



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

LICENCIATURA COMO INGENIERO EN PRODUCCION VEGETAL

COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN
HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.)
RECOMENDADOS PARA EL ESTADO DE
MORELOS SOMETIDOS A ALTA DENSIDAD
POBLACIONAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO COMO
INGENIERO EN PRODUCCIÓN VEGETAL

PRESENTA

DAVID MARTINEZ TAPIA

DIRECTOR: DR. HERMES REBOLLOZA HERNÁNDEZ

CODIRECTORA: DRA. YESSICA FLOR CERVANTES ADAME

DEDICATORIA:

Este trabajo se lo dedico a mi familia, a mis padres Gilberto y Juana que me han apoyado durante toda la vida y gracias a ellos he culminado mis estudios, a mis hermanas Ruth y Miriam quienes siempre me han dado su apoyo emocional para no rendirme y seguir adelante con mis metas.

También se lo dedico a mis amigos, que han estado siempre dispuestos a apoyarme en cualquier circunstancia.

A mis compañeros y profesores que siempre creyeron en mí.

David Martínez tapia.

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres, les agradezco profundamente que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Así como el apoyo económico para poder culminar mis estudios.

A mis hermanas. Les agradezco mucho el cariño, el apoyo y el ánimo que siempre me dieron para seguir adelante y poder alcanzar mis metas.

A mis profesores, les agradezco por su paciencia y dedicación. Gracias por transmitir sus sabios consejos y darme los conocimientos necesarios para mi formación que me serán muy útiles en mi camino por el campo laboral.

A mis compañeros les agradezco por su apoyo y estímulo que me han dado durante este camino que iniciamos hace unos años desde el primer día de clases, muchos han llegado a ser mis colegas, amigos y hermanos.

A la casa de estudios. Quiero agradecer a la EESuX por prestar las instalaciones y brindar las herramientas necesarias para poder realizar mis actividades de formación académica. Y a todos los que trabajan en ella agradecerles por sus esfuerzos que hacen para brindarnos un buen lugar para aprender.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que de una u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

David Martínez Tapia.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Cuadros	ix
Resumen.....	x
I. INTRODUCCIÓN	11
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	13
2.1. Hipótesis	13
2.2. Objetivo general	13
2.3. Objetivos específicos	13
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
3.1. Importancia del rendimiento de grano de maíz	14
3.2. La adaptabilidad del cultivo de maíz	14
3.2.1. Concepto de adaptabilidad.....	14
3.2.2. Importancia de la adaptabilidad del maíz.....	15
3.3. El maíz	15
3.3.1. Origen	16
3.3.2. Importancia económica del maíz a nivel nacional y estatal.....	17
3.3.3. Ubicación taxonómica	18
3.3.4. Morfología, anatomía y fenología del maíz	18
3.3.4.1. Morfología	18
3.3.4.2. Anatomía.....	21
3.3.4.3. Fenología	22
3.3.5. Plagas y enfermedades.....	22
3.4. El maíz híbrido y su importancia en México y en Morelos.	23
3.4.1. Concepto de maíz híbrido.	23
3.4.2. Perspectiva de la producción de grano con maíces híbridos en México. .	24
3.4.3. Importancia de maíces híbridos en la zona oriente del estado de Morelos	26
3.5. Componentes de Rendimiento en Maíz.....	27

3.5.1. Importancia.....	27
3.5.2. Tipos de componentes de rendimiento en maíz.....	28
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
4.1. Material Genético	29
4.2. Ubicación de la evaluación agronómica.....	30
4.3. Manejo Agronómico.	31
4.4. Diseño Experimental.	31
4.5. Variables de Respuesta.	31
4.6. Análisis estadístico de variables cuantitativas.....	34
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. Variación de caracteres cuantitativos.	36
5.1.1. Cuadrados medios de variables de caracteres agronómicos.	36
5.1.1.1. Floración masculina	38
5.1.1.2. Floración femenina.....	40
5.1.1.3. Altura de planta.	41
5.1.1.4. Altura de mazorca.	43
5.1.1.5. Longitud de la espiga.	45
5.1.2. Grado de asociación entre variables de componentes agronómicos.	46
5.1.3. Regresiones lineales de los caracteres agronómicos con el rendimiento de grano.....	48
5.2. Variación de caracteres cuantitativos secundarios relacionados al rendimiento de grano (componentes de rendimiento).	53
5.2.1. Cuadrados medios de variables de componentes de rendimiento.....	53
5.2.1.1. Longitud de mazorca.....	54
5.2.1.2. Diámetro de mazorca.	56
5.2.1.3. Número de hileras por mazorca.	57
5.2.1.4. Número de granos por hilera.....	59
5.2.1.5. Peso de mil granos	61
5.2.1.6. Peso de la mazorca.....	63
5.2.1.7. Peso del olote.	64
5.2.1.8. Rendimiento de grano.	65

5.2.2. Coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento.....	67
5.2.3. Regresiones lineales de los caracteres de rendimiento con la variable rendimiento de grano.	69
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	76
6.1. Caracteres cuantitativos agronómicos	76
6.2. Caracteres de componentes de rendimiento.	77
VII. CONCLUSIONES	79
VIII. RECOMENDACIONES	80
IX. REFERENCIAS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Floración masculina en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos	38
Figura 2. Floración femenina en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos	40
Figura 3. Altura de planta en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos	41
Figura 4. Altura de mazorca en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos.....	43
Figura 5. Largo de espiga en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos	45
Figura 6. Grado de dependencia entre rendimiento y floración masculina.	48
Figura 7. Grado de dependencia entre rendimiento y floración femenina	49
Figura 8. Grado de dependencia entre rendimiento y altura de mazorca	50
Figura 9. Grado de dependencia entre rendimiento y altura de Planta	51
Figura 10. Grado de dependencia entre rendimiento y longitud de espiga	52
Figura 11. Longitud de mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.	54
Figura 12. Diámetro de mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos	56
Figura 13. Numero de hileras por mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos	57
Figura 14. Numero de granos por hilera en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos	59

Figura 15. Peso de mil granos de cada material en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.....	61
Figura 16. Peso de mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.....	63
Figura 17. Peso del Orote en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos	64
Figura 18. Rendimiento en maíces híbridos evaluados en P-V 2018 en Xalostoc, Morelos	65
Figura 19. Grado de dependencia entre la longitud de mazorca y rendimiento de grano.....	69
Figura 20. Grado de dependencia entre diámetro de mazorca y rendimiento de grano	70
Figura 21. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y número de hileras por mazorca	71
Figura 22. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y número de granos por hilera	72
Figura 23. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y peso de mil granos	73
Figura 24. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y peso de mazorca.....	74
Figura 25. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y peso del orote.	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro1. Híbridos de maíz comerciales y experimentales recomendados para la producción de grano en el Estado de Morelos	29
Cuadro 2. Ubicación y características climáticas de la localidad de evaluación...	30
Cuadro 3. Cuadrados medios de variables de caracteres cualitativos en maíces híbridos evaluados en P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.....	36
Cuadro 4. Coeficientes de correlación y nivel de significancia para cada par posible de los caracteres agronómicos de los híbridos evaluados durante el ciclo P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.....	46
Cuadro 5. Cuadrados medios de variables de componentes de rendimiento de maíces híbridos evaluados en P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.	53
Cuadro 6. Coeficientes de correlación y nivel de significancia para cada par posible de los componentes de rendimiento evaluados de híbridos evaluados durante el ciclo P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.....	67

COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ RECOMENDADOS PARA EL ESTADO DE MORELOS SOMETIDOS A ALTA DENSIDAD POBLACIONAL

Resumen

Hoy en día existe un déficit de producción de grano de maíz en México, ya que cada vez la superficie de siembra es menor y la demanda de este cultivo aumenta. Por lo que se necesita hacer más eficiente el sistema de producción de maíz para grano. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los componentes de rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays* L.) recomendados para la zona oriente del estado de Morelos, sometidos a alta densidad poblacional. Esto se llevó a cabo en el campo experimental de la EESX perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos en el ciclo P-V 2019, se evaluaron veinticinco materiales híbridos de maíz recomendados para esta zona. Los materiales se sembraron bajo el diseño de boques completos al azar con cinco repeticiones. Se analizaron 11 variables en total. Para el análisis de datos se utilizó el método de análisis de varianza y tukey a 5 % de probabilidad, asimismo se realizó la asociación y dependencia estadística entre las variables evaluadas. Los análisis estadísticos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS. En los cuadrados medios de las variables agronómicas se detectaron diferencias estadísticas al 0.01 en AM en repeticiones y en tratamientos se encontraron diferencias estadísticas al 0.01 en FM, FF, AM, AP, RTO y al 0.05 en LE. En cuanto a las variables de rendimiento se detectaron diferencias estadísticas solo en la fuente de variación de tratamiento en LM, DM, NHM, NGH, PM y PO a 0.01 de probabilidad y a 0.05 la variable P1000G. Se observó que el material que mejor rendimiento mostró fue Rio Blanco con 7.75 t ha⁻¹, seguido de COM 2 con 7.70 t ha⁻¹. La mayoría de los materiales evaluados superaron la media estatal y nacional de producción de maíz de temporal, por lo tanto, se concluyó que hay materiales que toleran la densidad poblacional de 80 000 p ha⁻¹ y pueden ser utilizados para la siembra de maíz para grano en la zona oriente del estado de Morelos, México.

Palabras clave: Maíz, Componentes de rendimiento, Alta densidad poblacional.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo está preocupado por la llamada seguridad alimentaria que como definición establece que un individuo garantice sus requerimientos mínimos nutrimentales en todo momento para realizar sus actividades fisiológicas energéticas (Urquía, 2014). En la última década la problemática a nivel internacional en cuestión de seguridad alimentaria varió en función al sistema económico de cada nación (Coleman et al., 2014).

En México el tema de seguridad alimentaria es diferente abordando varios aspectos como son la disponibilidad, acceso y utilidad de alimentos, estabilidad de la oferta y demanda de productos alimenticios, y problemas de salud derivados de la malnutrición como el sobrepeso, la obesidad y la desnutrición. En el año 2013, se tiene el reporte que más del 18 % de la población mexicana se encontró en seguridad alimentaria por ingreso. Bajo este contexto, se sabe que la disponibilidad energética diaria por persona es de 3145 kilocalorías y en función de esto los granos básicos como el maíz son una gran fuente energética para el ser humano (Urquía, 2014).

El maíz es el cultivo que más destaca en la alimentación y producción en México, durante el año agrícola 2014; el 89 % de la producción total de maíz en México correspondió a maíz blanco, 10.4 % a maíz amarillo y el restante a otros tipos de maíz. De hecho, de los países latinoamericanos que más consume maíz blanco para la alimentación humana se encuentra México con un 53.1 %, pero también ocupa un gran número de toneladas de otras variedades de maíz como el amarillo para la alimentación de ganado donde se consume el 74.0 % (FIRA, 2015). Sin embargo, todo esto lleva a que México tenga que importar maíz de otros países debido al rendimiento bajo que tienen sus campos, por lo cual se tiene que importar grano en una magnitud de 1.07 millones de toneladas por año (Borroel et al., 2018).

Una estrategia para incrementar el rendimiento de grano de maíz a nivel nacional es el uso de variedades mejoradas, que pueden ser de polinización libre, sintéticas o híbridas. La base de la formación de híbridos comerciales son las líneas endogámicas de buena aptitud

combinatoria. Las empresas transnacionales, en la actualidad, tienen como objetivo la obtención de híbridos de maíz para incrementar los rendimientos por unidad de superficie o incrementar el rendimiento agronómico por planta. Ambos casos permiten manipular las densidades poblacionales de este sistema de producción, teniendo así mayor rendimiento de grano (Castañeda et al., 2014). En este contexto, se han visto en algunos estudios que la densidad de plantas puede afectar positivamente al rendimiento de grano, por lo que es bueno tomarla en cuenta si se quiere incrementar la producción (Quevedo et al., 2015).

Por otra parte, la selección de líneas progenitoras de híbridos comerciales se realiza con base a la evaluación en mega-ambientes; por lo que la liberación de materiales híbridos presenta buena adaptabilidad en diversas latitudes en general. Sin embargo, en el punto de vista de microambientes, las condiciones ambientales para la producción de maíz pueden variar en una misma región por lo que afecta negativamente, en algunos casos, la producción de este grano. Por ello es conveniente realizar la mejor elección de híbridos adaptables a una región específica con base al análisis de sus componentes de rendimiento en la zona (Borroel et al., 2018).

Con base a lo anterior, ¿Cuál es la efectividad de los materiales híbridos de maíz recomendados para el estado de Morelos sometidos a alta densidad poblacional, en cuanto a rendimiento y comportamiento agronómico, en el ciclo agrícola PV 2018? Para responder a esta pregunta se realizó la presente investigación.

El presente trabajo se divide en VIII capítulos, en el capítulo uno se hace una exposición general sobre la importancia que dio origen a la presente investigación. En el capítulo dos se presentan los objetivos e hipótesis que sustentan este trabajo de investigación. En el capítulo tres se presenta la revisión de literatura. En el capítulo cuatro los materiales y métodos del presente trabajo. En el capítulo cinco se hace referencia a los resultados de la aplicación de los materiales y métodos. En el capítulo seis se presentan las conclusiones generales. En el capítulo siete se mencionan las recomendaciones generales de este trabajo. Y en el capítulo ocho se muestra la bibliografía consultada.

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Hipótesis

De la totalidad del germoplasma híbrido, al menos un material cuenta con un grado alto de adaptabilidad y rendimiento en la localidad de Ayala, Morelos, México, considerando la expresión de sus componentes de rendimiento, los cuales estuvieron sometidos a alta densidad poblacional.

2.2. Objetivo General

Evaluar los materiales híbridos de maíz recomendadas para la zona oriente del Estado de Morelos, en cuanto a su comportamiento agronómico y de rendimiento, sometidos a alta densidad poblacional, en el ciclo PV 2018.

2.3. Objetivos Específicos

1. Determinar los componentes de rendimiento en híbridos comerciales de maíz recomendados para la producción de maíz de grano sometidos a la alta densidad poblacional para la zona oriente del Estado de Morelos.
2. Seleccionar los híbridos con mayor potencial de producción con base a sus componentes de rendimiento.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Importancia del rendimiento de grano de maíz

El maíz es muy importante en México ya que es el principal alimento para la población. Este cultivo se siembra durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, obteniéndose la mayor producción en el primero, lo anterior se debe a que, en el territorio nacional, en ambientes no controlados de humedad, se siembra este cereal (el cual corresponde al 85 % de la superficie, aproximadamente) con materiales nativos y/o mejorados (Fernández et al., 2013).

