-2016
Ácido fosfórico (H ₃ PO ₄)	8-junio-2016
Urea CO(NH ₂) ₂	8-junio-2016

3.10.- Control de maleza

Para el control de maleza se hizo una aplicación química preemergente, posteriormente se realizó en forma manual un cultivo el 21 de mayo del 2016.

Cuadro 4.-Control de malezas en cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

Ingrediente activo	Dosis (L ha)	Fecha de aplicación
Atrazina:6-Cloro-N ₂ -etil-N ₄ -isopropil-1,3,5-triazina-2,4-diamina	4	16 abril 2016

3.11.- Control de plagas

Las plagas se monitorearon constantemente para saber si sobrepasaban el umbral económico, al sobrepasar el umbral se aplicaron los siguientes insecticidas para cada plaga correspondiente.

Cuadro 5.- Control de plagas en híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

Ingrediente activo	Dosis recomendada	Plaga	Fecha
Clorpirifos etil 44.50% ia	0.5 a 0.75 L ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	26 de abril 2016
Emamectina 19.20 gr/l Éster etoxilado alkil aryl fosfato 97% ia.	100-400 mL ha 0.5-0.75mL 100Lde agua	<i>Spodoptera frugiperda</i> <i>Chaetocnema ectypa</i> Horn	30 de abril 2016
Emamectina 19.20 gr/l Éster etoxilado alkil aryl fosfato 97% ia.	100-400 mL ha 0.5-0.75 mL 100Lde agua	<i>Spodoptera frugiperda</i> <i>Chaetocnema ectypa</i> Horn	8 de mayo 2016
Ciperpermetrina	200-300ml ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	11 de mayo 2016
Diazinon 25% ia	1L ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	24 de mayo 2016
Clorpirifos etil 5 % ia	15-25 kg ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	26 de mayo 2016
Diazinon 25 % ia	0.75-1.5L 400L de agua	<i>Spodoptera frugiperda</i>	27 de mayo 2016
Clorpirifos etil 44.50% ia	1L ha	<i>Spodoptera frugiperda</i>	31 de mayo 2016
Abamectina 1.8 % ia	0.5- 1.2 L ha .	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	15 de junio 2016
Abamectina 1.8% ia	0.5- 1.2 L ha	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	21 de junio 2016

3.12.- Variables agronómicas evaluadas.

3.12.1.- Floración masculina (FM):

Se evaluó cuando la parcela útil estaba en un 50% de anteras abiertas liberando polen. Se expresó en días, iniciando del primer riego.

3.12.2.- Floración femenina (FF):

Se evaluó cuando la parcela útil estaba en un 50 % de jilotes receptores. Se expresó en días, iniciando del primer riego.

3.12.3.- Altura de planta: (AP)

Se seleccionaron tres plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga. Se expresó en centímetros (cm).

3.12.4.- Altura de mazorca (AM):

Se midió desde la base del tallo hasta la inserción de la mazorca superior. Se expresó en centímetros (cm).

3.12.5.- Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, cuando la mazorca se encontraba en un rango de 15 a 30 % de humedad. Se cosecharon de cada parcela 2 m lineales de plantas con competencia completa.

3.13.- Variables de rendimiento

3.13.1.- Peso de las mazorcas

El registro de este dato se obtuvo al pesar las mazorcas de cada parcela útil en el momento de la cosecha.

3.13.2.- Peso de grano

Se determinó en laboratorio de Fitomejoramiento, después de desgranar cada una de las mazorcas por parcela útil, pesando el grano en una báscula tipo SCIENTECH- modelo n: SG8000 REV-D, se expresó en kilogramos (Kg).

3.13.3- Peso de olote

Se determinó en laboratorio de Fitomejoramiento, después de desgranar cada una de las mazorcas por parcela útil, se pesó el olote en una báscula tipo SCIENTECH- modelo n: SG8000 REV-D, se expresó en kilogramos.

3.13.4 Rendimiento de Grano (RG)

El Rendimiento de Grano se calculó con la siguiente fórmula y se expresó en kg ha^{-1} .

$$RG = PG * CSC * \frac{FH}{100}$$

donde: RG: rendimiento de grano, PG: peso de grano, CSC: constante de la superficie cosechada y FH: factor de humedad.

3.13.4.1- Superficie cosechada (SC)

La superficie cosechada fue determinada con la siguiente formula:

SC=número de surcos*largo de surco cosechado*ancho de surco cosechado.

3.13.4.2- Constante de la Superficie Cosechada (CSC)

La constante de la superficie cosechada fue determinada con la siguiente formula:

$$CSC = \frac{10000}{SC} / 1000$$

donde: SC: superficie cosechada.

3.13.4.3- Humedad de campo (HC)

Se tomó una muestra de 250 g de grano por parcela y se colocó en un determinador de humedad marca Dickey-John Mini, y se expresó en porcentaje.

3.13.4.4- Factor de Humedad (FH)

El factor de humedad se realiza para ajustar la humedad de campo a 14% y fue determinada con la siguiente formula:

$$FH = \frac{(100-HC)(100)}{85,5}$$

donde: FH: Factor de Humedad y HC: Humedad de campo

3.13.5.- Diámetro de Mazorca (DM)

Se midió la parte central de la mazorca de dos mazorcas de la parcela útil, con un vernier digital marca Truper, se expresa en milímetros (mm).

3.13.6. Número de Hileras por mazorca (NH)

Se tomaron dos mazorcas de la muestra de cada parcela útil y se contabilizaron el número de hileras en total de cada mazorca.

3.13.7. Número de Granos por Hilera (NGH)

Este dato se obtuvo tomando dos mazorcas de cada muestra, y luego se contabilizaron los granos de tres hileras por mazorca.

3.14.- Variables de calidad fisiológica:

3.14.1.- Ensayo de germinación estándar:

Se realizó con el método “entre papel” propuesto por ISTA (2004), la cual consistió en colocar las semillas sobre toallas de papel, enrollarlas, hidratarlas y mantenerlas en una cámara de germinación a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 7 días. Se hizo un primer conteo al cuarto día. Se cuantificaron el número de semillas germinadas. Por último al séptimo día se registraron las semillas germinadas que desarrollaron plántulas normales. El porcentaje de germinación se expresó en porcentaje y se obtuvo con la siguiente fórmula

$$GE = \frac{PN}{NS} * 100$$

donde: PN: plántulas normales y NS: número de semillas utilizadas en el ensayo.

3.14.2.- Longitud de plúmula (LP)

Consistió en medir en centímetros la longitud de la plúmula de 25 plántulas por parcela. Se calculó el vigor y se clasificó dentro del rango de la escala propuesta por Peretti (1994).

$$LP = \frac{1n+3n+5n+7n+9n+11n+13n}{ns} n$$

donde: LP: longitud de plúmula, n: número de plántulas normales y ns: número de semillas utilizadas.

Cuadro 6.- Rangos de longitud media para determinar el vigor en plántulas (Peretti, 1994). UAAAN-UL 2016.

Longitud de plúmula (cm)	Vigor
≥ 7	Plántulas de alto vigor
$5 \leq L < 6.9$	Plántulas de mediano vigor
$3 \leq L < 4.9$	Plántulas de bajo vigor
$L < 3$	Plántulas sin vigor

3.14.3.- Peso de mil semillas (PMS)

Se seleccionaron ocho repeticiones de 100 semillas del total y se registró su peso en gramos.

3.14.4.- Peso volumétrico (PV)

Se colocó la semilla en un recipiente de volumen conocido, posteriormente se tomó el peso en una báscula de precisión marca Sintecho modelo SG 8000. El peso se registró en kilogramos hectolitro (kg hL^{-1}).

$$PV = \left[\frac{P}{V} \right] * 100$$

donde: P: peso de la semilla y V: volumen del recipiente.

3.14.5.- Longitud de Grano (LG)

Se colocaron 20 semillas de forma longitudinal en una tira de plastilina, posteriormente se midió con una regla de plástico de 30 cm de la marca Baco, se tomaron tres repeticiones y después se le sacó el promedio. Se expresó en cm.

3.14.6.- Ancho de Grano (AG)

Se colocaron 20 semillas de forma transversal en una tira de plastilina, posteriormente se midió con una regla de plástico de 30 cm de la marca Baco, se tomaron tres repeticiones y después se le sacó el promedio. Se expresó en cm.

3.14.7.- Espesor de Grano (EG)

Se colocaron 20 semillas de forma horizontal en una tira de plastilina, posteriormente se midió con una regla de plástico de 30 cm de la marca Baco, se tomaron tres repeticiones y después se le saco el promedio. Se expresó en cm.

3.15.- Diseño estadístico

El análisis de datos se realizó en un diseño factorial 5x3 con un arreglo en franjas divididas, en el programa de SAS 9.4 (Statistical Analysis Software) se analizaron los datos. La prueba de medias se realizó con el método de Tukey.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + D_i + B \cdot D_{ik} + H_j + D \cdot H_{ij} + B \cdot H_{jk} + E_{ijk}$$

donde: Y_{ijk} = observación de la i-esima distancia del j-esimo hibrido del k-esimo bloque, μ =efecto constante denominado media global, B_k = efecto del k-esimo bloque, D_i =efecto de la i-esima distancia, $B \cdot D_{ik}$ =efecto de la interaccion del k-esimo bloque por la i-esima distancia, H_j = efecto del j-esimo hibrido, $D \cdot H_{ij}$ = efecto de la interaccion de la i-esima distancia con el j-iesimo hibrido, $B \cdot H_{jk}$ = efecto de la interaccion del k-esimo bloque con el j-esimo hibrido, E_{ijk} = efecto del error experimental.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis de varianza de cinco híbridos comerciales de maíz

En el análisis de varianza (Cuadro 7) se observó diferencia altamente significativa ($P \geq 0.01$) en la fuente de variación Híbrido en la variable FM, asimismo se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para las variables FF, DM y NH, para las demás variables AM, AP, RG y NGH no se observó significancia. Se observó diferencia altamente significativa ($P \geq 0.01$) en la fuente de variación Distancia para las variables AM y AP, asimismo se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para la variable FF, RG y NGH, las variables FM, DM y NH no obtuvieron significancia.

Para las fuentes de variación Bloque y Bloque*Híbrido no se observó significancia para todas las variables.

Para las fuentes de variación Bloque*Distancia e Híbrido*Distancia se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) para la variable NH, las demás variables no presentaron significancia.

Los coeficientes de variación oscilaron de 2.254 a 10.225 %, los cuales se consideran aun confiables de acuerdo con De la Cruz *et al.*, (2005) quienes afirman que los coeficientes de variación se consideran confiables, cuando es menor al 15 %, a excepción de la variable de Rendimiento de Grano con un coeficiente de variación de 24.734%, esto se debe a las condiciones climáticas con las que se llevó a cabo la cosecha, ya que estuvo lloviendo mucho afectando así el contenido de humedad del grano.