México es el mayor consumidor de maíz en el mundo representando una tercera parte del consumo diario en la población mexicana. Por lo mismo México produce en gran cantidad este cultivo por lo que ocupa el quinto lugar en producción de grano y semilla en el cultivo de maíz en los últimos años (Ortiz et al., 2015).

Sin embargo, la producción interna de maíz es insuficiente para abastecer la demanda de este grano básico, ocasionando que las importaciones vayan en aumento. Esto debido a que la población se incrementó en los últimos años y también por la apertura comercial que derivó en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), lo cual es resultado del cambio de políticas agrícolas. Por lo que es necesario aumentar la producción de este cereal (Moreno et al., 2016).

3.2. La adaptabilidad del cultivo de maíz

3.2.1. Concepto de adaptabilidad

La adaptabilidad se define a la estabilidad del germoplasma y se establece como una propiedad que le permite a los genotipos adecuar su capacidad productiva ante una amplia variación de un estímulo ambiental en ambientes diferentes. La adaptabilidad de los

genotipos se establece con base al comportamiento dentro de la localidad en el que se encuentren, pueden o no incrementar su supervivencia y con ello alcanzar el éxito o valor reproductivo (García, 2011).

3.2.2. Importancia de la adaptabilidad del maíz

Con el paso de los años, la necesidad de alimento en el país se incrementó debido a que cada vez somos más individuos. Esto ha hecho que se requiera sembrar mayor cantidad de maíz y de igual manera se requiere que este cultivo sea adaptable para todo el territorio nacional. Sin embargo, para que eso sea posible se ha creado nuevas variedades de este cultivo para ayudarlo a ser más adaptable a las zonas donde se cultive. Esta es una estrategia para desarrollar variedades que puedan adaptarse para poder obtener una suficiente cantidad de grano de este cultivo y poder satisfacer las necesidades de la población mexicana (Peña et al., 2010).

3.3. El Maíz

El maíz es una planta tropical, pertenece a la familia de las monocotiledóneas con hojas compuestas por limbo, vaina y lígula; posee un sistema radical fibroso, con un solo tallo que puede presentar hasta 30 hojas. Esta planta tiene el potencial de desarrollar hasta siete u ocho yemas laterales; hasta el día de hoy se logró desarrollar has dos laterales por debajo del nudo donde se inserta la mazorca principal (jilote o inflorescencia femenina que posteriormente se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven denominadas brácteas). De igual manera en la parte superior de la planta crece una inflorescencia masculina o panoja que tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas que producen abundantes granos de polen (Ritchie, 2002).

3.3.1. Origen

El origen del maíz remota entre los años 9 000 y 5000 AC cuyo centro de origen y diversidad de este cultivo se encuentra en Mesoamérica (entre México y Guatemala). Con base a un estudio realizado en la morfología de los cromosomas del maíz se ha desarrollado una teoría en donde se describe que el origen del maíz se encuentra en 5 centros de origen-domesticación entre México y Guatemala los cuales son 1) La mesa central de México, 2) las regiones de altura media de Morelos, Edo. México, Guerrero y sus alrededores, 3) región centro-norte de Oaxaca; 4) los suelos que se encuentran entre los estados de Oaxaca y Chiapas, y 5) la región alta de Guatemala, en donde se originó y posteriormente se expandió este cultivo (Caballero et al., 2019).

Una de las evidencias más antiguas que se reportan es con base a espigas del maíz descubiertas en yacimientos arqueológicos del valle de Tehuacán, Puebla, México. A través de este descubrimiento se conoce que el consumo de maíz en México data desde hace 7000 años. Se cree que las mazorcas cosechadas de aquellas épocas eran diferentes a las actuales (se cree que median entre 3 y 4 cm de longitud y por ende tenían escasa cantidad de granos), también es posible que esta planta estuviera presente por otras partes de América además de México, aunque en menor cantidad o de diferente manera lo que se le conocería como centros secundarios de origen. Este cereal era “esencial en las civilizaciones maya y azteca” y que además “jugó un papel importante en sus creencias religiosas, festividades y nutrición”. Por último, se sabe que mil años después gracias a la evolución y a las capacidades de los que lo cultivaban, el maíz fue transformándose en lo que conocemos en la actualidad, hasta que posteriormente a finales del siglo XV, tras el descubrimiento del continente americano por Cristóbal Colón, el grano se introdujo en Europa a través de España. Posteriormente se distribuyó por varios lugares de climas cálidos alrededor del Mediterráneo y después a Europa septentrional (Ramírez, 2016).

3.3.2. Importancia económica del maíz a nivel nacional y estatal

En México, el maíz es el cultivo más representativo gracias a su importancia económica, social y cultural. Se estima que este producto agrícola tiene un consumo promedio per cápita al año de 196.4 kg por familia, especialmente el maíz blanco usado para la elaboración de tortillas, representando un 20.9 % del gasto total que se realiza para la alimentación humana. Por otro lado, el maíz amarillo se utiliza principalmente para la industria o para la producción de alimentos balanceados que se utilizan para el sector pecuario (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SAGARPA], 2017).

La producción de maíz ha ido en aumento durante los últimos años; en este contexto se establece que el volumen de producción de los años que comprenden del 2012 al 2017 tuvieron un promedio de 23,420,000 t anuales. Contando con el volumen más alto en el 2016 con aproximadamente 28,251,000 t y el volumen menor en el 2012 con aproximadamente 22,069,000 t. Para el año 2017 se produjeron 27,762,000 t. Sin embargo, durante el año 2017, la producción de maíz de grano mostró una disminución de 1.7 % con respecto a 2016 y durante el periodo 2012-2017 se vio un aumento de la tasa promedio anual de 4.7 %, derivado del incremento del rendimiento de la cosecha (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2018).

En el top 10 con base al volumen de producción en el año 2017, a continuación, se mencionan las principales entidades productoras: como primer lugar se encuentra el estado de Sinaloa con un volumen de 6,167,096 t, le sigue Jalisco con 4,024,864 t, en tercer lugar, Estado de México (2,219,616 t), Michoacán (1,911,239 t), Guanajuato (1,642,835 t), Guerrero (1,357,557 t), Chiapas (1,296,940 t), Veracruz (1,268,916 t), Chihuahua (1,201,125 t) y como décimo lugar Puebla con 1,027,726 t (SIAP, 2018).

En cuanto a la exportación y la importación de maíz de grano en México sea ha visto que durante los años 2012 a 2017, se importaron alrededor de 15,432,216 t con un valor aproximado de 2620 millones de dólares. Así mismo la exportación de este cereal fue de 1,623,896 t con un valor aproximado de 395 millones de dólares. Dando esto lugar a que nos enfoquemos en el futuro de la alimentación de nuestro país (SIAP, 2018).

En estado de Morelos, el maíz es el segundo cultivo más importante solo después de la caña de azúcar (Bahena et al., 2017). Este cereal se cultiva en una superficie de 38 124 ha, de las cuales se obtuvieron 149, 243 t. Las cuales fueron sembradas en temporal y riego durante el ciclo agrícola 2018-2019 y se reporta un rendimiento promedio de 3.914 t ha⁻¹, predominando el uso de variedades mejoradas en los dos sistemas de cultivo (SAGARPA, 2020).

3.3.3. Ubicación taxonómica

Según el Servicio de Información sobre Biodiversidad Mundial (GBIF, por sus siglas en inglés) [2013], y El Catálogo de la vida (2017) la taxonomía del maíz es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays*

3.3.4. Morfología, anatomía y fenología del maíz

3.3.4.1. Morfología

El maíz es una planta herbácea de la familia de las monocotiledóneas, de hábito de crecimiento anual con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos. Según el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) [2019] y Delgado (2016), el maíz presenta las siguientes características morfológicas:

Raíz. Las raíces son fasciculadas y robustas, su misión es aportar alimento a la planta, además de servir como un perfecto anclaje. Esta se refuerza con la presencia de raíces adventicias que constituye cerca del 52 % de la planta, las cuales también son el principal sistema de fijación y absorción de agua y nutrimentos.

Tallo. El tallo es simple y erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar hasta los 4 m de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto se asemeja al de una caña, presenta una médula esponjosa. Cuenta con un sistema nodular que constituye un 48 % de la masa total de la planta lo que la mantiene erecta para evitar el acame.

Hojas. Las hojas son largas y de gran tamaño, se encuentran abrazadas al tallo a través de la vaina, son lanceoladas, con filotaxia alterna, paralelinerves y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

Macollos. Los macollos son partes de algunas plantas formadas por uno o más tallos representando estos una unidad morfo-fisiológica. La mayoría de las gramíneas (Poaceae) cuentan con ellos como es el caso del maíz. Cada macollo se forma por la repetición de unidades similares denominadas fitómeros, diferenciados a partir del mismo meristemo apical. Cada uno de estos consta de: hoja, nudo, entrenudo, meristemo o yema axilar y meristemo intercalar. Se originan a partir de un meristemo apical desde el ápice hasta la base de la planta y los más longevos quedan próximos al suelo y constituyen el verdadero tallo de la planta.

Floración. El maíz cuenta con dos tipos de inflorescencia que se ubican en diferente posición de la planta (monoica) o ambas separadas dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina se encuentra en la parte superior de la planta y la femenina se encuentra a mitad de la misma.

Floración masculina. En la inflorescencia masculina podemos encontrar presente una panícula (vulgarmente denominadas espigón, penacho o espiga). Es esta panícula podemos encontrar florecillas las cuales están compuestas por tres estambres en donde se desarrolla el polen. La inflorescencia posee una cantidad muy elevada de polen, cada espiga produce de 2 a 5 millones de granos de polen (CONACYT, 2019).

Floración Femenina. En cambio, la inflorescencia femenina cuenta con un menor número de óvulos, según un estudio cada jilote puede llegar a desarrollar alrededor de unos 500 a 1000 de estos, los cuales se pueden presentar alineados en 16 a 20 hileras de 30 a 50 óvulos cada una (Delgado, 2016). Dependiendo de la longitud de la mazorca y de las hojas que las cubren, los estambres pueden crecer hasta 30 centímetros o más para llegar al extremo de las hojas de cobertura o espatas. Los estambres están cubiertos por numerosos pelos o tricomas colocados en ángulo abierto con el estambre, donde serán retenidos los granos de polen. El desarrollo de las flores femeninas y de los óvulos en la mazorca es acropétalo, desde la base hacia arriba (Paliwal et al., 2001).

La etapa de floración en el maíz es el período más crítico en el desarrollo del cultivo ya que se involucra la diseminación del polen y la aparición de los estigmas. Esta etapa puede ser difícil sobre todo si se toma en cuenta el punto de vista del rendimiento de grano. En esta fase tanto una sequía, como un estrés provocado por altas temperaturas, granizo, o los insectos pueden dañar a la planta y afectar gravemente el rendimiento agronómico (Endicott et al., 2015).

Polinización. La Polinización inicia alrededor de dos o tres días después de la aparición de los primeros estigmas continuando hasta por 14 días. La liberación del polen predomina exclusivamente durante el día, especialmente por la mañana. Este evento está en función del cambio de la temperatura. después de que el rocío que cubre las espigas se ha secado, la antesis inicia en la punta de la panícula y avanza hacia la base de la misma. El polen es ligero y muchas veces el viento lo transporta a través de distancias considerables. Si existe una buena sincronía floral entre la floración femenina y masculina aumenta la probabilidad de fecundación en las espiguillas florales (Garay y Cruz, 2015).

Una vez que el polen cae sobre el estigma este inicia su camino a través del tubo polínico apenas unos minutos después de que se ha depositado el grano. El tubo polínico crece a través del estigma con una longitud igual a esta y luego de entre 24 horas se pone en contacto con el ovulo, fusionándose y vertiendo así la información genética contenida del polen en este dando origen al grano de la mazorca (Endicott et al., 2015).

Fruto. Los granos de maíz son cariósides desnudas, cuyas partes fundamentales son el pericarpio, el endospermo, el germen y el fenículo. El principal parámetro de clasificación es el color externo del grano. La capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endospermo y el embrión, el cual a su vez está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleóptilo y el escutelo o cotiledón (UNAM, 2013).

3.3.4.2. Anatomía

Haces vasculares. El maíz es llamado una planta vascular ya que el xilema y el floema de esta planta se encuentran asociados dentro del tallo formando cordones a los cuales se les llama haces vasculares. Los haces vasculares se encuentran ubicados en el parénquima esponjoso de manera independiente y dispersos. Cada haz vascular está rodeado por fibras de esclerénquima que forman una vaina llamada fascicular. El floema primario está constituido casi enteramente por metafloema, además teniendo en algunos haces vasculares una pocas células aplastadas y pegadas formando el protofloema. También cuenta con tubos cribosos y células acompañantes. El xilema primario sufre modificaciones durante el desarrollo de los haces vasculares. Cuando se completa el crecimiento del haz vascular en el tallo primario, el xilema primario es fundamentalmente metaxilema. En esta especie está formado por dos grandes tráqueas o vasos entre las cuales encontramos fibras de esclerénquima (Megías et al., 2019).

Fijación de Carbono. Al maíz se le denomina como una planta de tipo C4. Recibe ese nombre ya que el primer compuesto formado en el proceso de su ruta metabólica es el ácido oxaloacético (compuesto de 4 carbonos). Esta ruta metabólica forma parte de la evolución de las plantas para evitar la fotorrespiración. En ella las plantas C4 consumen una cantidad razonable de energía (2 ATP) pero es compensado con una mayor eficiencia en el uso del agua, mayor crecimiento y eficiencia en la fotosíntesis a altas temperaturas. Esta adaptación de las plantas C4 permiten que sean eficientes en el uso del agua, pero no

determinan que sean tolerantes al estrés hídrico (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [INTAGRI], 2018).

3.3.4.3. Fenología

La fenología de una planta se describe como los cambios en el patrón de comportamiento fisiológico que presenta una planta con base a los procesos fisiológicos y la interacción entre genotipo y ambiente. En este sentido, por citar algunas etapas de desarrollo se mencionan las siguientes: el ritmo de crecimiento vegetativo, los días a floración, la producción de la semilla y fruto, hasta finalmente la muerte o cosecha de la planta. El cultivo del maíz comprende dos fases de desarrollo generales, la vegetativa y la reproductiva que están relacionados con el tipo de ambiente en donde está establecido el cultivo (Garay y Cruz, 2015).

Fase vegetativa. La fase vegetativa inicia desde la siembra del cultivo, continua cuando sale la plántula, después sigue cuando les sale las hojas verdaderas (por cada hoja con limbo y vaina y lígula presentes, se establece la nomenclatura V1, V2, ..., hasta V15). Esta fase usualmente dura hasta poco antes de que aparezcan las estructuras reproductivas de la planta (Endicott et al., 2015).

Fase reproductiva. Por otro lado, la fase reproductiva Inicia cuando se visualiza las inflorescencias masculinas (espiga de espiga) y femeninas (espiguillas bifloras) del maíz. Comprende la madurez de estas, la polinización y termina hasta que se tiene la madurez fisiológica del cultivo (Ritchie, 2002).

3.3.5. Plagas y enfermedades

El maíz presenta sus propios enemigos naturales, cuando se inicia la siembra, se pueden presentar plagas como las hormigas o incluso aves que son capaces de sacar el grano sembrado evitando así su germinación. Posteriormente cuando salen las primeras plántulas y aun después de ya tener un tamaño considerable se pueden presentar plagas como el trips (*Frankiniella williamsi*), larvas de diabroticas (*Diabrotica virgifera zea*), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*), gusano trozador

(*Agrotis* sp.), gusano de alambre (*Agriotes* sp.), gallina ciega (*Phyllophaga* sp., *Cyclocephala* sp., *Diplotaxis* sp., *Anomala* sp. y *Macrodactylus* sp.), picudo (*Geraeus senilis*), chapulín (*Sphenarium purpurascens*) y araña roja (*Oligonychus mexicanus* y *Tetranychus* sp.) que afectan el crecimiento y buen desarrollo de las plantas. En dado caso de que estas plagas llegaran a afectar mucho al cultivo, el daño se vería reflejado al final, en la producción del grano, llegando a causar grandes pérdidas en el potencial de rendimiento (INTAGRI, 2016).

Posteriormente durante la etapa reproductiva también se pueden presentar otras plagas como son el picudo (*Geraeus senilis* y *Nicentrites testaceipes*), chapulín (*Melanoplus* spp., *Sphenarium* spp. y *Brachystola* spp.), araña roja (*Tetranychus* spp., *Paratetranychus* spp., *Oligonychus* spp.) y gusano elotero (*Helicoverpa zea*). Este último puede afectar gravemente a las mazorcas de maíz pudiendo ocasionar incluso una infección por el hongo *Aspergillus flavus*, el cual es responsable de la producción de aflatoxinas, sustancias altamente cancerígenas para el hombre (INTAGRI, 2016).

3.4. El Maíz híbrido y su importancia en México y en Morelos

3.4.1. Concepto de maíz híbrido

El maíz híbrido es el resultado de la fusión de dos o más líneas con un elevado nivel de endogamia. Una línea endogámica se obtiene a través de procesos sucesivos de autofecundación; el objetivo es fijar los caracteres deseables que el fitomejorador determine. Para que exista la posibilidad de heterosis derivado del cruzamiento de las líneas endogámicas, se requiere que éstas no estén emparentadas o que la distancia genética sea mayor. Por decirlo de otro modo se cruzarán dos plantas con características distintas, en una se recolectará el polen por medio de las panículas y en otro se ocuparán los jilotes para colocar el polen de la anterior y hacer la fecundación y de esta manera producir una semilla híbrida (Universidad Nacional Agraria La Molina [UNALM] y AGROBANCO, 2014).

La planta que producirá el grano se le denomina progenitora hembra o de semilla, en cuanto y la planta que proporciona el polen para la fecundación se denomina progenitor macho o de polen. El objetivo de esto es generar progenitores hembra y macho de cada híbrido con el fin de crear progenies con ciertas características específicas que ayudarán a la mejora del cultivo, tales como una madurez específica, resistencia a enfermedades, plantas precoces, cierto color de grano, calidad de grano, rendimiento etc. (MacRobert et al., 2015).

Existen varios tipos de híbridos en el maíz estos pueden ser de cruce simple (o híbrido simple, intervienen dos progenitores altamente endogámicos), cruce doble (o híbrido doble, resultado del cruzamiento de dos cruces simples, por lo tanto, participan cuatro líneas endogámicas) y cruce triple (o híbrido triple, resultado de cruzar un híbrido simple por una línea endogámica, participan tres líneas endogámicas) o incluso el llamado híbrido mestizo. La semilla híbrida que se vende a los agricultores es una cruce entre dos progenitores: una hembra y un macho (MacRobert et al., 2015).

3.4.2. Perspectiva de la producción de grano con maíces híbridos en México

Los híbridos de maíz requieren de factores ambientales específicos para que se pueda manifestar su máximo potencial genético (suelos uniformes y extensos, pendiente mínima, disponibilidad de humedad, etc.). Bajo esta perspectiva, existen en el país zonas geográficas como el bajío, Sinaloa y Jalisco así como los Valles Altos de la Mesa Central de México, donde se localizan los estados de: Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Michoacán, Morelos, Estado de México y el Distrito Federal que tienen una altitud superior a 2 200 msnm, en estos últimos estados se cultivan cerca de 1.5 millones de hectáreas de maíz, que representa cerca del 20 % de la superficie nacional establecida con esta especie (Espinoza et al., 2010).

El Estado de México sobresale con una producción de dos millones de toneladas de esta gramínea, aproximadamente; y se establecen 600 000 ha con maíz anualmente con rendimiento medio estatal de 3.7 t ha⁻¹ (Ávila et al., 2009). A pesar de que en México se cuenta con grandes extensiones para cultivar el maíz todos los años se importan millones

de toneladas, tan solo en el periodo de enero a mayo del 2016 el volumen de compras de maíz (blanco y amarillo) ascendió a 6.465 millones de toneladas, lo que represento un crecimiento del 29.9 % en comparación con el año 2015 (IICA, 2016). Consciente de esto los agricultores de diversas regiones del país se vieron en la necesidad de adoptar maíces híbridos que aporten una mayor cantidad de grano y que puedan producirse con menos ingresos (Ávila et al., 2009).

Actualmente, se tiene el reporte de que en México en el año 2020 alcanzó una cifra récord de 17.7 millones de toneladas de grano de maíz que importó para abastecer una demanda en cuanto a producción de alimentos balanceados y uso industrial. Esto ocasionado por el impacto del estrés hídrico en los sistemas de producción de este cereal (Grupo Consultor de Mercados Agrícolas [GCMA], 2020).

Por lo anterior se puede decir que las variedades mejoradas y/o híbridos que se encuentran disponibles en la actualidad pueden tener el potencial para lograr el incremento en la producción de maíz que se necesita para abastecer la demanda en nuestro país. Para ello el INIFAP realiza desde hace un tiempo “el mejoramiento genético a partir de diez de las más de 50 razas nativas de maíz”. Gracias a esto se puede abarcar las distintas provincias agronómicas con “semillas mejoradas para los 15 grandes macro-ambientes” que se consideran como las “grandes regiones agroclimáticas del país (Trópico, Bajío, Altiplano, Transición, Meseta semiárida del norte y Subtrópico semiárido, así como el uso de riego, humedad residual o precipitación pluvial) y las cuatro provincias agronómicas de la tierra de labor (riego, muy buena, buena y mediana productividad)” [Espinosa et al., 2009]. Sin embargo, para la creación de materiales que ayuden a una mayor producción en las condiciones agroclimáticas del país se requiere de varias generaciones de materiales genéticos cada vez más adaptados a sus condiciones agroclimáticas, que tengan caracteres de tolerancia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento de grano y plantas uniformes (Castañeda et al., 2014).

La selección y la producción de semillas mejoradas incrementan los rendimientos en los sistemas de producción de maíz; bajo esta perspectiva, varias instituciones realizaron

mejoramiento genético y llegaron a obtener mejores materiales para la siembra. El INIFAP desde el año de 1942 hasta el año 2003 ha desarrollado 1097 variedades e híbridos de maíz, de los cuales hasta el año 2003 liberó 168 variedades mejoradas de este cultivo. (Espinosa et al., 2009).

Recientemente el INIFAP junto con la UNAM liberaron nuevos híbridos de maíz para los valles altos de Morelos. Y en un trabajo realizado para evaluar la densidad de población en estos nuevos híbridos, bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano 2015, se observaron unos rendimientos mayores a las 5.5 t ha⁻¹. Esto hace ver que las investigaciones para mejorar el cultivo de maíz no se han detenido y son muy importantes puesto que la alimentación mexicana depende principalmente de este cultivo, además cada vez la superficie de siembra es menor y la demanda de este cultivo aumenta (Tadeo et al., 2020; Virgen et al., 2016).

3.4.3. Importancia de maíces híbridos en la zona oriente del estado de Morelos

Un antecedente en este aspecto es que en el año 2012 los agricultores de la región oriente del estado de Morelos obtuvieron una buena cosecha de grano gracias a la compra de semillas certificadas, al mejoramiento de grano y a las investigaciones de diversos departamentos. Así mismo gracias al uso de estos materiales el productor tiene una mejor calidad de grano la cual es más fácil de comercializar y obtener un mejor precio. Esto también benefició directamente a otros productores quienes se evitan de comprar cualquier semilla que muchas veces están a precios inaccesibles. Sin embargo, el factor más importante aquí es que cuando hay una buena producción de grano el recurso adquirido por parte de los productores es mayor por lo cual pueden adquirir mejores servicios y más productos básicos para la vida diaria (La Unión, 2012).

El estado de Morelos cuenta con un área de 135 mil hectáreas para cultivo, de las cuales en el año 2017 se sembraron cerca de 132 mil y se logró una producción de 10 696 millones de toneladas de los diferentes productos del campo. De estos, el maíz fue el quinto cultivo

más importante de esta región después de la caña de azúcar, el jitomate, sorgo, y el nopal, generando un valor de 7.96 % del valor total de producción agrícola y pecuaria del estado (Organización Editorial Mexicana [OEM], 2018). Se tiene el reporte de que en el año 2020 en este estado se sembró una superficie de 38,124 ha sembradas, con una producción de 149,243 toneladas de manera general y se llegó a un rendimiento promedio de 3.91 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2020). Predominó principalmente el uso de variedades mejoradas en los dos sistemas de cultivo, pero aun así hubo zonas con las que dichas variedades no tuvieron buenos resultados, además algunos productores optaron por la siembra de maíz criollo para conservar y preservar las 14 variedades de maíz criollo morelense. Lo anterior hace que baje el nivel de producción de maíz a nivel estatal y aunado a esto la producción de grano en este estado no satisface la demanda alimenticia del mercado interno, por lo que se necesita el sembrar a altas densidades las variedades híbridas y aumentar así el rendimiento (OEM, 2018).

Aunado a lo anterior se han realizado varias investigaciones para incrementar la productividad del sistema de producción del maíz en el estado de Morelos, principalmente en la zona oriente del estado; Al respecto, Bahena et al., (2017), evaluaron el comportamiento agronómico de seis híbridos recomendados para la región oriente de Morelos, implementando un sistema de riego por goteo y la técnica de fertirrigación. Esta estrategia tuvo como objetivo apoyar a pequeños productores de maíz en la transferencia de tecnología para sus sistemas de producción.

3.5. Componentes de Rendimiento en Maíz

3.5.1. Importancia

Cada etapa de crecimiento de una planta es afectada por la genética, el clima, el agua, el número de plantas por ha⁻¹, las condiciones del suelo, los nutrientes y más. Es por ello por lo que al evaluar el rendimiento de una planta o del cultivo es importante conocer los componentes del rendimiento ya que actúan de manera sincronizada y sucesiva para dar a saber el rendimiento final de este (Reyes, 2019).

3.5.2. Tipos de componentes de rendimiento en maíz

Con base al descriptor para maíz del CIMMYT los datos para coleccionar las variables para la evaluación del rendimiento de los maíces híbridos recomendados para la zona oriente del estado de Morelos son las siguientes: la longitud de mazorca (LM), consiste en determinar la longitud desde la base hasta la punta de la mazorca de manera vertical; el diámetro de mazorca (DM) se mide con un vernier digital en la parte media de cada mazorca; el número de hileras (NHM) y número de granos por hilera mazorca (NGH), se determina contando el número de hileras en número par y el número de granos en cuatro hileras de cada mazorca; el peso de granos por mazorca (PM), se desgrana por separado cada una de las cinco mazorcas y se registra el peso utilizando una balanza digital; el peso de 1000 granos (P1000G), para esta variable se integra el grano de cinco mazorcas y se escoge al azar mil granos, los cuales se pesan con ayuda de una balanza digital; rendimiento con ajuste de humedad del grano, se utiliza un determinador de humedad digital y la muestra de cinco mazorcas desgranadas en cada unidad experimental para reportar el rendimiento de grano, junto con una fórmula de ajuste (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo [CIMMYT]/ Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos [IBPGR], 1991).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Material Genético

El material genético lo constituyeron 25 híbridos de maíz recomendados para la producción de grano en el Estado de Morelos, México; cuya genealogía se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Híbridos de maíz comerciales y experimentales recomendados para la producción de grano en el Estado de Morelos.

Denominación	Tipo de Cruza	Empresa	Color de grano
COMERCIAL 1	TRIPLE	ASGROW	BLANCO
COMERCIAL 2	TRIPLE	ASGROW	BLANCO
COMERCIAL 3	TRIPLE	ASGROW	BLANCO
COMERCIAL 4	TRIPLE	ASGROW	BLANCO
DK-2042	TRIPLE	DEKALB	BLANCO
SORENTO	TRIPLE	SYNGENTA	BLANCO
CANGURO	TRIPLE	ASGROW	AMARILLO
H-516	TRIPLE	PROSASOL	BLANCO
H-515	TRIPLE	PROSASOL	BLANCO
ZR-76	ND	EI ZARCO	BLANCO
P 4082 W	TRIPLE	PIONEER	BLANCO
ZAPATA 8	TRIPLE	SPR CAUDILLO	BLANCO
9209W	TRIPLE	CROPLAN	BLANCO
ZAPATA 7	TRIPLE	SPR CUADILLO	BLANCO
ZAPATA 4	TRIPLE	SPR CUADILLO	BLANCO
ZR-24 F	ND	EL ZARCO	AMARILLO

ND = Dato no disponible. Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 1. Continuación...