Cuadro 7.- Cuadrados medios para el comportamiento agronómico de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

FV	gl	FM	FF	AM	AP	RG	DM	NH	NGH
Hibrido	4	28.966**	46.716*	0.017ns	0.058ns	7.520ns	11.074*	13.950*	17.035ns
Distancia	2	13.433ns	40.033*	0.469**	0.646**	54.824*	86.299ns	.533ns	115.835*
Bloque	1	0.833ns	0.000ns	0.004ns	0.010ns	5.902ns	1.577ns	.033ns	0.237ns
B*D	2	3.033ns	1.300ns	0.003ns	0.003ns	0.939ns	12.088ns	3.333*	4.659ns
B*H	4	0.500ns	7.083ns	0.006ns	0.011ns	1.745ns	1.729ns	0.950ns	7.020ns
H*D	8	1.016ns	2.491ns	0.005ns	0.009ns	3.206ns	4.243ns	2.200*	6.591ns
Error	8	2.450	2.758	0.005	0.003	3.141	2.723	0.500	6.287
CV%		2.254	2.277	6.758	2.939	24.734	3.716	.523	10.225

*, ** Los valores significativos al 0.05 y 0.01% de probabilidad, ns= no existe significancia, FM= Floración Masculina, FF= Floración Femenina, AM= Altura de Mazorca, AP= Altura de Planta, RG= Rendimiento de Grano, DM= Diámetro de Mazorca, NH= Numero de Hileras, NGH= Numero de Granos por Hilera, CV%=Coeficiente de Variación.

En el análisis de varianza (Cuadro 8) se observó diferencia altamente significativa ($P \geq 0.01$) en la fuente de variación Híbrido para la variable de PMS asimismo se observó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) en las variables AG y EG, el resto de las variables (GE, LP, PV y LG) no presento diferencia significativa. Se observó diferencia altamente significativa ($P \geq 0.01$) en la fuente de variación Distancia para la variable PMS, para las variables restantes no se observó significancia.

Solo se observó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) para el factor de variación Bloque en las variables PMS y LP, las variables restantes no presentaron significancia. En la fuente de variación Bloque*Distancia se observó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) para la variable PMS, no se observó significancia para las variables restantes.

En la fuente de variación Bloque*Híbrido se observó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) para la variable LP, no se observó significancia para las variables

restantes. En la fuente de variación Híbrido*Distancia se observó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) para la variable AG, no se observó significancia para las variables restantes. Se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la variable EG

Los coeficientes de variación oscilaron de 1.472 a 5.939 %, las variables presentan valores confiables de acuerdo con De la Cruz *et al.*, (2005) quienes afirman que los coeficientes de variación se consideran confiables, cuando es menor al 15 %.

Cuadro 8.- Cuadrados medios de calidad fisiológica de semilla de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

FV	gl	GE	LP	PMS	PV	LG	AG	EG
Híbrido	4	4.533ns	1.268ns	23.083**	1.003ns	0.001ns	0.007*	0.001*
Distancia	2	4.800ns	0.153ns	36.131**	8.895ns	0.024ns	0.0004ns	0.001ns
Bloque	1	4.800ns	1.434*	20.418*	14.241ns	0.002ns	0.001ns	0.00003ns
B*D	2	4.800ns	0.066ns	11.963*	4.725ns	0.002ns	0.001ns	0.0006ns
B*H	4	8.800ns	1.223*	1.096ns	4.569ns	0.001ns	0.0006ns	0.0001ns
H*D	8	8.133ns	1.036ns	3.437ns	3.890ns	0.001ns	0.001*	0.0001ns
Error	8	6.800	0.304	2.578	1.341	0.001	0.0004	0.0004
CV%		2.607	5.939	4.902	1.472	3.124	2.538	4.745

*, ** Los valores significativos al 0.05 y 0.01% ns= no existe significancia, GE= Germinación, LP= Longitud de Plúmula, PMS= Peso de Mil Semillas, PV= Peso Volumétrico, LG= Largo de Grano, AG= Ancho de Grano y EG= Espesor de Grano.

4.2. Promedio de variables agronómicas de cinco híbridos comerciales de maíz

4.2.1 Floración Masculina (FM)

En el comportamiento de las medias (Figura 1) de la variable Floración Masculina (FM), los híbridos más sobresalientes fueron Cimarrón, Canguro y el Alicante, con los siguientes medias 71.3 días (a), 70.6 días (b) y 70.6 días (b), los híbridos se expresaron igual en los distanciamientos; para el de 0.40 m con

68.2 días (a) siendo este más precoz, después el de 0.60 con 69.6 días (a) y por último el de 0.75 con 70.5 días (a) el más tardío.

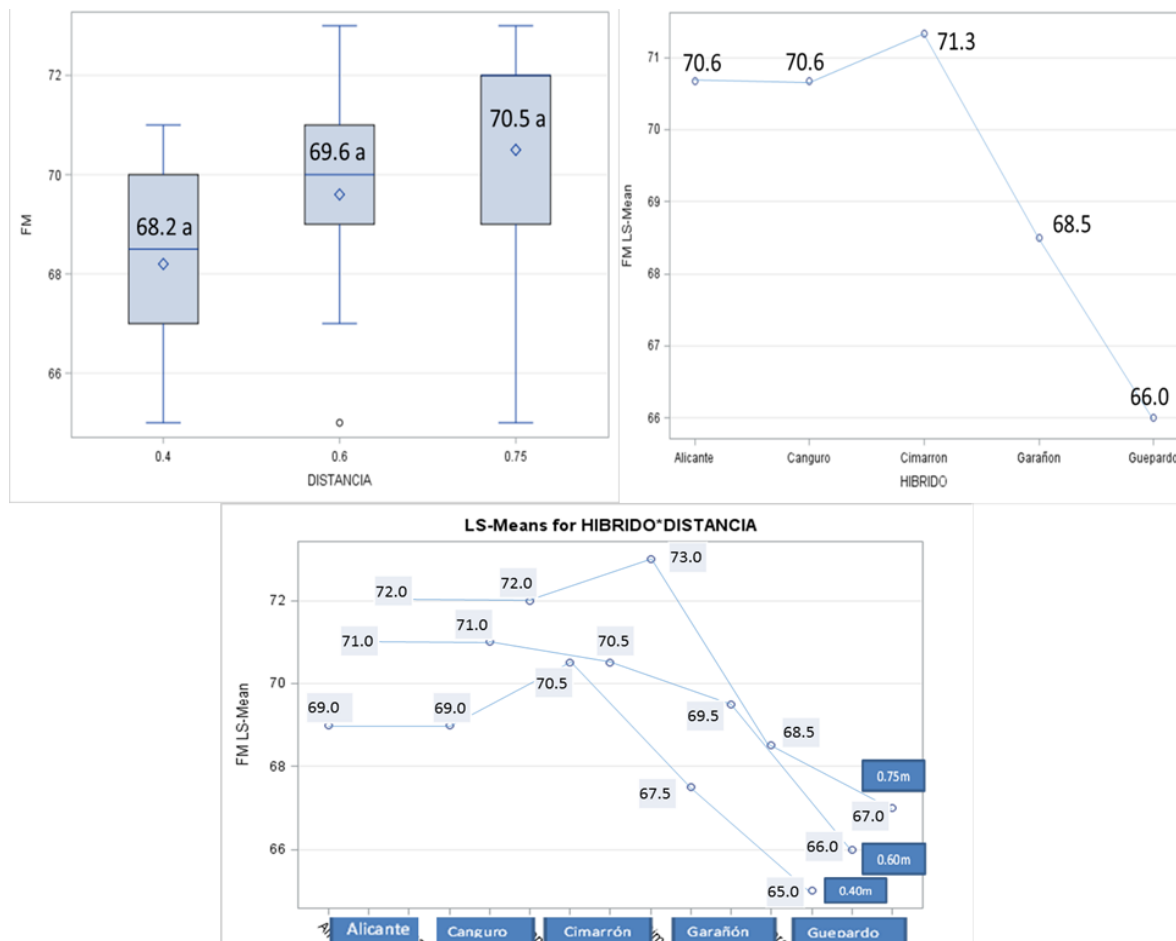


Figura 1. Comparación de medias para la variable Floración Masculina (FM) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.2.2 Floración Femenina (FF)

El comportamiento de las medias (Figura 2) de la variable Floración Masculina (FF) los híbridos más sobresalientes fueron Canguro, Cimarrón y el Alicante, con los siguientes medias 75.6 días (a), 75.0 días (a) y 73.8 días (b), los

híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con 70.9 días (b), después el de 0.60 con 73.0 días (a) y por último el de 0.75 con 74.9 días (a). Se observó que en los distanciamientos de 0.40 los híbridos son más precoces esto se debe a que en cuanto se disminuye la distancia entre plantas y aumenta la distancia entre plantas, la planta tiene menos competencia y puede obtener más nutrientes para desarrollarse más rápido.

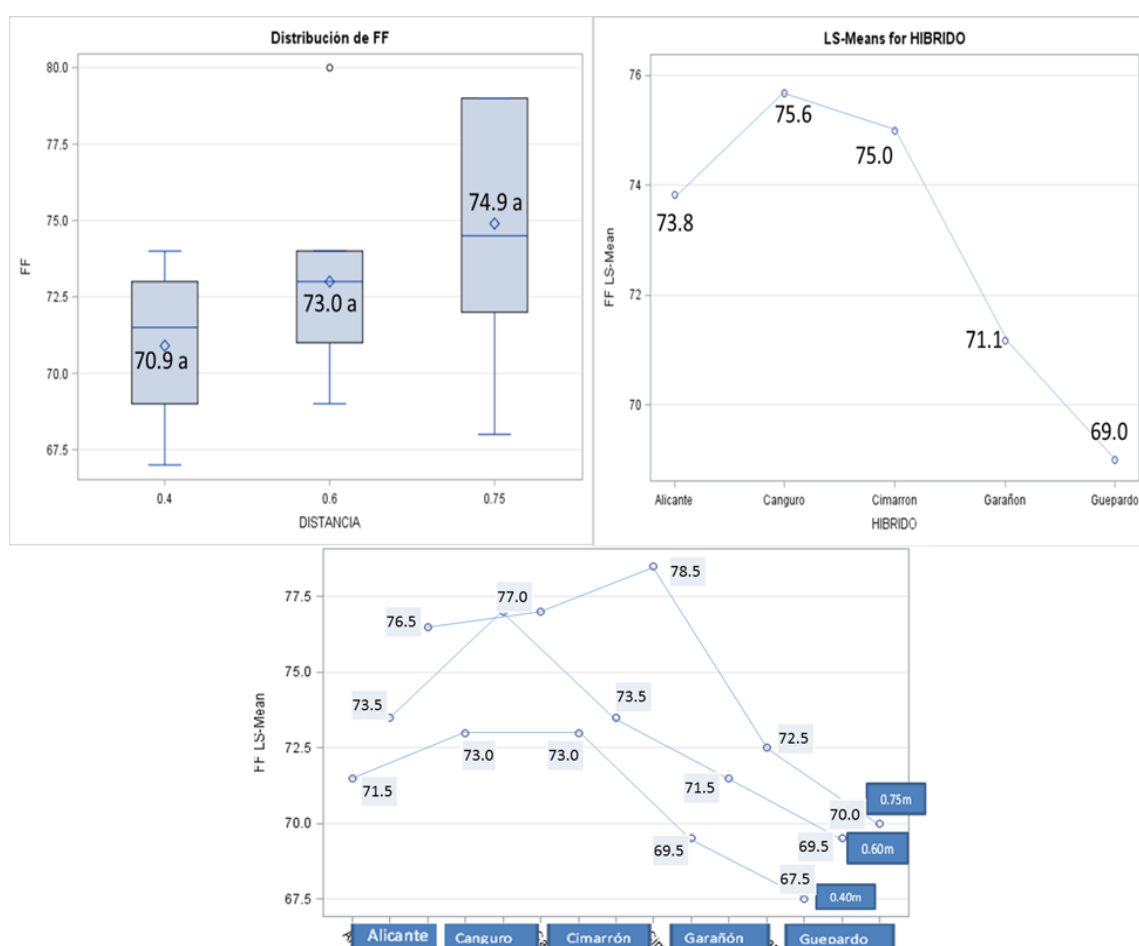


Figura 2. Comparación de medias para la variable Floración Femenina (FF) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.2.3 Altura de Mazorca (AM)

El comportamiento de las medias (Figura 3) de la variable Altura de Mazorca (AM) los híbridos más sobresalientes fueron Cimarrón, Alicante y Canguro, con las siguientes medias 1.20 m (a), 1.11 m (b) y 1.09 m (b), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m, las siguientes medias para cada distanciamiento, 1.34 m (a), 1.08 m (b) y 0.91 m (c), esto se debe a que la planta tenía más espacio para desarrollarse entre planta y planta, lo cual afecto a esta variable. Se observa en general que el distanciamiento entre surcos afecto la altura de planta y altura de mazorca. Siendo los materiales con mayor expresión en el distanciamiento de 0.40 m.

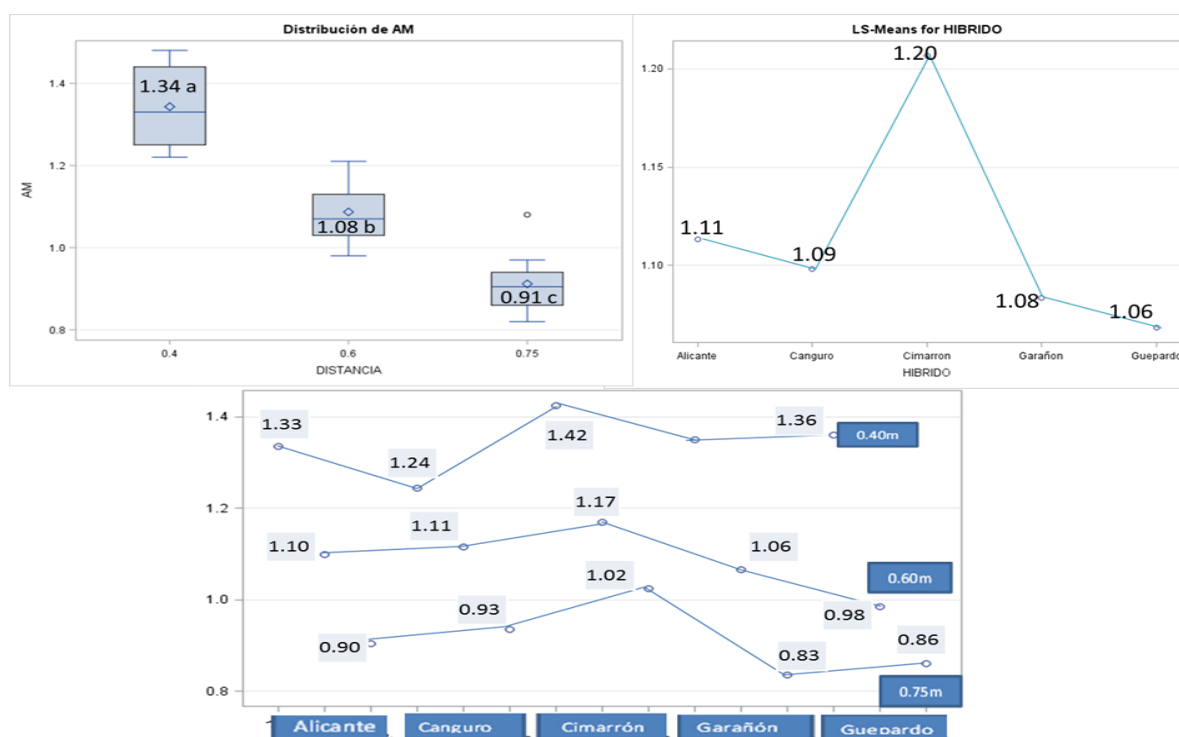


Figura 3. Comparación de medias para la variable Altura de Mazorca (AM) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.2.4 Altura de planta (AP)

El comportamiento de las medias (Figura 4) de la variable Altura de Planta (AP) los híbridos más sobresalientes fueron Cimarrón, Canguro y el Guepardo, con los siguientes medias 2.18 m (a), 2.11 m (a) y 2.07 m (b), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con 2.30 m (a), después el de 0.60 con 2.08 m (b) y por último el de 0.75 con 1.79 m (c) esto se debe a que la planta tenía más espacio para desarrollarse entre planta y planta, lo cual afecto a esta variable.

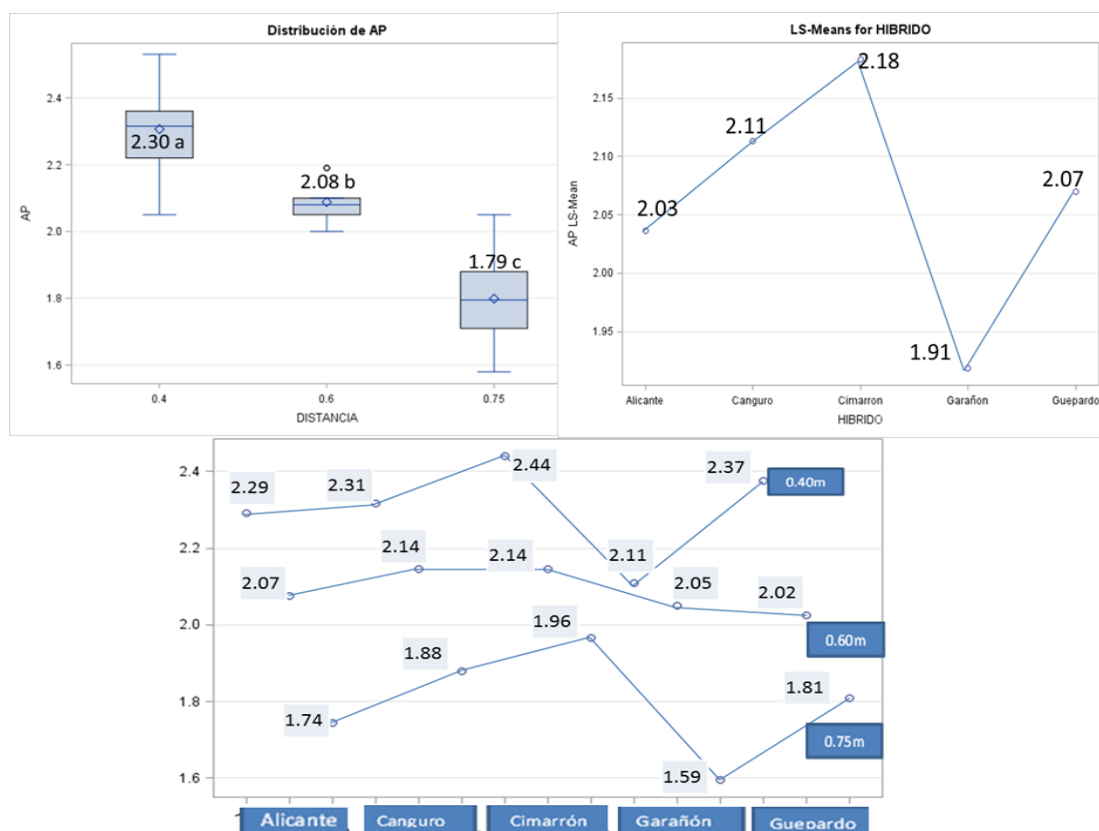


Figura 4. Comparación de medias para la variable Altura de Planta (AP) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.2.5 Rendimiento de Grano (RG)

El comportamiento de las medias (Figura 5) de la variable Rendimiento de Grano (RG), los híbridos más sobresalientes fueron el Garañón, Alicante y el Canguro con las siguientes medias 9.027 t ha⁻¹(a), 7.248 t ha⁻¹(a) y 6.955 t ha⁻¹(b), los híbridos se expresaron mejor en los surcos estrechos de 0.40 m con una media de 9.210 t ha⁻¹(a) y 0.60 m obtuvo 7.676 t ha⁻¹ (a), en el surco convencional de 0.75 m se obtuvo 4.611 t ha⁻¹ (b).

Se observó que a mayor distancia entre planta y planta el rendimiento de grano aumenta, esto se debe a que a lo largo del ciclo la planta tiene menos competencia y puede obtener más nutrientes del suelo, este comportamiento de los híbridos en la producción de grano son similares a lo que menciona Barbieri *et al.*, (2000) los surcos angostos (0.35 vs 0.7 m) incrementan significativamente el número de granos por unidad de superficie y el rendimiento de grano en maíz.