Denominación	Tipo de Cruza	Empresa	Color de grano
ZR-25 A	ND	EL ZARCO	AMARILLO
C/16	ND	EXPERIMENTAL	BLANCO
Z 537	ND	EXPERIMENTAL	BLANCO
P 4063	TRIPLE	PIONEER	BLANCO
H 535	ND	PROSASOL	BLANCO
ELOTERO	ND	EXPERIMENTAL	BLANCO
RÍO BLANCO	ND	EXPERIMENTAL	BLANCO
HUM1	ND	EXPERIMENTAL	BLANCO
HUM2	ND	EXPERIMENTAL	BLANCO

ND = Dato no disponible. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Ubicación de la evaluación agronómica

La evaluación de los 25 híbridos comerciales de maíz se realizó en el campo experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, en el Cuadro 2 se describen las características climáticas del ambiente de evaluación. La siembra se realizó el 23 de junio de 2018 y se estableció dentro del ciclo agrícola primavera-verano 2018. Se depositó una semilla por golpe a una densidad poblacional de 80 000 pha^{-1} y a una distancia entre surcos de 0.8 m.

Cuadro 2. Ubicación y características climáticas de la localidad de evaluación.

Localidad	Lat. N	Long W	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Clima
Campo experimental de la EESuX-UAEM Ayala, Mor.	18° 44'	98° 54'	1285	912	Tropical cálido sub-húmedo (24 °C)

Fuente: (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2018).

4.3. Manejo Agronómico

Para controlar malezas se utilizó el control químico. Al momento de la siembra se aplicó el herbicida de tipo pre-emergente Atrazina (Gesaprim calibre 90) en dosis de 2.5 kg de i.a./ha., posteriormente, se aplicó Paraquat en dosis de 2 litros de i.a./ha. con campana de protección y para el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se aplicó Palgus (100 mLha⁻¹).

La disponibilidad de humedad fue acorde a la precipitación pluvial del ciclo de producción y sólo se dio un riego de auxilio el 1 de julio de 2018 para asegurar la germinación.

4.4. Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completos al azar con veinticinco tratamientos y cinco repeticiones, dando un total de 125 parcelas experimentales. Las dimensiones de la parcela experimental fueron de un surco de 5 metros de largo, la distancia entre surcos y entre plantas fue de 0.80 y 0.17 m, respectivamente. Para comparar las medias de los tratamientos a evaluar se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

4.5. Variables de Respuesta

Las variables que se midieron fueron de tipo agronómico y componentes de rendimiento. Dentro de las agronómicas en campo se midieron los días a floración, altura de planta y altura de mazorca (Rebolloza et al., 2016). A continuación, se describen:

Floración masculina (FM). Consistió en la cuantificación del número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el cincuenta por ciento más uno de las plantas en la parcela útil llegaron a la etapa de dehiscencia de polen (antesis).

Floración femenina (FF). Consistió en la cuantificación del número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el cincuenta por ciento más uno de las plantas presentes en la parcela útil mostraron estigmas receptivos.

Altura de Planta (AP) y Mazorca (AM). La altura de planta se determinó desde la base del tallo de la planta al nudo de la hoja bandera. Y desde la base del tallo hasta el nudo dónde se desarrolló la mazorca principal, para la altura de mazorca.

Después de la cosecha y de la evaluación agronómica, se determinaron los componentes de rendimiento por medio de cinco mazorcas tomadas al azar de la parcela útil de cada unidad experimental. A continuación, se describe de manera detallada la medición de dichos componentes:

La longitud de mazorca (LM). Se expresó en centímetros (cm) y consistió en determinar la longitud desde la base hasta la punta de la mazorca de manera vertical.

Diámetro de mazorca (DM). Se midió en milímetros (mm) con vernier digital en la parte media de cada mazorca.

Número de hileras (NHM) y número de granos por hilera mazorca (NGH). Se determinó el número de hileras en número par y el número de granos en cuatro hileras de cada mazorca.

Peso de granos por mazorca (PM). Se midió en gramos (g), se desgranaron por separado cada una de las cinco mazorcas y se registró el peso utilizando una balanza digital marca ADIR con capacidad de 5000 g.

Peso de 1000 granos (P1000G). Para esta variable se integró el grano de las cinco mazorcas y se escogió al azar mil granos, los cuales se pesaron con ayuda de una balanza digital marca ADIR con capacidad de 5000 g.

Humedad del grano. Se utilizó un determinador de humedad digital marca Draminsky GMM mini y la muestra fue de las cinco mazorcas desgranadas en cada unidad experimental para reportar el rendimiento de grano.

Rendimiento de grano, ajustado al 15.5% de humedad (RTO). Se cosechó la totalidad de plantas en la parcela útil y el peso se manejó de acuerdo con los cálculos habituales para esta variable hasta expresar el rendimiento de grano al 15.5% de humedad. Se hizo un ajuste de covarianza para tener un mejor manejo de los datos. El rendimiento de grano se ajustó con base a la fórmula siguiente:

$$PS = [CH - 100/100] \times PC$$

Dónde:

PS= Porcentaje de grano seco por peso de campo

H= porcentaje de humedad del grano

De igual manera se consideró el siguiente factor de correlación:

$$FC = 10,000 / (APU \times 0.845 \times 1000)$$

APU = Área de parcela útil.

4.6. Análisis estadístico de variables cuantitativas

Los análisis de varianza, pruebas de rango múltiple (Tukey, 0.05) fueron de acuerdo al diseño experimental de Bloques Completos al Azar, a continuación, se describe el modelo lineal estadístico que corresponde a un ANOVA individual:

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

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento i

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i, j

Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

La comparación de medias de las entradas se realizó con la prueba de comparación múltiple Tukey (0.05 de probabilidad). A continuación, se describe el modelo estadístico:

Obtención del valor comparador de Tukey

$$Tukey = \left(\sqrt{\frac{CM_{ERROR}}{r}} \right) (T_{tukey}, t \text{ y } gl_{error})$$

T_{tukey} = Tabla de Tukey t = Número de tratamientos

Se determinó la correlación y regresión lineal existente entre las variables cuantitativas.

Para la correlación se utilizó la fórmula: $r = \frac{Cov(X, Y)}{(S_X)(S_Y)}$ y para la regresión

$$Y_i = b_0 + b_1 X_i, b_1 = \frac{Cov(X, Y)}{\sigma_x^2}, b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}, \text{ y para ANVA:}$$

FV	GL	SC	CM	F
REGRESIÓN	1	$\left[\sum_{i=1}^n X_i Y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n} \right]^2$ $\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n X_i)^2}{n}$	$\frac{SC_{\text{Regresión}}}{1}$	$\frac{CM_{\text{Regresión}}}{CM_{\text{Residual}}}$
RESIDUAL	$n - 2$	$SC_{\text{Total}} - SC_{\text{Regresión}}$	$\frac{SC_{\text{Residual}}}{n - 2}$	
TOTAL	$n - 1$	$\sum_{i=1}^n Y_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n Y_i)^2}{n}$		

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) [SAS, 1999].

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variación de caracteres cuantitativos

5.1.1. Cuadrados medios de variables de caracteres agronómicos

A continuación, se presentan los cuadrados medios que resultaron al ejecutar los análisis de varianza de los caracteres cuantitativos agronómicos (Cuadro 3) de 25 materiales híbridos de maíz para grano recomendados para la zona oriente del Estado de Morelos. Los resultados se describirán de manera general para los caracteres agronómicos, en un inicio y posteriormente, se discutirán y analizarán las variables referentes a los componentes de rendimiento de grano.

En la fuente de variación de repeticiones dentro del análisis de varianza (Cuadro 3) sólo se detectó una diferencia estadística al 0.01 de probabilidad en la variable altura de mazorca. En tanto que en la fuente de tratamientos (híbridos) todos los caracteres mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$). Los coeficientes de variación fluctuaron de 1.27 a 22.54 desde la floración masculina hasta el rendimiento de grano, respectivamente.

Cuadro 3. Cuadrados medios de variables de caracteres cualitativos en maíces híbridos evaluados en P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.

FV	FM	FF	AM	AP	LE	RTO
Rep.	1.41 ^{NS}	1.41 ^{NS}	1401.58 ^{**}	71.07 ^{NS}	67.17 ^{NS}	2.51 ^{NS}
Trat.	90.13 ^{**}	88.56 ^{**}	1772.85 ^{**}	2231.44 ^{**}	55.71 [*]	9.84 ^{**}
Error	0.72	0.72	85.79	68.39	27.65	1.75
CV	1.27	1.27	7.68	3.01	11.78	22.54
Media	66.33	66.61	120.64	274.58	44.66	5.88
R²	0.97	0.97	0.85	0.89	0.38	0.59

FV = Fuente de variación, FM= Floración masculina, FF =floración femenina, AM=altura de mazorca, AP= altura de planta, LE= largo de la espiga, RTO= rendimiento de grano, NS= no significativo, *=significativo al 0.05 de probabilidad, **= significativo al 0.01 de probabilidad. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Las diferencias estadísticas observadas en tratamientos (híbridos), es el resultado de la presencia del comportamiento diferencial en la expresión fenotípica de los caracteres entre dicho germoplasma. Existe variabilidad genética entre los híbridos; esto último se determina por la información genética presente en las líneas progenitoras de los materiales híbridos; estos resultados concuerdan con lo que establecieron investigadores al evaluar la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz quienes sugirieron que las diferencias estadísticas entre variables agronómicas entre los híbridos se deben por el potencial de rendimiento genotípico y la adaptabilidad de cada uno de ellos (Gordon et al., 2006).

Además, Obregón y Reyes (2016), establecieron que existen genotipos con mejor adaptación al ambiente de estudio, y esto se debe a que existen híbridos que cuentan con una alta capacidad productiva en las líneas progenitoras que lo integran, teniendo estas mejores características en términos de comportamiento agronómico y adaptación al ambiente.

Los análisis de varianza en la fuente de repeticiones sólo detectaron diferencias estadísticas al 0.01 de probabilidad en la variable de altura de mazorca; estas diferencias se deben a la interacción de los genotipos con algún factor de tensión y al efecto diferencial que los factores impredecibles generan en los genotipos (Fehr, 1993).

5.1.1.1. Floración masculina

La medición de días a floración en el cultivo de maíz es importante ya que con ello se sabrá si el material es precoz o tardío, y de esa manera saber si el material podrá alcanzar una buena producción con las condiciones que presenta el temporal en la zona (Tadeo et al., 2012).

El análisis de varianza de la floración masculina (Figura 1) muestra los grupos formados a través de la comparación de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad. Se observa que los materiales ZR-25A, Elotero y Rio Blanco fueron los más tardíos para floración masculina con 74 días, mientras que el material Canguro fue el más precoz con 59 días. Existió un intervalo total de 15 días entre el híbrido más precoz y el más tardío. Se determinó una diferencia mínima significativa de 2.02 días.

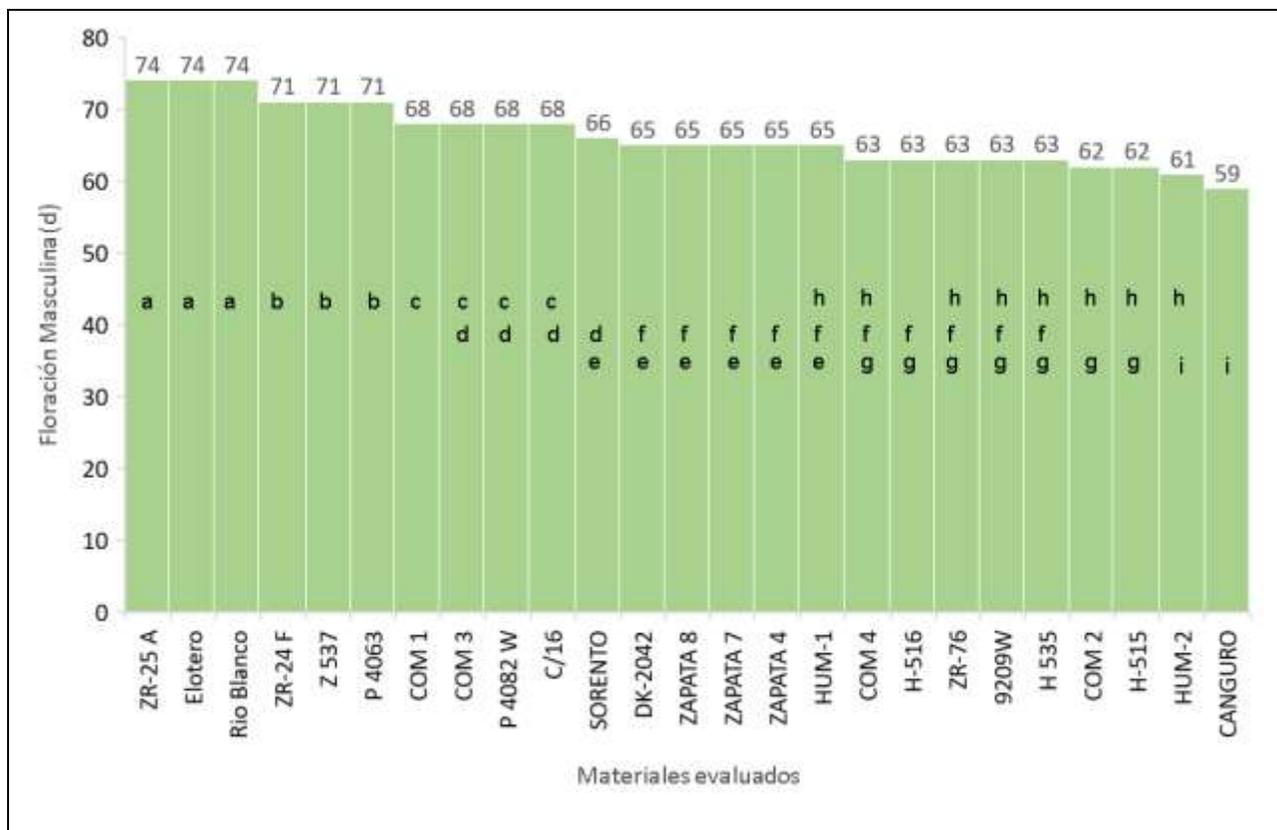


Figura 1. Floración masculina en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

El ASI (Intervalo entre antesis y emergencia de estigmas) se utiliza como criterio de selección cuando se realizan evaluaciones en ambientes contrastantes de humedad. La evaluación se realizó bajo un ambiente no limitantes de humedad y garantizó el éxito del valor reproductivo del germoplasma híbrido, lo anterior derivó en que todos los híbridos mostraron un ASI corto (< 2 d). Lo anterior es resultado del propio mejoramiento genético con el cual se obtuvieron los híbridos y al nulo impacto del estrés hídrico (Rebolloza et al., 2020).