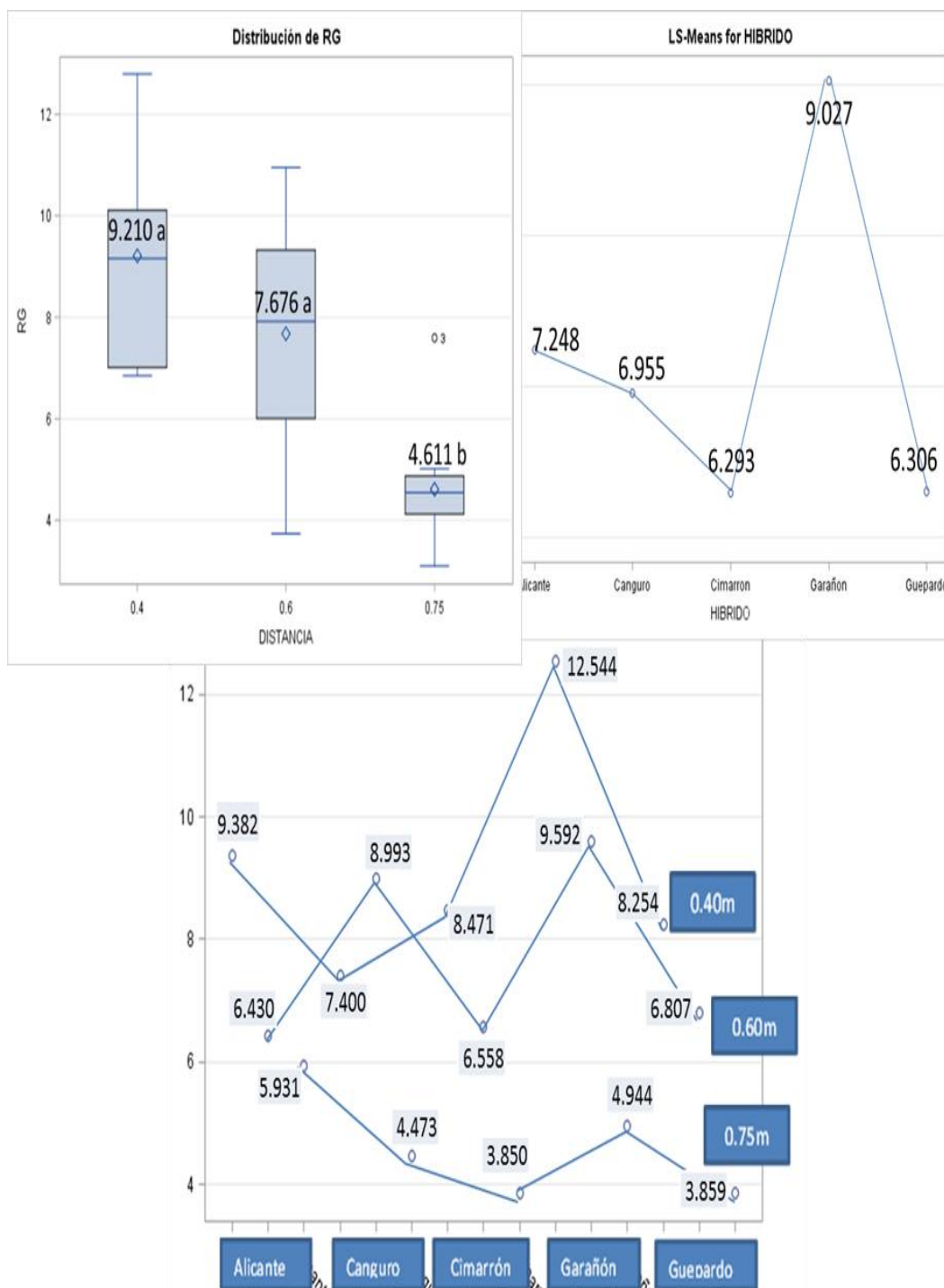


Figura 5. Comparación de medias para la variable Rendimiento de Grano (RG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.2.6 Diámetro de Mazorca (DM)

El comportamiento de las medias (Figura 6) de la variable Diámetro de Mazorca (DM) los híbridos más sobresalientes fueron Alicante, Garañón y el Canguro, con los siguientes medias 46.07 cm (a), 45,63 cm (a) y 43.84 cm (b), los híbridos se comportaron igual, pero se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con 47.39 cm (a), después el de 0.60 con 44.31 cm (a) y por último el de 0.75 con 41.52 cm (a). Esto se debe a que a mayor distancia entre plantas disminuye la competencia y se refleja en esta variable.

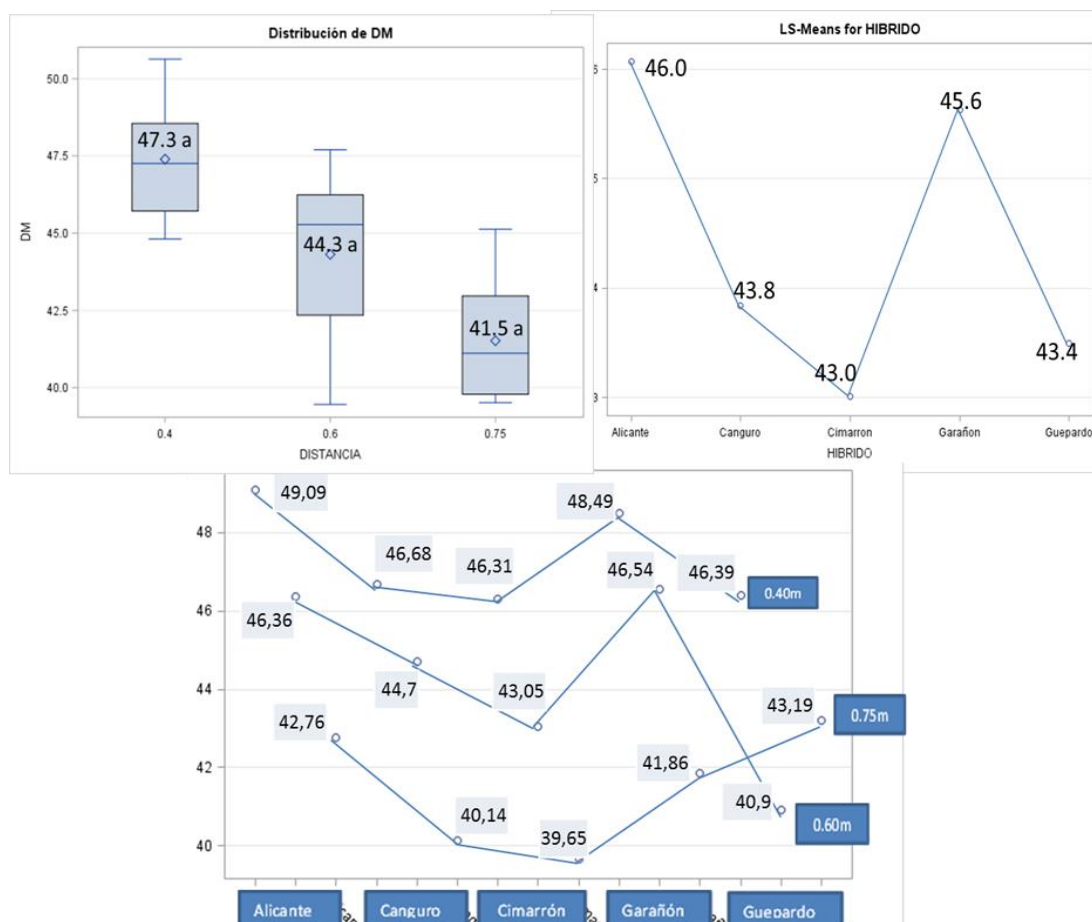


Figura 6. Comparación de medias para la variable Diámetro de Grano (DG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.2.7 Número de Hileras (NH)

El comportamiento de las medias (Figura 7) de la variable Numero de Hileras (NH) los híbridos más sobresalientes fueron Alicante, Canguro y Cimarrón, con las siguientes medias 17,8 hileras (a), 16.1 hileras (b) y 15.3 hileras (c), los híbridos se comportaron igual, pero se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con 16.1 hileras (a), después el de 0.60 con 16.1 hileras (a) y por último el de 0.75 con 14.7 hileras (a).

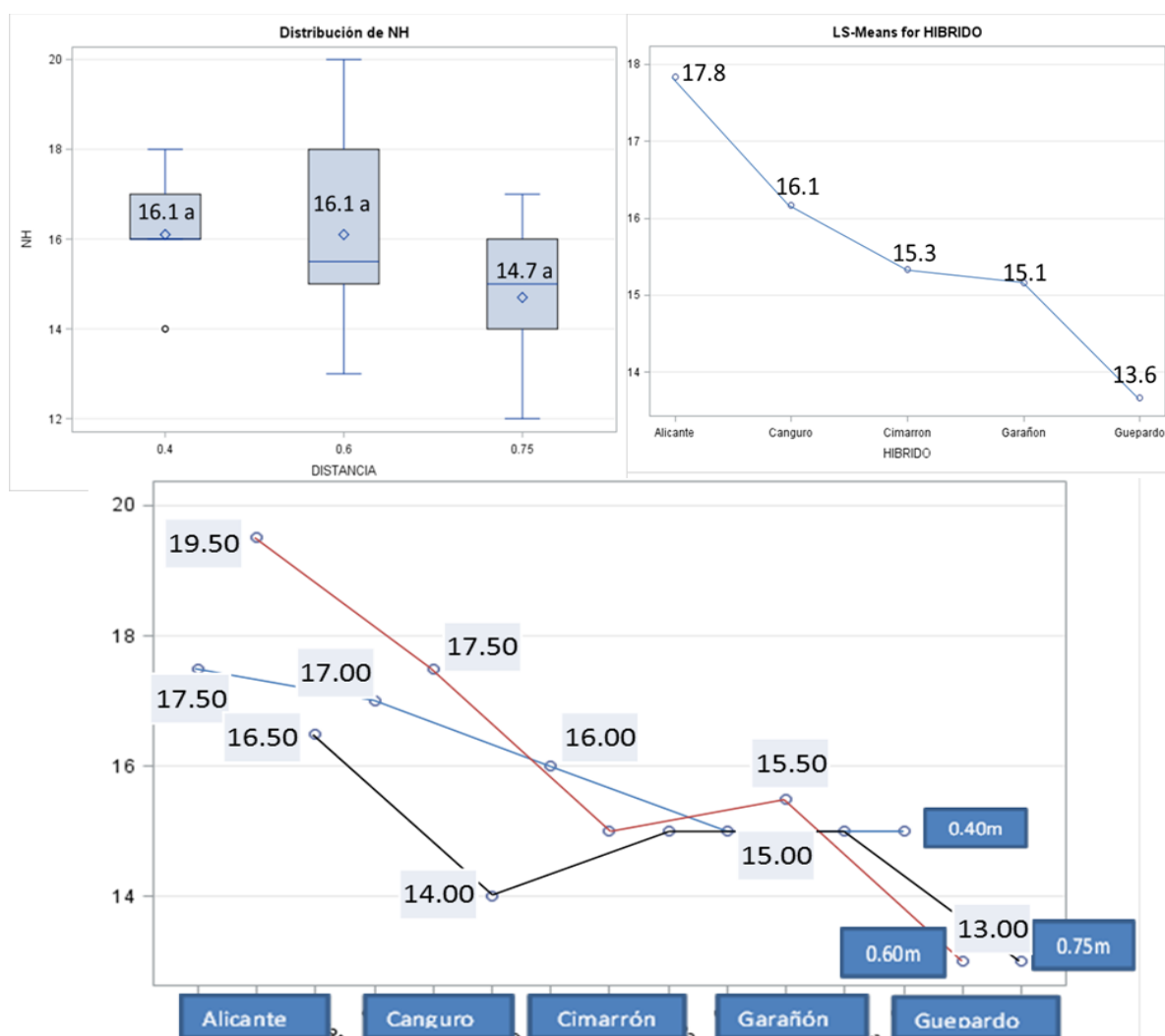


Figura 7 . Comparación de medias para la variable Número de Hileras (NH) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016

4.2.8 Número de Granos por Hilera (NGH)

El comportamiento de las medias (Figura 8) de la variable Numero de Granos por Hilera (NGH) los híbridos más sobresalientes fueron Alicante, Garañón y Canguro, con los siguientes medias 26.36 granos (a), 25.86 granos (a) y 24.83 granos (a), los híbridos se comportaron diferentes, se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con 27.83 granos (a), después el de 0.60 con 24.69 granos (a) y por último el de 0.75 con 21.03 granos (b). Esto se debe a que a medida en que se reduce la distancia entre surcos e incrementa la distancia entre plantas se mantiene constante la densidad de plantación y es posible incrementar de 7 a 20 por ciento el rendimiento de grano (Murphy *et al.*, 1996).