5.1.1.2. Floración femenina

Esta variable está directamente relacionada con la floración masculina. El análisis de varianza para floración femenina mostró que se formaron nueve grupos estadísticamente diferentes (Figura 2). Aquí se puede observar que para los días a floración femenina el material Canguro presentó 59 d; mientras que los más tardíos fueron los materiales ZR-25A, Elotero, Rio Blanco con 74 d. Se observó que hubo 15 días de diferencia entre el híbrido más precoz y el más tardío para floración femenina. La diferencia mínima significativa para FF fue, al igual que la floración masculina, de 2.02 d.

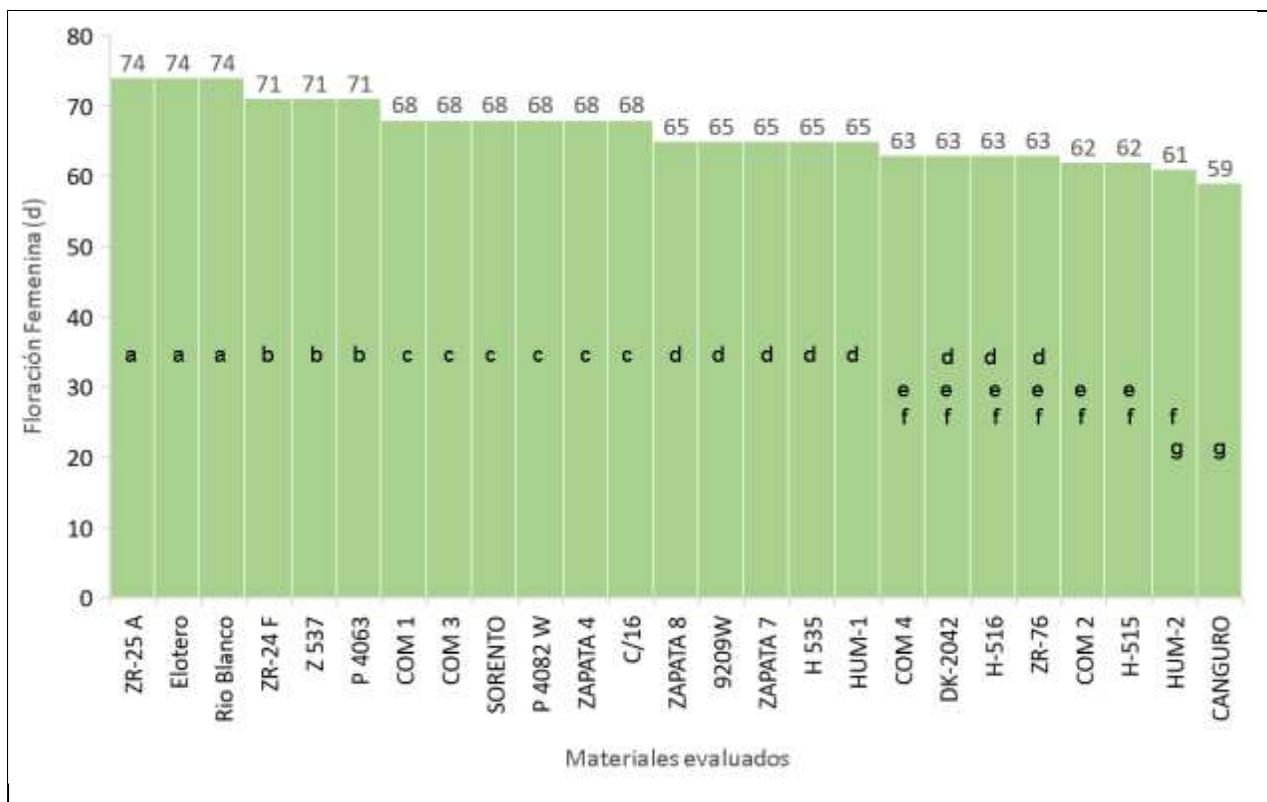


Figura 2. Floración femenina en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

En un estudio realizado en Jaumave, Tamaulipas donde se evaluaron la floración de maíces nativos se observó que las variedades tuvieron un rango de 71.5 a 91.5 días a floración, todo lo contrario, a este estudio donde los materiales resultaron ser más precoces en comparación con el estudio anterior teniendo un rango de 59 a 74 días a floración (Godina et al., 2020).

5.1.1.3. Altura de planta

El carácter altura de planta es de herencia cuantitativa (regulada por loci que controlan caracteres cuantitativos). Los programas de mejoramiento genético en maíz buscan mejorar el arquetipo de la planta buscando la eficiencia fisiológica de los materiales híbridos, es decir; se persigue obtener plantas con alturas intermedias, con menor número de hojas y que guarden una proporción relativa con la altura de mazorca para evitar problemas de acame de raíz y tallo (Ramírez et al., 2018).

La Figura 3 muestra los grupos formados por la comparación de medias y se detectó variación entre los materiales híbridos. Se nota que el híbrido Elotero tuvo la mayor altura de planta con 339.9 cm y la altura más pequeña la tuvo el H-515 con 241.28 cm (existió una diferencia de 98.62 cm entre el híbrido de porte alto y el híbrido de porte bajo). La diferencia mínima significativa para AP fue de 22.07 cm.

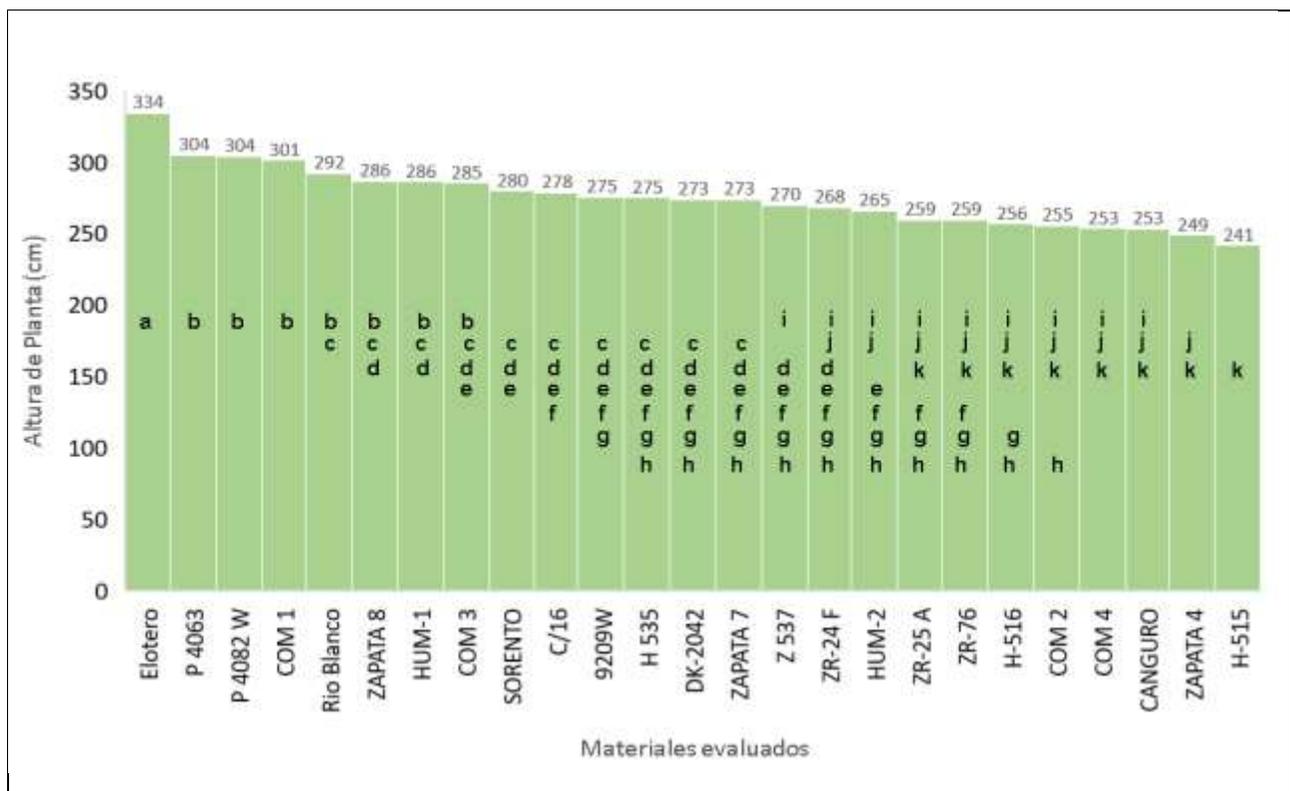


Figura 3. Altura de planta en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos.

Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Estos resultados son contrastantes a los realizados en el campo experimental del Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato. Donde al evaluarse materiales genéticos procedentes del CIMMYT en el 2016 se obtuvo que la media de la altura de planta fue de 1.57 m. La planta más alta fue de 2.16 y la menor fue de 1.45 en condiciones de temporal. Esto implica que, en contraste, los materiales evaluados en este trabajo pueden llegar a ser más susceptibles al acame (García et al., 2019).

5.1.1.4. Altura de mazorca

Este dato es de importancia para conocer la posición de la mazorca. Lo cual ayuda a saber si se encuentra arriba de la mitad de la planta o por debajo. Si se llega a estar muy arriba puede ser susceptible a acame en las plantas, debido a factores meteorológicos como los vientos. La posición relativa de mazorca se obtiene dividiendo la altura de mazorca entre la altura de planta. Es conveniente obtener valores menores o igual 0.5 (Fuentes, 2008).

La altura de mazorca tuvo una variación significativa (Figura 4). La diferencia mínima significativa para este carácter fue de 19.71 cm. En este sentido se establece que los materiales variaron de 88.22 cm (Canguro) hasta 176.24 cm con el material Elotero. En cuanto a los de menor altura de mazorca tenemos además del híbrido Canguro a los híbridos H-516 (95.5 cm), Com 4 (96.16 cm) y H-515 con 96.84 cm.

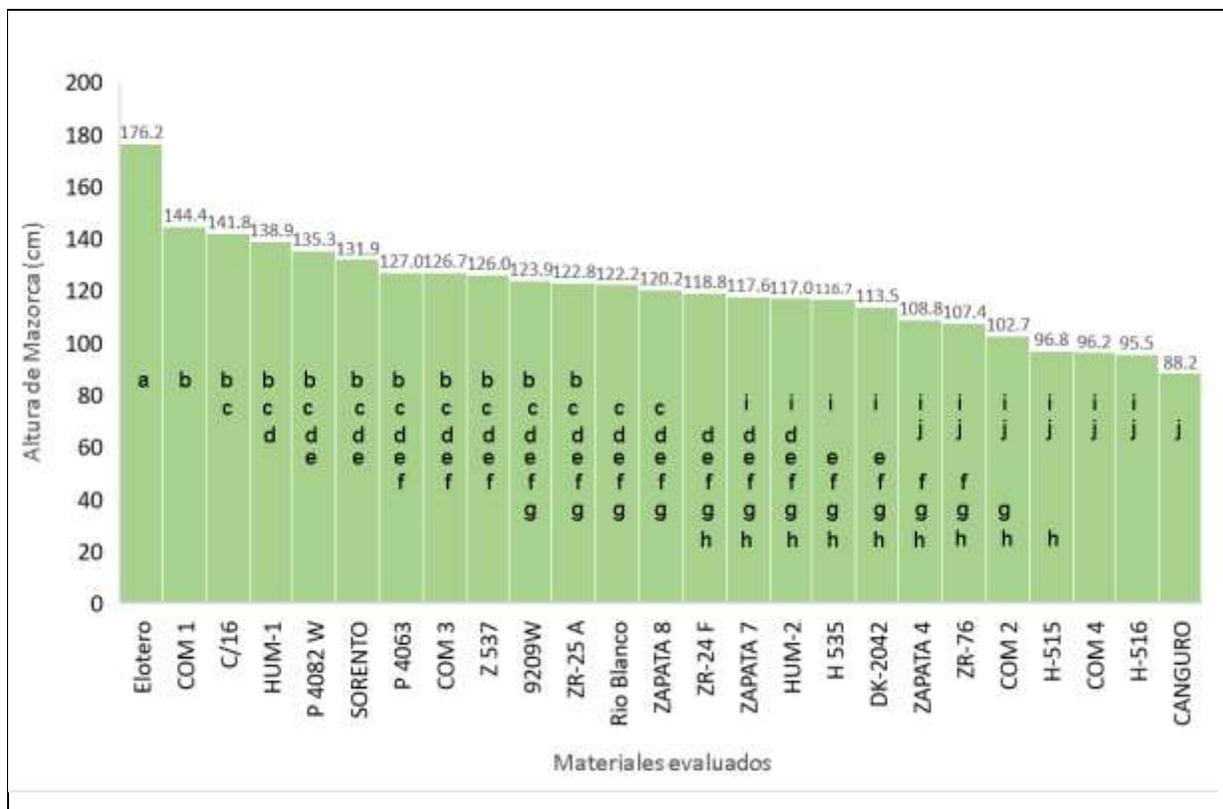


Figura 4. Altura de mazorca en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis

En contraste con esto García y colaboradores, en su trabajo Adaptabilidad de híbridos pre-comerciales tropicales de maíz en el bajío de Guanajuato, plasmaron que la altura de mazorca media general evaluada fue de 0.72 m la altura de mazorca máxima que obtuvieron fue de 1.33 y la mínima de 0.60 m. Esto se refiere así porque los materiales y el ambiente son diferentes. Sin embargo, la posición relativa de la mazorca en esos materiales fue similar a este trabajo, teniendo en general una posición de \leq a 0.5 (García et al., 2019).

5.1.1.5. Longitud de la espiga

El carácter longitud de espiga se obtuvo por diferencia de la altura de planta a la punta de la espiga menos altura de planta a la hoja bandera. En lo general, se pretende que el germoplasma híbrido tenga menor tamaño de la inflorescencia masculina (panoja) debido que es conveniente que el germoplasma sea más eficiente para el valor reproductivo. Sin embargo, no debe ser muy pequeño ya que, a mayor altura y amplitud, puede dispersar el polen a una mayor superficie (Cabrera et al., 2019). Se formaron solo dos grupos estadísticamente diferentes (Figura 5). Se observa que el material con la espiga más larga fue Rio blanco con 51.74 cm. mientras que el híbrido C/16 mostró la espiga más corta con 38.36 cm. La DMS para LE fue de 12.53 cm.