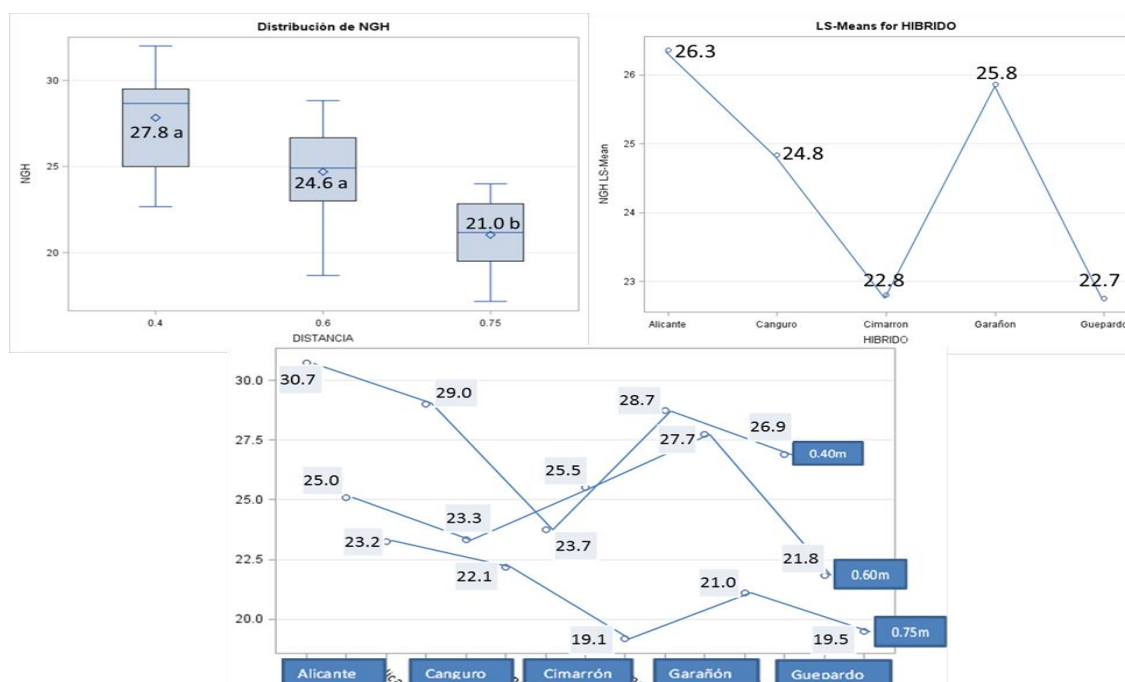


Figura 8. Comparación de medias para la variable Número de Granos por Hilera (NGH) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3 Promedio de variables para calidad fisiológica de semilla de cinco híbridos comerciales de maíz

4.3.1 Germinación (GE)

El comportamiento de las medias (Figura 9) de la variable Germinación (GE), los híbridos más sobresalientes fueron Cimarrón, Alicante y Canguro con las siguientes medias 100% (a), 99.3% (a) y 98.0 % (a), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.75 m con una media de 99.2% (a), para los demás distanciamientos de 0.60m y 0.40m, con medias de 99.2% (a) y 98.0 % (a) respectivamente.

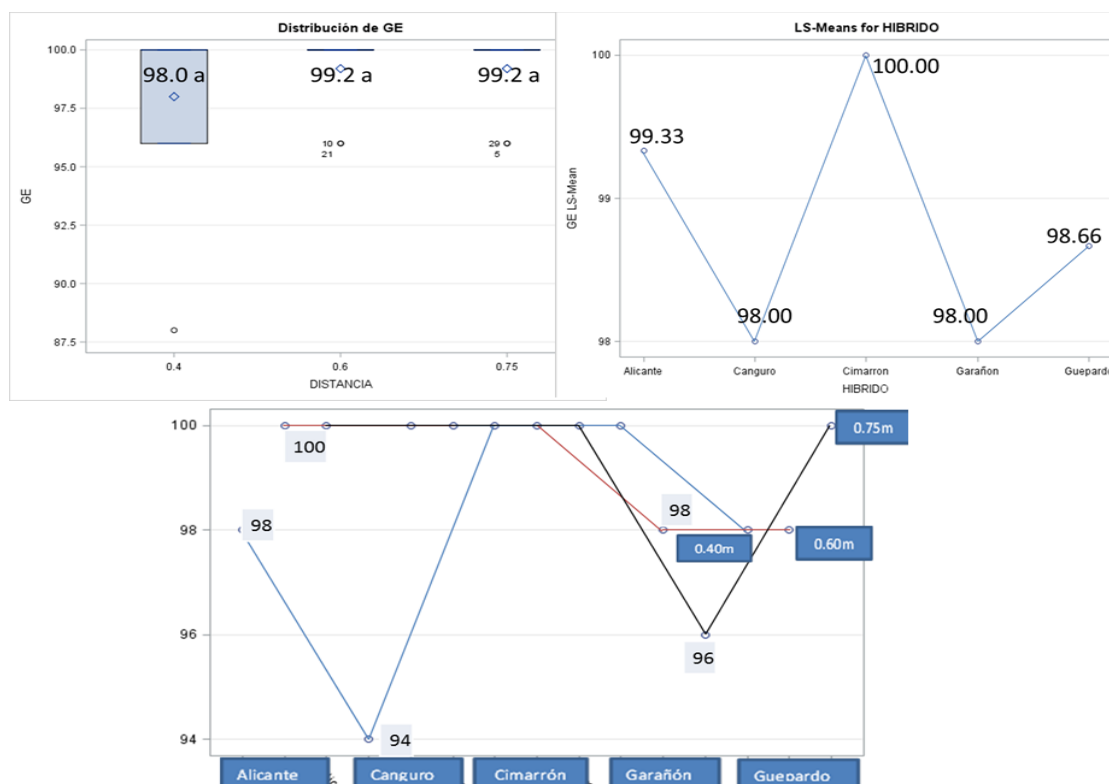


Figura 9. Comparación de medias para la variable Germinación (GE) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3.2 Longitud de Plúmula (LP)

El comportamiento de las medias (Figura 10) de la variable Longitud de Plúmula (LP), los híbridos más sobresalientes fueron Garañón, Alicante y Guepardo, con las siguientes medias 9.68 cm (a), 9.62 cm (a) y 9.36 cm (b), los híbridos se expresaron igual en cada distanciamiento, para 0.75 m con una media de 9.28 cm (a), para el de 0.60 m y 0.40m, con medias de 9.15 cm (a) y 9.40 cm (a) respectivamente. La emergencia de las plántulas no se vio afectada por los distanciamientos de surcos, ya que los resultados obtenidos en el ensayo nos indican que los materiales cuentan con plántulas de alto vigor (Peretti, 1994).

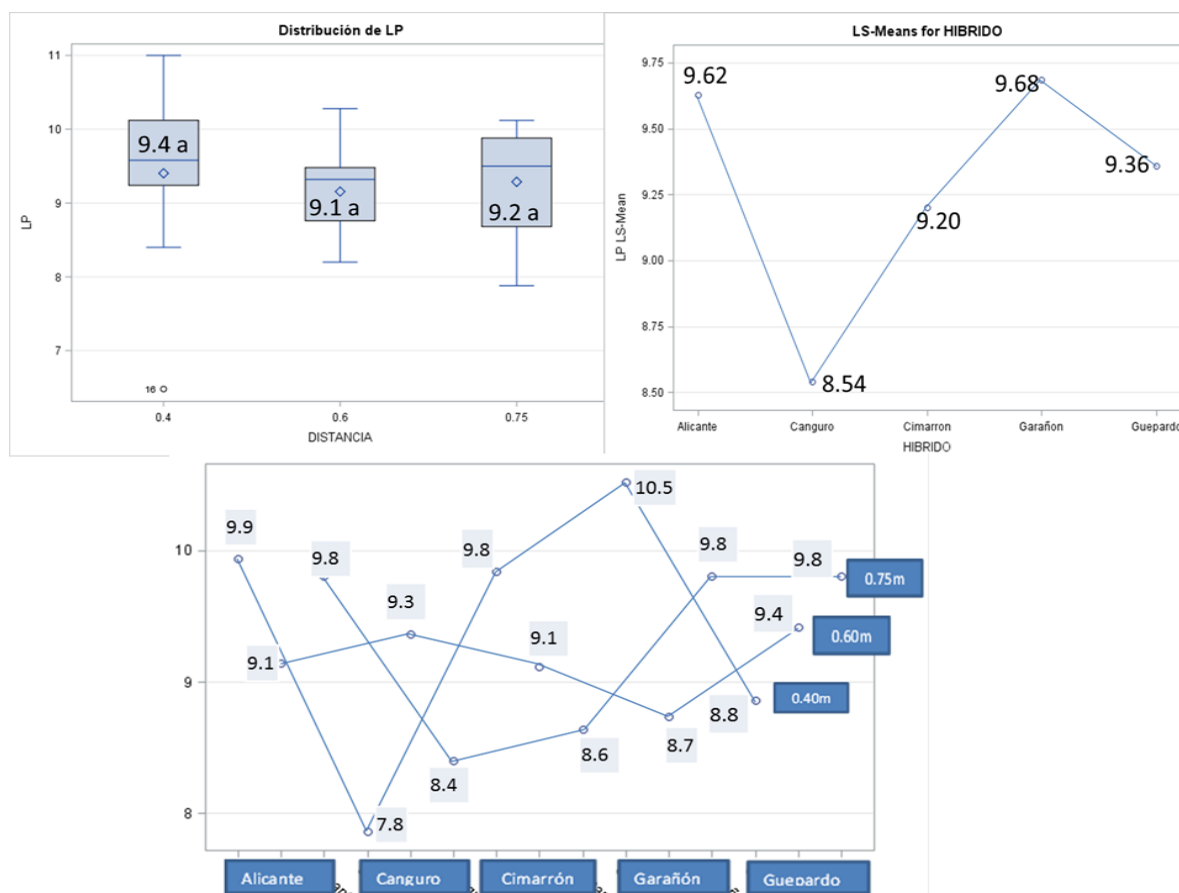


Figura 10. Comparación de medias para la variable Longitud de Plúmula (LP) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3.3 Peso Volumétrico (PV)

El comportamiento de las medias (Figura 11) de la variable Peso Volumétrico (PV), los híbridos más sobresalientes fueron Alicante, Guepardo y Canguro con las siguientes medias 79.0 kg hL^{-1} (a), 78.9 kg hL^{-1} (b) y 78.8 kg hL^{-1} (b), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.60 m con una media de 79.41 kg hL^{-1} (a), para los demás distanciamientos de 0.40 m y 0.75 m , con medias de 78.90 kg hL^{-1} (a) y 77.58 kg hL^{-1} (a) respectivamente. El PV se encuentra dentro de los estándares de calidad de semilla reportados por Moreno (1996) quien señala que la semilla de maíz de buena calidad registra un peso volumétrico de 75 kg hL^{-1} .

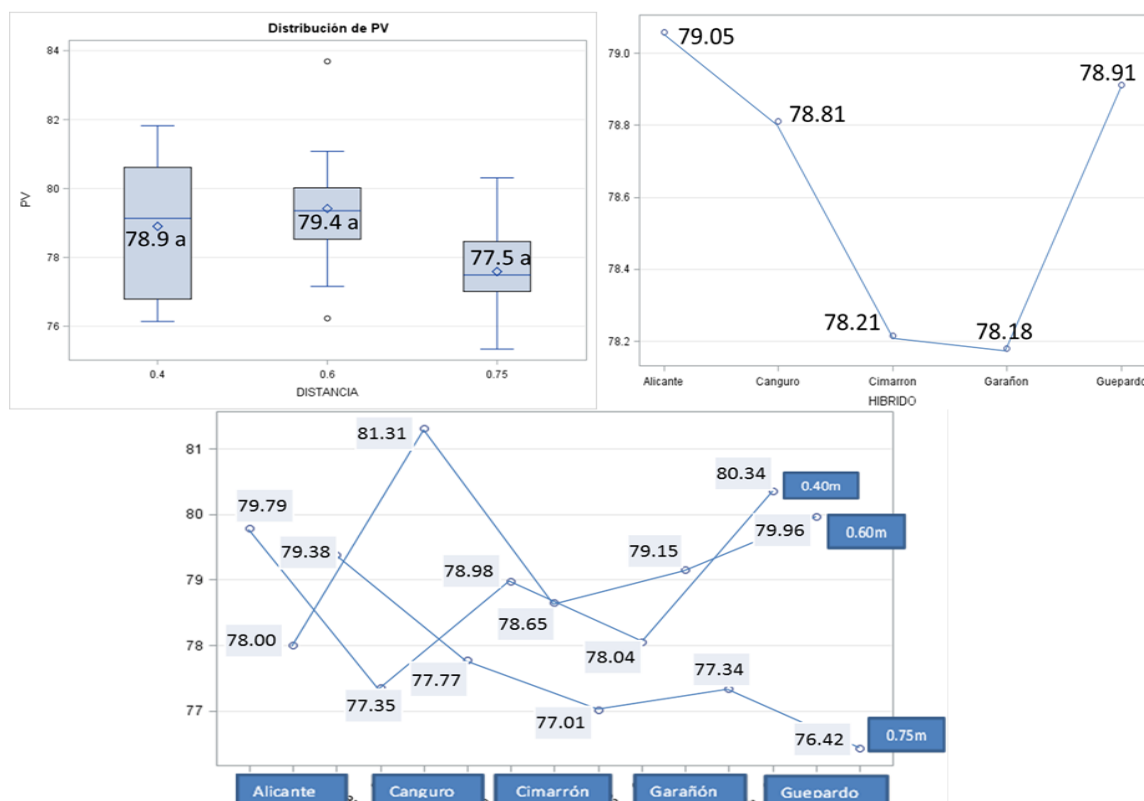


Figura 11. . Comparación de medias para la variable Peso Volumétrico (PV) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3.4 Peso de Mil Semillas (PMS)

El comportamiento de las medias (Figura 12) de la variable Peso de Mil Semillas (PMS), los híbridos más sobresalientes fueron Guepardo, Canguro y Cimarrón con las siguientes medias 35.71 g (a), 33.02 g (b) y 32.98 g (b), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con una media de 34.94 g (a), para los demás distanciamientos de 0.75 m y 0.60 m, con medias de 31.80 g (a) y 31.51 g (a) respectivamente. El peso de mil semillas se vio afectado por el distanciamiento ya que no se registra como semilla de buena calidad dentro del rango reportado por Peretti (1994) quien indica que semillas de maíz de calidad poseen un peso absoluto de 250 a 400 g.

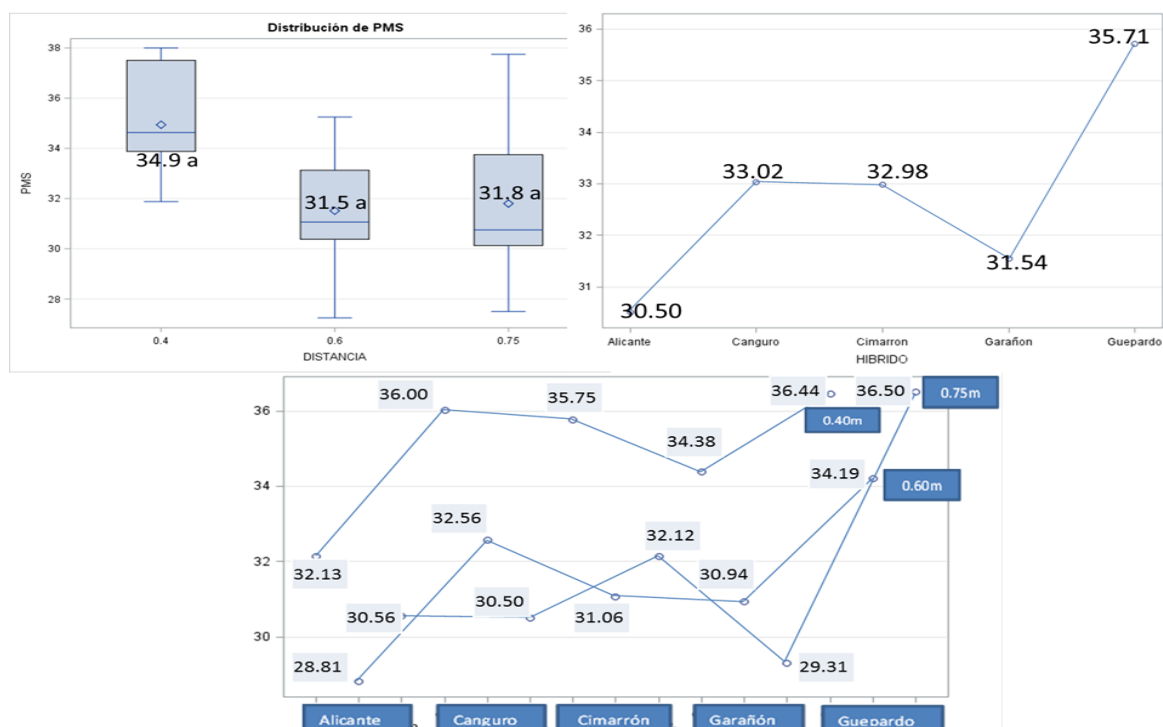


Figura 12. Comparación de medias para la variable Peso de Mil Semillas (PMS) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3.5 Largo de Grano (LG)

El comportamiento de las medias (Figura 13) de la variable Longitud de Grano (LG), los híbridos más sobresalientes fueron Alicante, Guepardo y Canguro con las siguientes medias 1.20 cm (a), 1.18 cm (a) y 1.18 cm (a), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con una media de 1.23 cm (a), para los demás distanciamientos de 0.75 m y 0.60 m se observaron medias de 1.15 cm (a) y 1.14 cm (a) respectivamente.

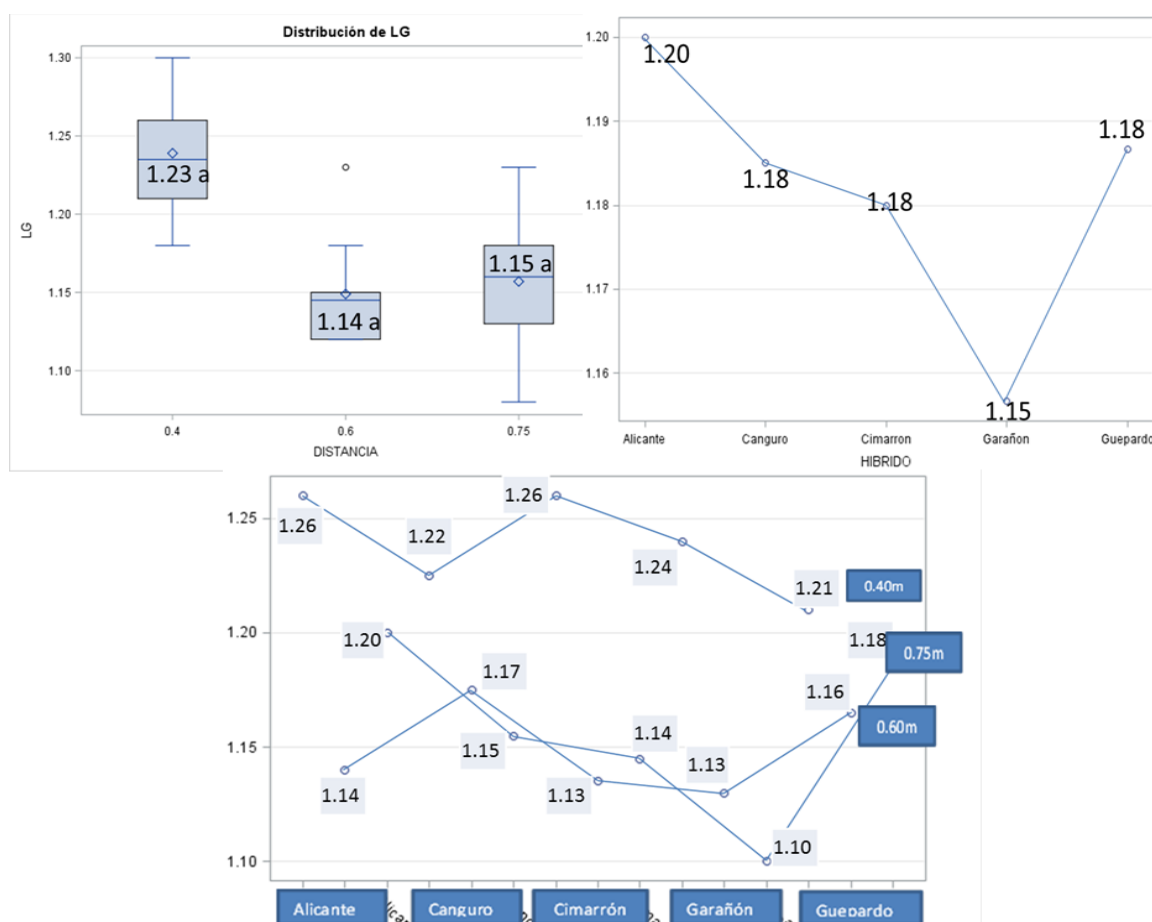


Figura 13. Comparación de medias para la variable Largo de Grano (LG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3.6 Ancho de Grano (AG)

El comportamiento de las medias (Figura 14) de la variable Ancho de Grano (AG), los híbridos más sobresalientes fueron Guepardo, Cimarrón y Canguro, con las siguientes medias 0.85 cm (a), 0.82 cm (b) y 0.81 cm (b), los híbridos se expresaron mejor en el distanciamiento de 0.40 m con una media de 0.82 cm (a), para los demás distanciamientos de 0.60 m y 0.75 m se observaron medias de 0.81 cm (a) y 0.80 cm (a) respectivamente.