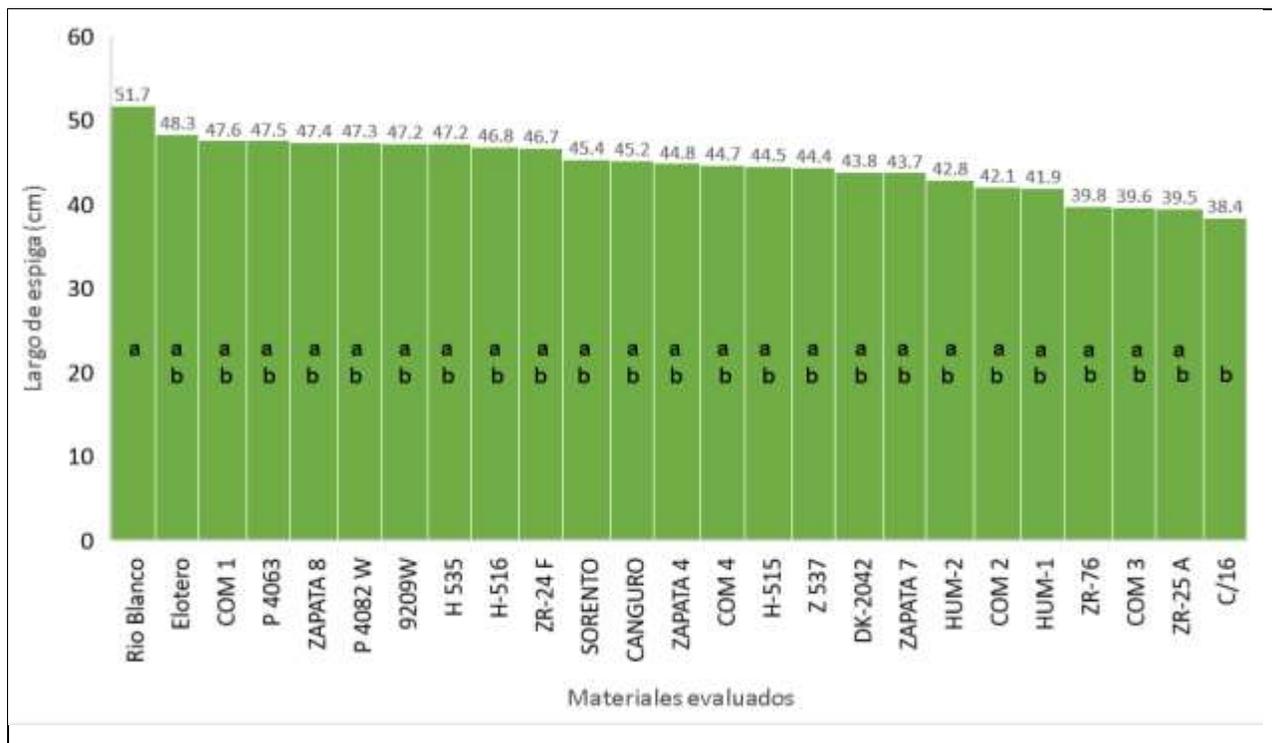


Figura 5. Largo de espiga en maíces híbridos evaluados en PV- 2018 en Xalostoc, Morelos.

Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Los resultados de este trabajo son similares a los reportados en un trabajo donde se evaluó la Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays l.*) en Chiapas, México. En donde la longitud de espiga media fue de 39.9 cm con una variación de 50.2 cm la de mayor longitud y de 29.0 cm la de menor longitud (Martínez et al., 2017).

5.1.2. Grado de asociación entre variables de componentes agronómicos

Las expresiones fenotípicas de los caracteres cuantitativos se regulan por loci que controlan dichos caracteres (QTLs,) y estos a su vez se afectan por el ambiente. En este contexto, el ambiente puede reducir el grado de asociación entre el genotipo y el fenotipo (Falconer y Mackay, 2001). En fitomejoramiento se persigue la selección de caracteres cuantitativos, dichos caracteres pueden estar en grupos de ligamiento o asociados; por lo que estos caracteres se evalúan a través de correlaciones fenotípicas, genotípicas y ambientales. Una correlación fenotípica se estima directamente de los valores promedio que se obtienen en mediciones de los caracteres en campo, y la expresión de los caracteres son resultado de la interacción entre genotipo y ambiente (Lagos et al., 2013).

En este contexto, el fitomejorador es una alternativa clave para identificar a él o los individuos que reúnan simultáneamente las características deseables y que estén correlacionadas. Para lo anterior se utiliza el coeficiente de correlación (r) puesto que permite estimar el grado y naturaleza de las asociaciones que se quieran observar (Duarte et al., 2012). A continuación, se presentan los resultados del análisis de correlación de los caracteres agronómicos (Cuadro 4). En el análisis de correlación se observa asociaciones entre pares de variables significativas y altamente significativas.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación y nivel de significancia para cada par posible de los caracteres agronómicos de los híbridos evaluados durante el ciclo P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.

	FM	AP	AM	LE	AHB	PMP	RTO
FF	0.97**	0.57**	0.66**	0.24 ^{ns}	0.56**	0.62**	-0.22 ^{ns}
FM		0.60**	0.65**	0.20 ^{ns}	0.60**	0.59**	-0.23 ^{ns}
AP			0.87**	0.41*	0.99**	0.60**	0.25 ^{ns}
AM				0.12 ^{ns}	0.90**	0.91**	-0.01 ^{ns}
LE					0.27 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	0.36 ^{ns}
AHB						0.65**	0.21 ^{ns}
PMP							-0.23 ^{ns}

*=significativo al 0.05 de probabilidad; **= significativo al 0.01 de probabilidad; ns= no significativo; FF= floración femenina; FM= floración masculina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; LE= longitud de espiga; AHB = altura de planta a la hoja bandera; PMP=posición de la mazorca con relación a la altura de la planta; RTO= rendimiento de grano. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Se observó una correlación positiva y altamente significativa entre las variables FM, AP, AM con sus respectivos pares de las variables (FF, FM y AP). Con relación a la longitud de la espiga solo tuvo correlación con la altura de planta a nivel de 0.05 de probabilidad; mientras que para AHB tuvo correlación al 0.01 de probabilidad con FF, FM, AP y AM, respectivamente. Finalmente, la PMP se correlacionó (al 0.01 de probabilidad) con FF, FM, AP, AM y AHB, respectivamente.

En un estudio dónde evaluaron líneas S1 de maíz tropical, se encontraron resultados similares a los que se reportan en esta investigación; encontraron correlación entre FM con FF (0.97**, mismo resultado en este estudio), la altura de planta con FF y FM (-0.2** y -0.19**, estos resultados son antagónicos con lo que se reportan en esta evaluación), y la altura de planta con la altura de mazorca (0.81**) [Rebolloza et al., 2016].

De igual manera, en otro estudio se encontró una correlación entre altura de planta (AP) y la altura de mazorca (AM) de 0.76*, que es acorde al que se obtuvo en este estudio para ambos caracteres, así también se determinó la asociación estadística entre rendimiento de grano y la altura de la planta que fue de 0.51* mientras que para este estudio la asociación entre las mismas variables no fue significativo (0.25ns) [Guamán et al., 2020].

5.1.3. Regresiones lineales de los caracteres agronómicos con el rendimiento de grano

Se realizó una gráfica de dispersión para exponer los resultados del grado de dependencia entre la variable rendimiento de grano y la floración femenina (Figura 6); los datos están dispersos y la mayoría alejados de la línea de tendencia de dependencia estadística. Por lo tanto, como el valor resultante de F calculada del análisis de varianza para la regresión es igual a 0.2766; se establece que no existe dependencia estadística entre las dos variables.

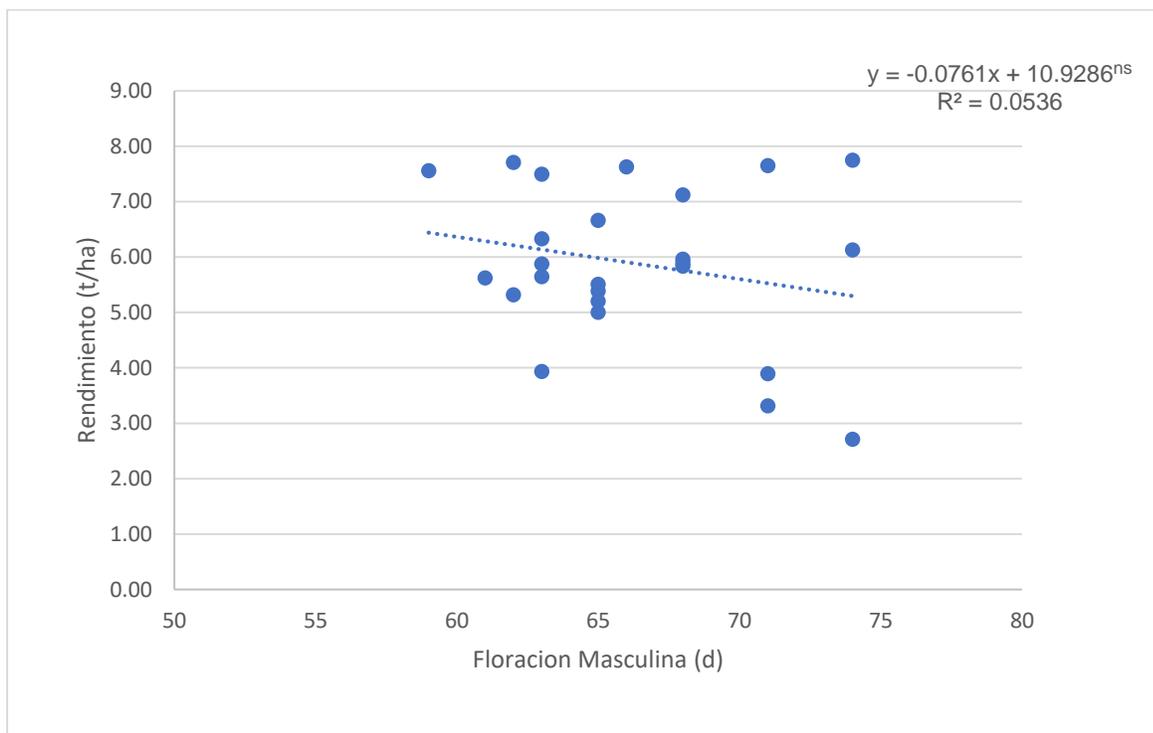


Figura 6. Grado de dependencia entre rendimiento y floración masculina.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

En cuanto al grado de dependencia del rendimiento de grano con la floración femenina, al realizar el análisis de regresión se obtuvieron resultados que mostraron un valor de F calculada igual a 0.2957, este valor es menor o igual a F tabular al 0.05 de probabilidad; por lo que se determina que no existe dependencia estadística entre las variables. La Figura 7 muestra la posición de los valores y su dispersión lejos de la línea de regresión.

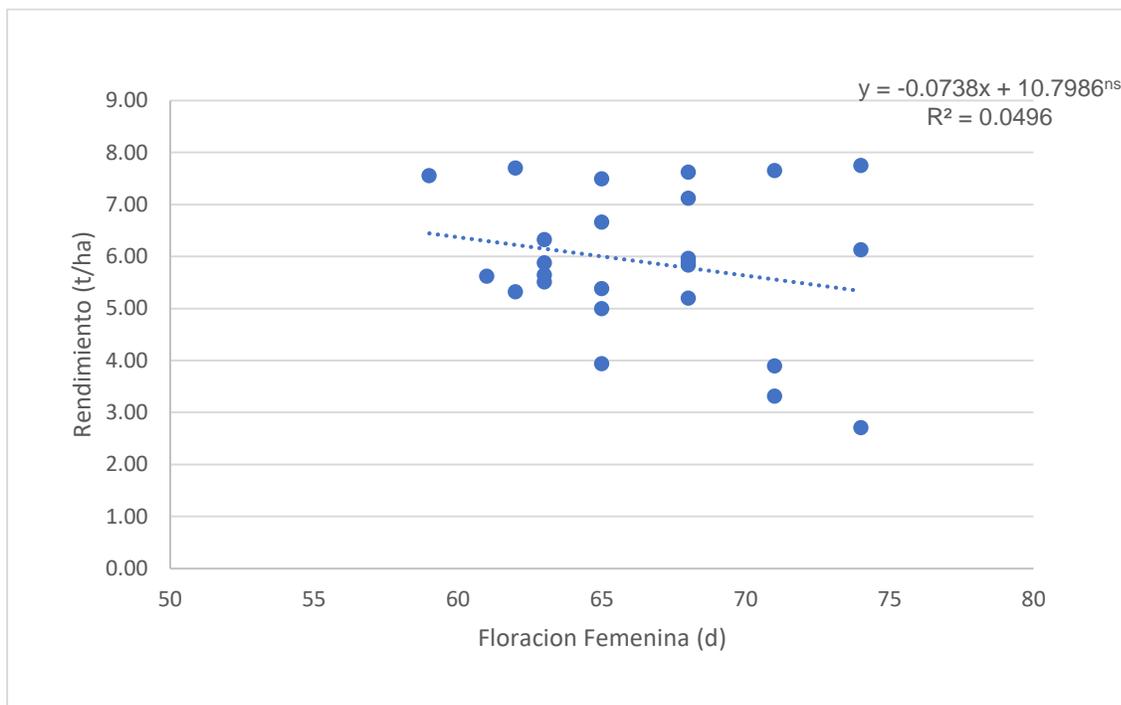


Figura 7. Grado de dependencia entre rendimiento y floración femenina.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Se exploró si el carácter de rendimiento de grano tiene un grado de dependencia estadística con el carácter altura de mazorca; para lo cual se realizó una gráfica de dispersión para exponer la posición de los datos respecto a la línea de dependencia estadística (Figura 8). Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la regresión mostraron un valor para F calculada igual a 0.9663 por lo tanto se establece que no existe dependencia estadística entre las dos variables.