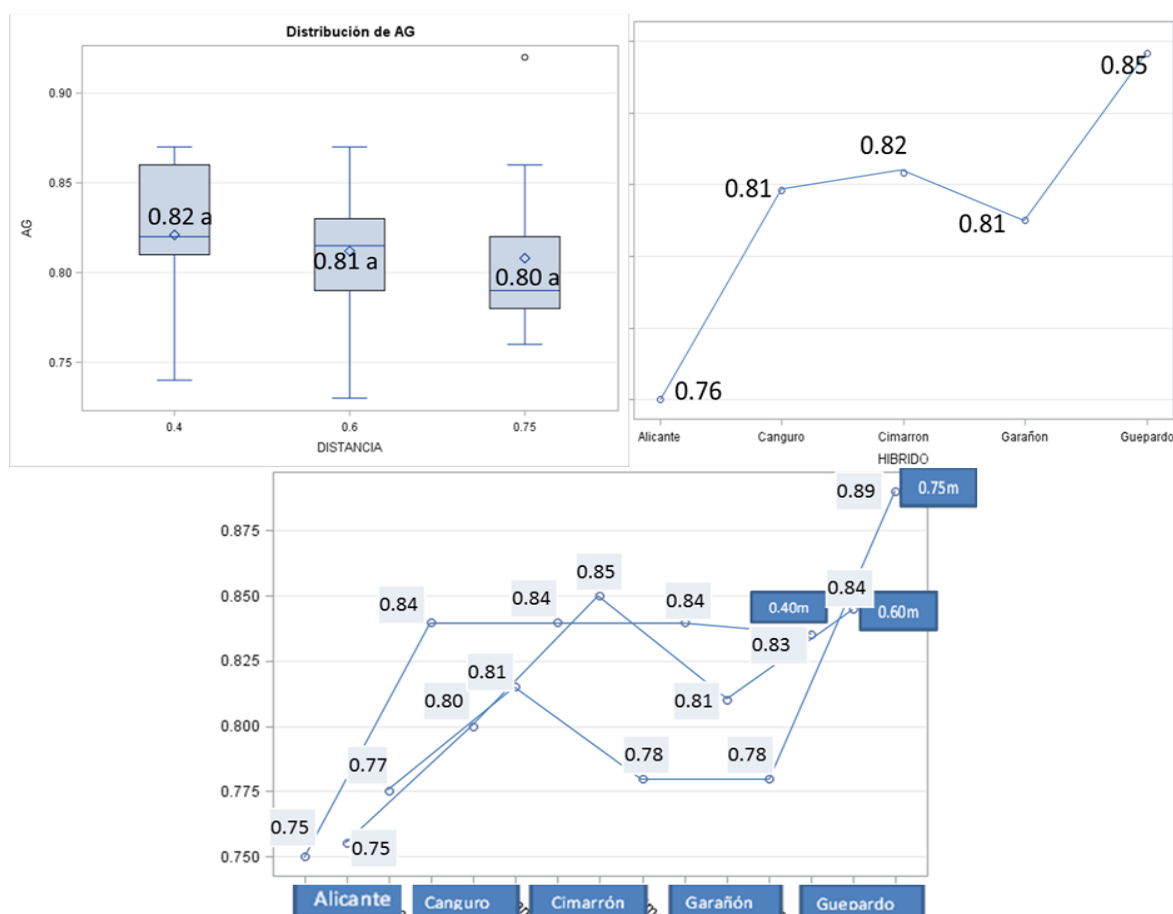


Figura 14. Comparación de medias para la variable ancho de Grano (AG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

4.3.7 Espesor de Grano (EG)

El comportamiento de las medias (Figura 15) de la variable Espesor de Grano (EG), los híbridos más sobresalientes fueron Cimarrón, Canguro y Guepardo, con las siguientes medias 0.47 cm (a), 0.47cm (a) y 0.46 cm (a), los híbridos se expresaron igual en todos los distanciamientos (0.75, 0.60 y 0.40 m) se observaron medias de 0.47 cm (a), 0.45 cm (a) y 0.45 cm (a) respectivamente.

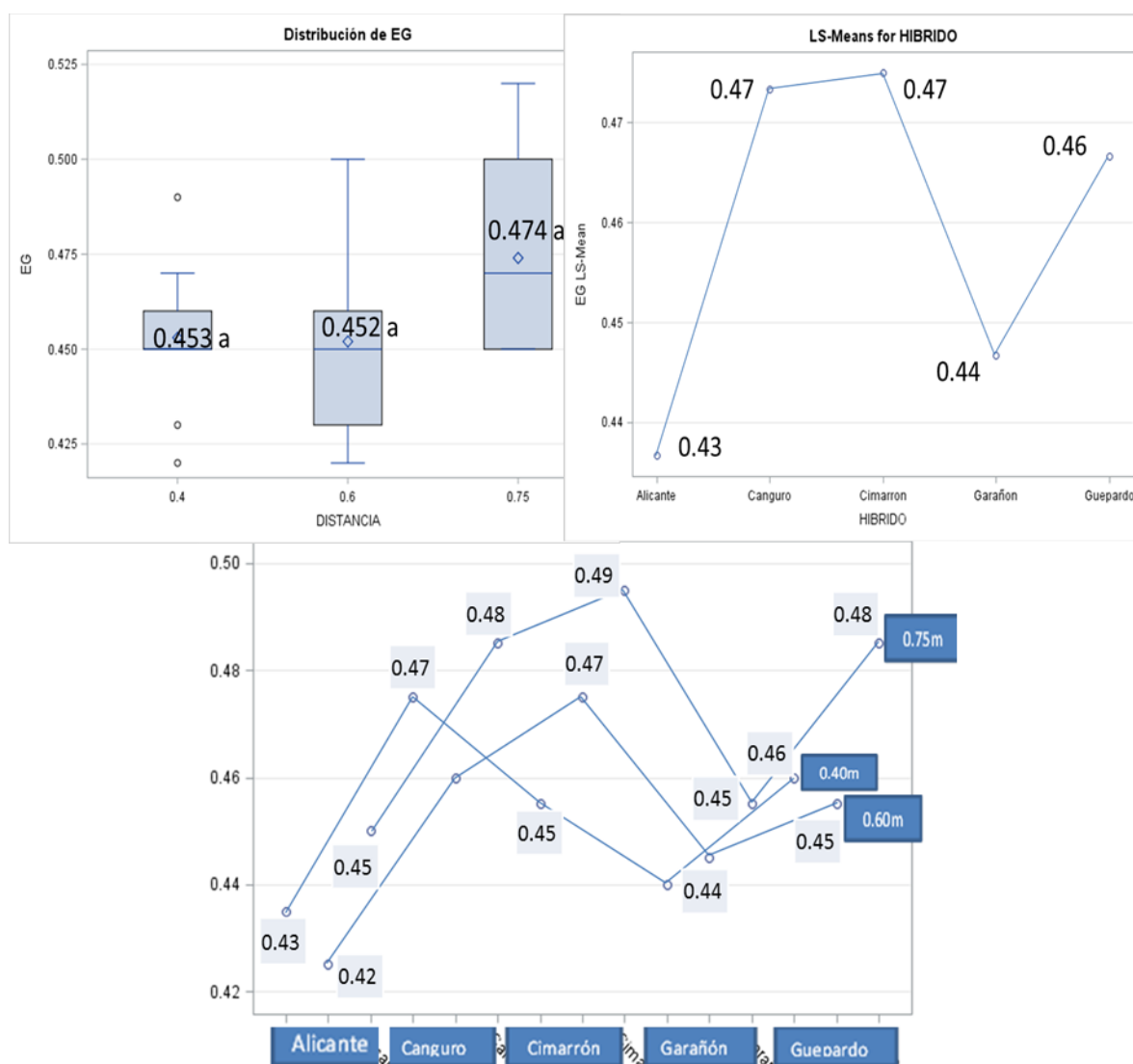


Figura 15. Comparación de medias para la variable Espesor de Grano (EG) de cinco híbridos comerciales de maíz. UAAAN-UL 2016.

V.- CONCLUSIONES

El sistema de producción de surcos estrechos (0.40 y 0.60 m) incrementa el rendimiento de grano, sin disminuir la calidad de la semilla, esto nos permite un mejor aprovechamiento del terreno y mejora la distribución de las plantas.

La germinación y el vigor de la semilla no se vieron afectadas por el distanciamiento entre surcos.

La calidad física de la semilla se mantuvo en todos los distanciamientos.

Entre los híbridos y el distanciamiento entre surcos no se encontró interacción, esto fue debido tal vez, al origen genético de los híbridos.

VI. - BIBLIOGRAFIA

Anderson I C, L L Buren, J J Mock. 1974. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. *Crop Sci.* 14:426-429.

Angeles, H. 1972. Obtención de variedades mejoradas de maíz de alta calidad de proteína en México. In Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Chapingo, MX, Colegio de Posgraduados, ENA. p. 85 – 86.

Antolín, DM; González, RM; Goñi, CS; Domínguez V, IA; Ariciaga, GC. 2009. Rendimiento y producción de gas in vitro de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Técnica Pecuaria en México* 47(4):413-423.

Barbieri P A, H R Sainz Rozas, F H Andrade, H E Echeverria (2000) Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92:283-288.

Barbieri, P. A.; Echeverria, H. E. and Sainz-Rosas, H. R. 2008b. Presidedress soil nitrogen test for no-tillage maize at different row spacing. *Agron. J.* 100:1101-1105.

Barbieri, P. A.; Echeverria, H. E.; Sainz-Rosas, H. R. and Andrade, F. H. 2008a. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agron. J.* 100:1094-1100.

Barbieri, P. A.; Sainz-Rosas, H. R.; Andrade, F. H. and Echeverria, H. E. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92:282-288.

Basra, A. S. 1995. Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. Basra, A. S. (ed.) Food Products Press. Preface. New York, USA.