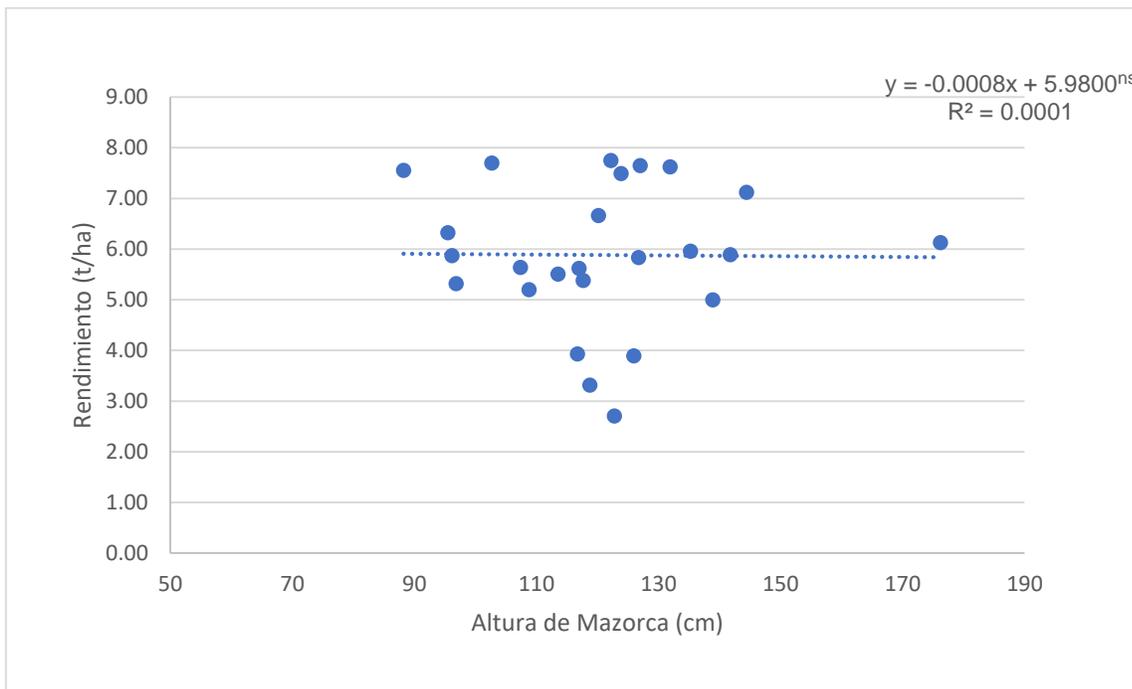


Figura 8. Grado de dependencia entre rendimiento y altura de mazorca.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza para la regresión del rendimiento de grano y altura de planta mostraron un valor de F calculada igual a 0.223 por lo cual no existe dependencia entre estas dos variables (Figura 9).

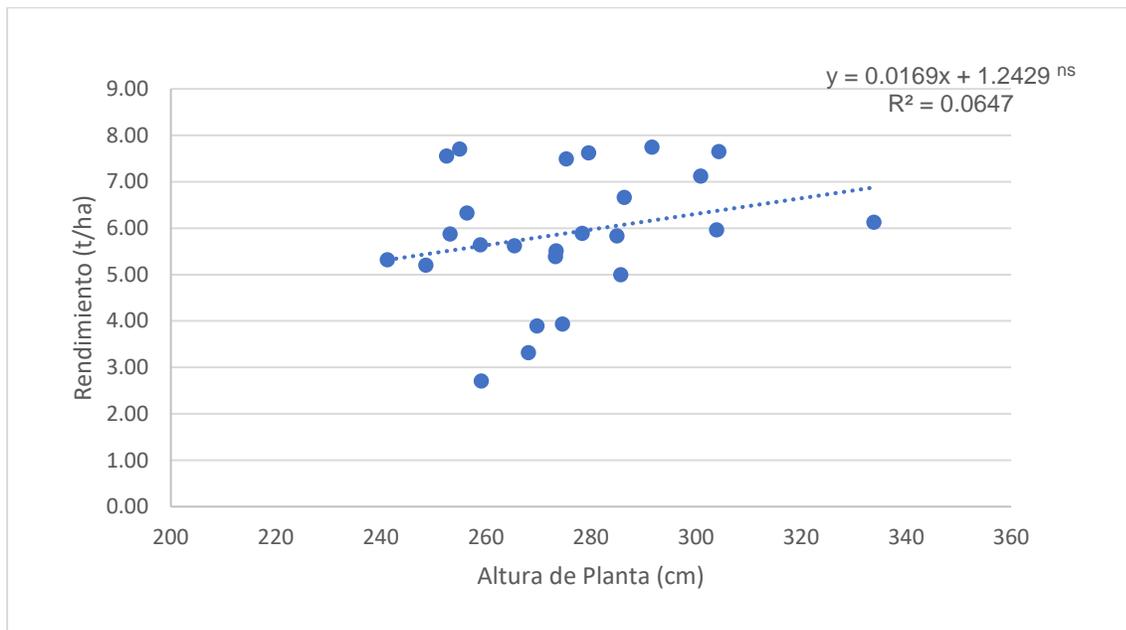


Figura 9. Grado de dependencia entre rendimiento y altura de planta.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

El mismo comportamiento se observó entre las variables rendimiento de grano y longitud de espiga. El valor de F calculada fue igual a 0.7689. Se establece que no existe dependencia estadística entre las dos variables (Figura 10).

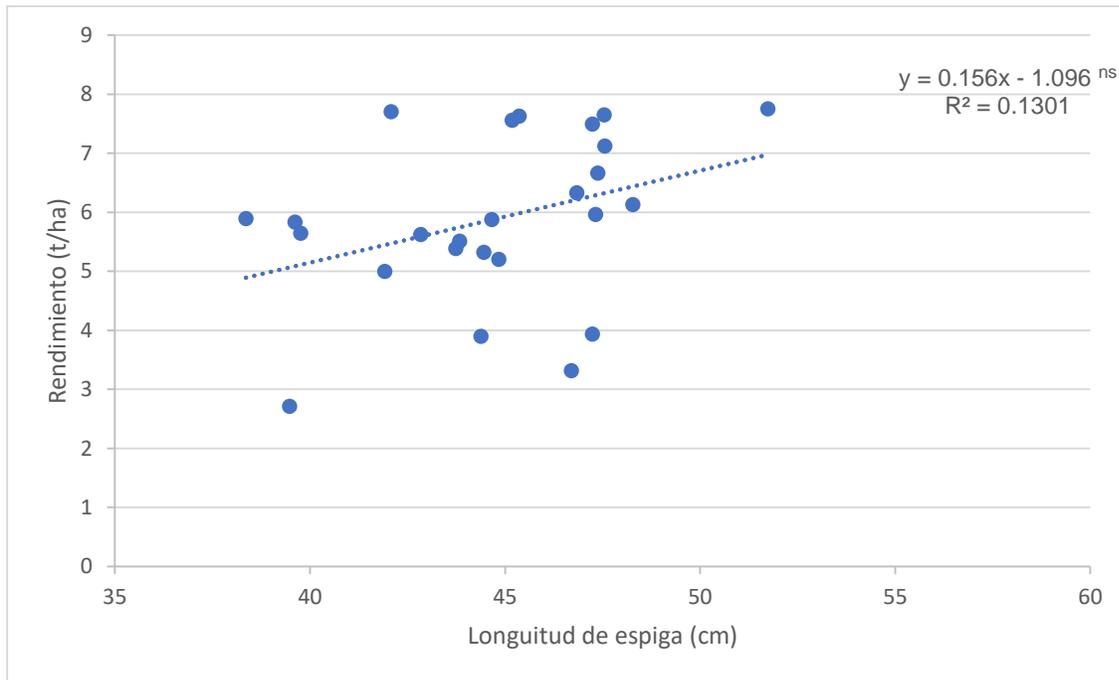


Figura 10. Grado de dependencia entre rendimiento y longitud de espiga.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

5.2. Variación de caracteres cuantitativos secundarios relacionados al Rendimiento de grano (componentes de rendimiento)

5.2.1. Cuadrados medios de variables de componentes de rendimiento

Los cuadrados medios de las variables cuantitativas relacionadas al rendimiento de grano o componentes de rendimiento se muestran en el Cuadro 5. Para la fuente de variación de tratamientos; seis caracteres secundarios mostraron diferencias estadísticas al $P \leq 0.01$, excepto P1000G (peso de mil granos) quien mostró diferencias estadísticas al $P \leq 0.05$. Se observó que el análisis de varianza para la fuente de variación de repeticiones no detectó diferencias estadísticas en la totalidad de los caracteres. Los coeficientes de variación fluctuaron de 5.30 a 19.60, estos valores corresponden a longitud de mazorca y peso de olote, respectivamente.

Cuadro 5. Cuadrados medios de variables de componentes de rendimiento de maíces híbridos evaluados en P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.

FV	GL	LM	DM	NHM	NGH	P1000G	PM	PO
Rep.	4	34.25 ^{NS}	1.94 ^{NS}	1.87 ^{NS}	5.19 ^{NS}	676.02 ^{NS}	262.37 ^{NS}	22.00 ^{NS}
Trat.	24	439.08 ^{**}	33.91 ^{**}	8.21 ^{**}	38.48 ^{**}	2198.84 [*]	2679.04 ^{**}	114.36 ^{**}
Error	96	75.04	9.74	1.14	4.10	852.6	416.53	38.40
CV		5.30	7.13	6.58	5.38	10.02	10.39	19.60
Media		163.34	43.74	16.22	37.65	291.27	196.35	31.62
R²		0.60	0.47	0.65	0.705	0.4	0.62	0.43

FV = Fuente de variación, GL = Grados de libertad, LM =Largo de mazorca, DM=diámetro de mazorca, NHM= número de hileras por mazorca, NGH=números de granos por hilera, P1000G= peso de mil granos, PM=peso de mazorca, PO=peso del olote, NS= no significativo, *=significativo al 0.05 de probabilidad, **= significativo al 0.01 de probabilidad. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Las diferencias significativas y altamente significativas de los componentes de rendimiento en los híbridos (tratamientos) se deben a que dichos materiales tienen una constitución genética diferente debido a sus progenitores; por lo tanto, dichos componentes de

rendimiento se comportaron de manera diferente en el ambiente de evaluación. Estos resultados concuerdan con Chura y Tejada (2014), quienes evaluaron el comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú y detectaron diferencias altamente significativas entre los híbridos en estudio para todas las características evaluadas.

A continuación, se presenta la discusión de los resultados de cada componente evaluado.

5.2.1.1. Longitud de mazorca

La importancia de tomar esta variable se deriva a que está directamente relacionado al rendimiento de grano. Y, en el caso del cultivo maíz para elote, esta característica es importante ya que esta característica de la mazorca influye de forma directa en la admisión del comprador (Ramírez et al., 2018).

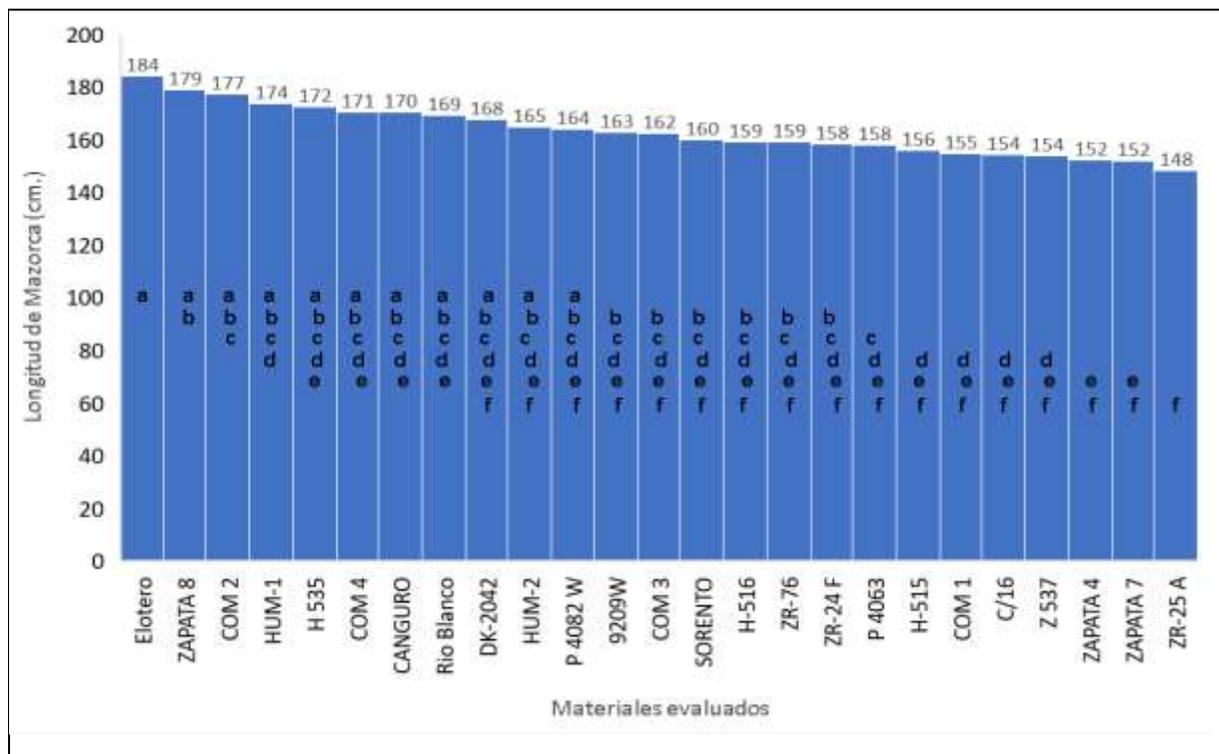


Figura 11. Longitud de mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Los resultados del análisis estadístico mostraron que el carácter largo o longitud de mazorca presentó una variación significativa, la diferencia mínima significativa para LM fue de 20.63 cm (Figura 11). Se formaron varios grupos estadísticos en la comparación de medias, en esta variable se puede observar que hubo una variación de 36.16 cm entre el material Elotero que midió 184.32 cm con relación al material ZR-25 A que midió 148.16 cm; los cuales fueron el más largo y el más corto en cuanto a esta variable.

En un estudio dónde se evaluó el desarrollo y rendimiento de cuatro materiales híbridos se encontraron diferencias altamente significativas en el carácter longitud de mazorca. En esta variable un material de la empresa Pioneer® mostró una longitud de mazorca de 21.5 cm y en este trabajo los materiales P4082W Y P4063 (de la misma marca comercial) mostraron un valor en de 16.4 y 15.8 cm respectivamente, estando muy debajo de los valores comparados (Guamán et al., 2020).