Blandon G., E.J. y Smith M., A.Z. 2001. Efectos de diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6. Tesis UNA. Managua, Nicaragua. 50p.

Cantarero M. G., Luque S. F., Rubiolo O. J. 2000. Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). *AGRISCIENTIA*, VOL. XVII: 3-10.

Castañeda P. 2001. El maíz y su cultivo. Editorial AGTE S.A. Primera edición México, D.F. México. Pp. 248, 256.

Chávez, A. 1972. El Maíz en la Nutrición de México. In Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Chapingo, MX, Colegio de Posgraduados, ENA. p 9 – 10.

CIMMYT. 2003. Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo. Manual ensayos para las semillas maíz y trigo, Clave para la identificación de los organismos, Lisboa 27, Apdo. Postal 6-641, 06600 México, D.F. México, Pp. 23 – 175.

Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 1995. Principles of seed science and technology. 3rd. ed. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.

Cox, W. J. and Cherney, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. *Agron. J.* 93:597-602.

De la Cruz-Lázaro, E. 2005. Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. *Universidad y ciencia*, 21(41), 19-26.

Delouche, J. C. and Cadwell, W. P. 1962. Seed vigour and vigour test. *Proc. Assoc. Offi c. Seed Anal.* 50:124129.

Díaz Aguilar, r. d. j. 2015. Crecimiento y producción de chile habanero (*capsicum chinense jacq*) bajo diferentes regímenes de riego y arreglo topológico en la Comarca Lagunera.

Edalat, M; Kazemeine, SA; Bijanzadeh, E; Naderi, R. 2009. Impact of irrigation and nitrogen on determining the contribution of yield components and morphological, traits on corn kernel yield. *Journal of Agronomy* 8(2):84-88.

Esau, K.1977. *Anatomy of seed plants*, 2nd ed. New York, NY. USA, J.Wiley y sons p. 760

Esechie, H. A. 1992. Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize (*Zea mays*) in the Batinah Coast region of Oman. *J. Agric. Sci. Cambridge*. 119:165-169.

Espinoza-Banda A, Gutiérrez-Del Rio E, Palomo-Gil A, Lozano-García J. J, González-Castro M. E .2003. Estimación de los efectos genéticos en híbridos varietales de maíz forrajero.

Faiguenbaum, M. H. y Romero A., L. 1991. Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento en un híbrido de maíz (*Zea mays* L). *Ciencia e Investigación Agraria* 18(3):111-117.

Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density, and irbid effects on corn grain yield and moisture. *Agron. J.* 93:1049-1053.

Fisher K S, A F E Palmer. 1983. Maize. In: *Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments*. IRRI. Los Baños, Laguna, Philippines. Pp: 155-180.

Hallauer A R. 1974. Heritability of prolificacy in maize. *J. of Heredity* 65:163-168.

Hernández, J. Carballo, A. Hernández, A, y González, F.2000. Ponderación de variables de calidad fisiológica para la medición del vigor de la semilla de maíz.

Hodges T, D W Evans. 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. *J. Prod. Agric.* 3:190-195.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias). 2010. Siembra de Maíz en surcos angostos. Folleto para productores Núm. 1.Pp 9.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2006. Calidad del grano de maíz.

International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. Ed. 2004. Bassersdorf, CH-Switzerland, 243 p

Jugenheimer R, W.1981.Maiz; variedades mejoradas, metodos de cultivo y producción de semilla, Mexico D.F. editorial Limusa. 841p.

Karlen, D. L. and Camp, C. R. 1985. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic Coastal Plain. *Agron. J.* 77:393398.

Kelly A., F. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman Scientific and Technical-John Wiley and Sons. New York, USA. 227 p.

- Khalily, M; Moghaddam, M; Kanouni, H; Asheri, E. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constrain of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science* 2:60-69.
- Madamombe, MI; Vibrans, H; López, ML. 2009. Diversity of coevolved weeds in smallholder maize fields of México and Zimbabwe. *Biodiversity and Conservation* 18:1589-1610 traits on corn kernel yield. *Journal of Agronomy* 8(2):84-88.
- Maita R, J G Coors. 1996. Twenty cycles of biparental mass selection for prolificacy in the open pollinated maize population Golden Glow. *Crop Sci.* 36:1527-1532
- Malvar, RA; Revilla, P; Moreno, GJ; Butron, A; Sotelo, J; Ordás, A. 2008. White maize: genetics of quality and agronomic performance. *Crop Science* 48:1373-1381.
- Martinelli A. and Moreira de Carvalho, N. 1999. Seed size and genotype effects on maize (*Zea mays* L.) yield under different technology levels. *Seed Sci. Tech.* 27:999-1006.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ra. ed. UNAM. México, D. F. 393 p.
- Mu-Forster, C. and Wasseman, B. P. 1998. Surface localization of zein storage proteins in starch granules from maize endosperm. Proteolytic removal of thermolysin and in vitro cross-linking of granule-associated polypeptides. *Plant Physiol.* 116:1563-1571.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. No. 25. Roma, Italia. 160 p.
- Ospina J. E. 2001. Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia.
- Ottman M J, L F Welch. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration and yield in corn. Agron. J. 81:167-174.
- Oyervides G A, J Ortíz C, V A González H, A Carballo C. 1990. El número de mazorcas por planta y la formación de arquetipos de maíz. Agrocienca S. Fitociencia 1(4): 103-117.
- Pastora. R. 1996. Evaluación de arreglos de siembra de Frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y su uso equivalente de la tierra Tesis. UNA. Managua-Nicaragua 43p.
- Peña R A, G Núñez H, F González C. 2003. Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Téc. Pecu. Méx. 41:63-74.
- Peña R. A., González C. F., Robles E. F. J. 2010. Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.1 1 de enero-31 de marzo, p. 27-35

Peretti, A., 1994. Manual de Análisis de semillas. Editorial Hemisferio Sur S.A., 281 P

Pérez M., C., A. Hernández Livera, F. Valerio González, G. García de los Santos, A. Carballo Carballo, T. R., Vásquez Rojas y M. del R., Tovar Gómez. 2006. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. Agricultura técnica en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias.

Poey, F. 1972. Mejoramiento genético de la calidad nutritiva del maíz. In Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Chapingo, MX, Colegio de Posgraduados, ENA. p. 69 – 70.

Porter P M, D R Hicks, W E Lueschen, J H Ford, D D Warnes, T R Hoverstad. 1997. Corn response to row width and plant population in the northern Corn Belt. J. Prod. Agric. 10:293-300.

Quintana, C. M. 1992. Tamaño de semilla de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la calidad física y fisiológica. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 70 p.

Raygoza J. 2000. Dr. Mario Castro Gil. El sembrador. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp. 17

Reta S, DG; Cruz, CS; Palomo, GA; Serrato C, SJ; Cueto W, JA. 2010. Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nevadura café. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 1(1):13-23.

Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT. Editorial México. Tercera Edición. México D.F. p 320-350.

Rivas J. M. A., Carballo A., Pérez J., Serrano J. G., García Z. A., 2006. Rendimiento y calidad de ensilado de seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez. Memoria XVIII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Boca del Río, Veracruz. 463-470 pp

Robutti, J. L.; Hosene, R. C. and Deyoe, C. W. 1973. Modified opaque-2 corn endosperms. I. Protein distribution and amino acid composition. Cereal Science Today 9:303.

Roy, S. K. and Biswas, P. K. 1992. Effect of plant density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays*). J. Agric. Sci. Cambridge. 119:297-301.

SAGARPA., 2005. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y pesquera. Fichas por Estado. SAGARPA. Avances reportados de siembras y cosechas, superficie sembrada y cosechada, rendimientos y producción. (www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comfichados.html; 14 noviembre, 2005).

Saldaña. F. y Calero., M. 1991. Efectos de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de malezas en cultivos de maíz (*zea mays* L), sorgo (*Sorghum bicolor* L), pepino (*cucumis sativus* L), Tesis, UNA, Managua, 63p.

Salvagiotti F. 2009. Rendimientos potenciales en maíz. Brechas de producción y prácticas de manejo para reducir las. Para mejorar la producción-INTA Oliveros 41 (Maíz), 61-66.

Sánchez H. M. A., Aguilar M. C. U., Valenzuela J. N., Sánchez H. C, Jiménez R. M. C., Villanueva V. C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22 (2):281-295.

Santamaría, C.L. A.M. Caicedo. E.B. Quijano 1998. Manejo de los cultivos del sorgo y Maíz. Ibague.

Santamaría-César. J., Reta-Sánchez. D. G., Chávez-González. J. F. J., Cueto-Wong. J. A., & Rubio, J. R. P. 2006. *Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Libro Técnico Núm. 2. 240 p.* INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coah., México.

Shapiro, C. A. and Wortmann, C. S. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. *Agron. J.* 98:529-535.

Shieh W., J. and McDonald, M. B. 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. *Seed Sci. Tech.* 10:307-313.

Shieh W., J. and McDonald, M. B. 1982. The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. *Seed Sci. Tech.* 10:307-313.

Siap (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Anuario Estadístico de la producción agrícola 2008.

Siap. (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). (2016). Avance de siembras y cosechas, resumen nacional. (En línea)

http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do. Fecha de consulta: 20 de octubre 2017

Soltero D. L., Garay L. C., Ruiz C. J. A. 2010. Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.1 Núm.2 1. p. 149158.

Soltero D., Garay L C, Martínez C J, Cedillo G V. 2010. Siembra de maíz en surcos angostos. Folleto para productores Núm. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 28 p.

Somarriba R., C. 1998. Texto granos básicos, UNA- Managua, Nicaragua. 63p.

Stivers R K, D R Griffith, E P Christmas. 1971. Corn performance in relation to row spacings, populations, and hybrids on five soils in Indiana. Agron. J. 63:580-582.

Tetio, K. F. and Gardner, F. P. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustment. Agron. J. 80:935-940.

USDA. (Departamento de Agricultura de Estados Unidos). 2016. Maíz producción Mundial 2017/2018. (En Línea): <http://cnpamm.org.mx/2016/09/19/maiz-produccion-mundial-20162017-2/> Fecha de consulta: 20 de octubre 2017

Vázquez R. 2008 Detección de Fusarium verticillioides en tres materiales del estado de Veracruz y Guanajuato. UAAAN

- Vera M. G. I. 2011. Influencia de la sincronización en la floración y la densidad de siembra sobre la producción y calidad fisiológica de la semilla de maíz híbrido INIAP H-601 en la zona de Quevedo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Los Ríos, Ecuador.
- Villegas, E. 1972. Maíces de alta calidad nutricional. In Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. México, Chapingo, Colegio de Posgraduados, ENA. p. 13 – 14.
- Widdicombe W D, K D Thelen. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the northern corn belt. Agron. J. 94:1020-1023.
- Wong R. R., Gutiérrez Del Rio E, Palomo G. A, Rodríguez H. S. A, Córdova O. H., Espinoza B. A., Lozano G. J. J. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 181-189.