5.2.1.2. Diámetro de mazorca

Esta variable comprende la longitud del grano y el ancho del raquis de la mazorca, la cual tienen una relación directa y proporcional que deriva en el porcentaje de desgrane o rendimiento de grano (Gallardo y Peralta, 1969). Al realizar la comparación de medias del diámetro de mazorca se observó que existió diferencia estadística significativa (Figura 12), se formaron tres grupos estadísticos. El híbrido ZR-25A cuenta con el menor diámetro de mazorca con 36 cm; mientras que el híbrido Zapata 4 fue el de mayor diámetro de mazorca (49.1 cm). La diferencia mínima significativa para la variable DM fue de 7.44 cm.

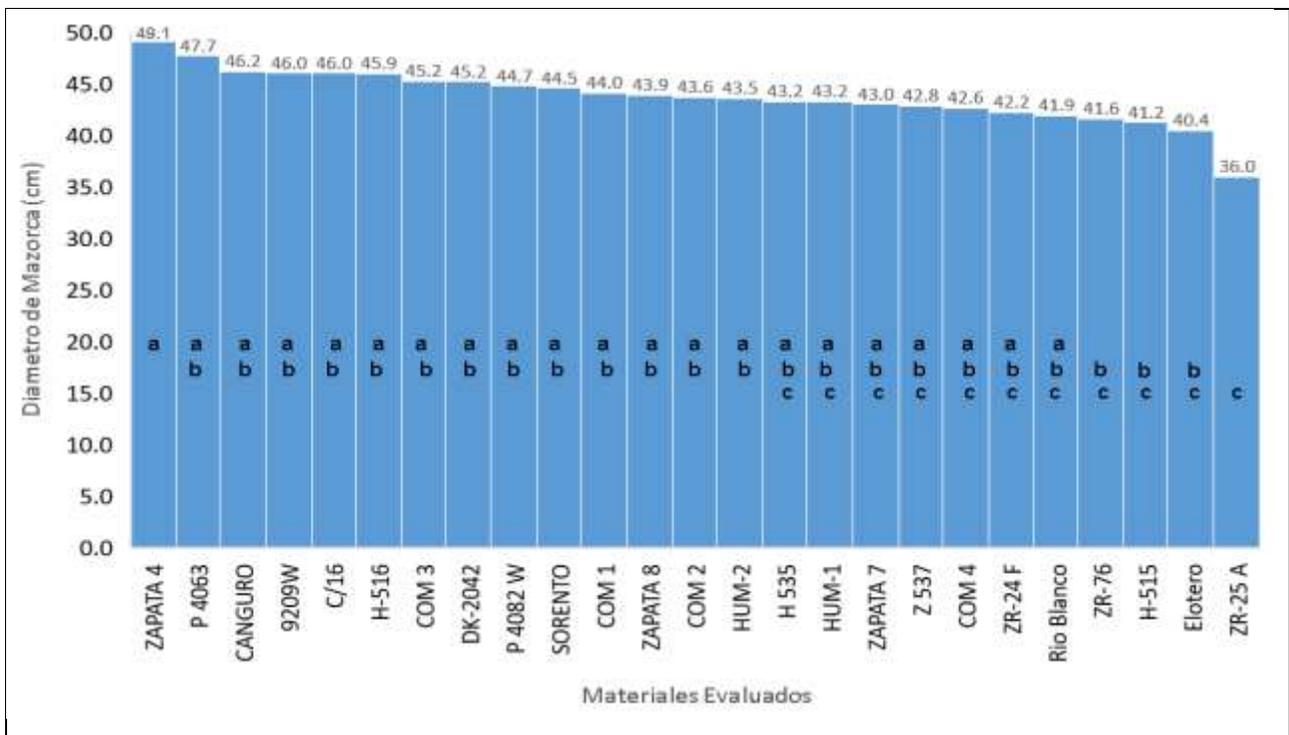


Figura 12. Diámetro de mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

A manera de comparación en un estudio por Guamán et al., 2020, donde determinaron el diámetro de mazorca en híbridos de maíz, se observó que un material de Pioneer® F30K73 tuvo un valor de 4,7 cm de diámetro mientras que, para los materiales de este estudio, de la misma marca comercial, P 4082W y P 4063 se obtuvo un valor de 4,8 y 4,5 cm. Por lo que se muestra que esta variable (DM) respondió de manera favorable a la evaluación en este trabajo donde los genotipos fueron sometidos a una alta densidad poblacional.

5.2.1.3. Número de hileras por mazorca

Esta variable está directamente relacionada con el rendimiento de grano. Además, es una de las características deseables que se espera tener en mayor grado en las mazorcas. Ya que se espera que a mayor cantidad de hileras mayor cantidad de grano y por ende mayor rendimiento (Bahena et al., 2017).

En la gráfica de comparación de medias (Figura 13) se observó que existió diferencia estadística significativa y que los materiales tuvieron un total de hileras promedio que van desde los 13 hasta las 18 hileras. Los híbridos con menor número de hileras fueron ZR-25 A, Elotero y H-515 con 13.2, 14 y 14 hileras respectivamente. Mientras que los de mayor número de hileras fueron los híbridos Com 1, Com 3, Dk- 2042, 9209W (con 17.6 Hileras) y P4063 (18 Hileras). La diferencia mínima significativa del numero de hileras fue de 2.54 hileras.

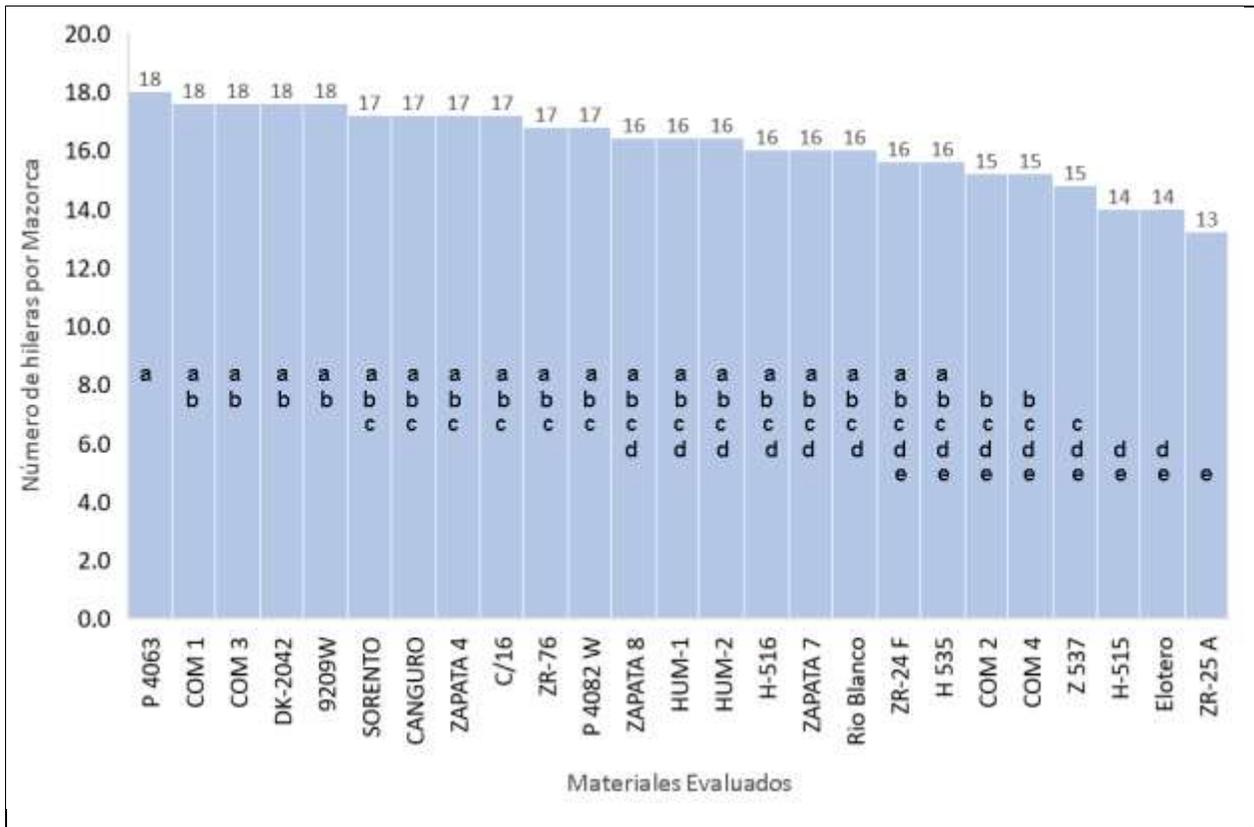


Figura 13. Numero de hileras por mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

En un estudio, donde se evaluó el rendimiento y los componentes de producción de germoplasma de maíz híbrido, encontraron un promedio de 15.24 hileras. Este número de hileras fue similar a los híbridos Z 537, COM 4, COM 2, con un promedio de 15 hileras por mazorca en este trabajo. En este trabajo ciertos materiales híbridos superaron en el número de hileras a los materiales que evaluaron en la comarca lagunera, lo que se debe a la respuesta genética de los híbridos, a excepción del híbrido ZR-25 A, Elotero y H 515 (Con 13, 14, 14 hileras por mazorca respectivamente) que se encuentran por debajo del valor mínimo evaluado en la comarca lagunera con el híbrido RX715 con 14.66 hileras por mazorca (Borroel et al., 2018).

5.2.1.4. Número de granos por hilera

El número de granos por hilera es una de las variables que sirve para realizar una estimación del rendimiento de grano por hectárea. Por lo cual la o las variedades que tenga un valor alto en esta característica tienen la posibilidad de tener un buen rendimiento de grano (Bahena et al., 2017).

Se formaron siete grupos estadísticamente diferentes (Figura 14), la DMS fue de 4.85 granos. Se observó que la variedad híbrida que cuenta con mayor número de granos por hilera es el Elotero con una media de 41.8 granos, seguido por ZR-76 con 41.4. Mientras que el híbrido ZR-25 A es el de menor número de granos con una media de 31.5, seguido por el H-515 (33.3 granos), Zapata 4 (34 granos), Z537 (34.2 granos) y H-535 (34.4 granos). En este trabajo se observó que hubo 10 grupos de diferencia entre el híbrido con mayor número y el de menor número.

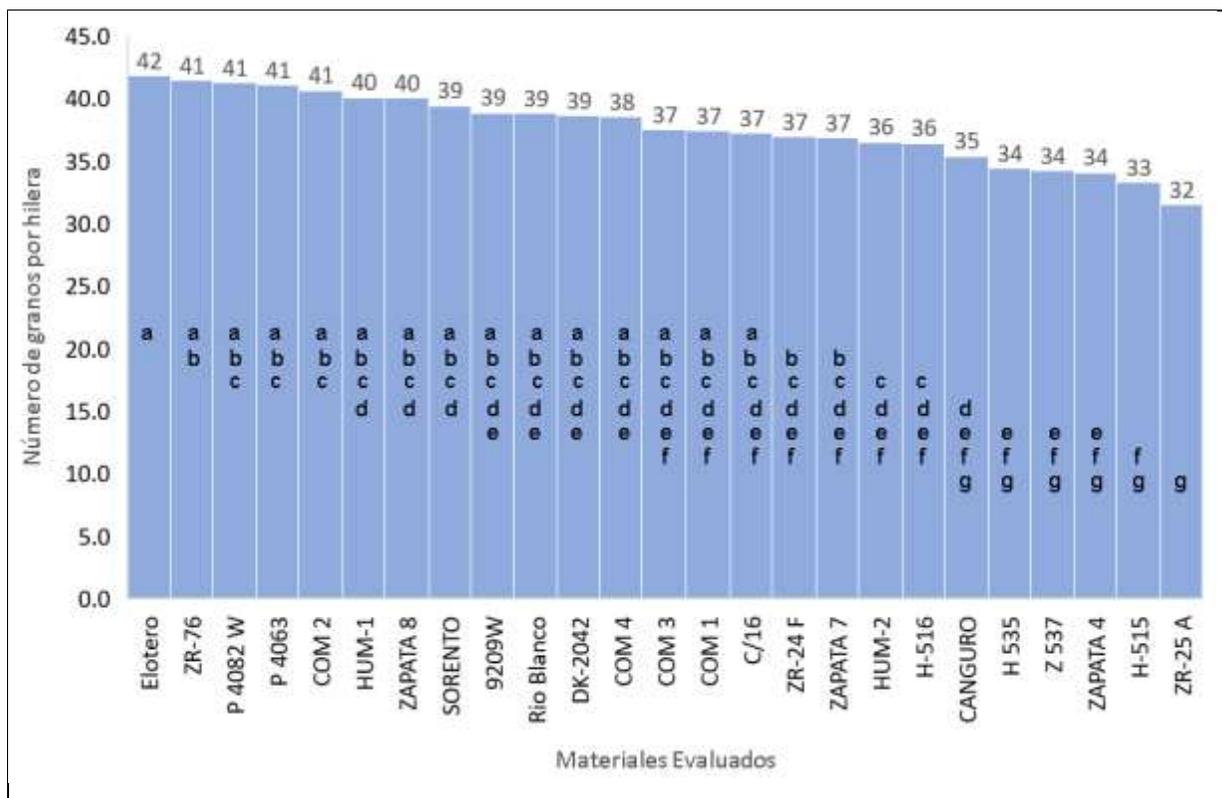


Figura 14. Número de granos por hilera en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

A manera de comparación, en 2015 encontraron que un material, el híbrido Syn-1806 mostró en esta variable un valor de 27.3 granos por hilera, mientras que Sorento (evaluado en este estudio y que es de la misma marca comercial Syngenta®) tuvo 39 granos por hilera. Por otra parte, el material Z-60 (de Asgrow®) mostró 28.6 granos y en este estudio los híbridos Com-1, Com-2, Com-3 y Com-4 (también de Asgrow®) tuvieron 37, 41, 37 y 38 granos por hileras respectivamente. En cuanto a los materiales P1684W y P1832W (de Pioneer®) mostraron 23.5 y 26.6 granos respectivamente, y P4082W y P4063 (de la misma marca comercial) tuvieron 41 granos por hileras cada uno. De manera general los genotipos de este trabajo superaron a los valores del estudio comprado. Esto posiblemente por el factor genotipo ambiente y al manejo agronómico que se le dio a este trabajo (Zamudio et al., 2015).

5.2.1.5. Peso de mil granos

Este valor está directamente relacionado con el rendimiento de grano, por lo que es fundamental cuando se realiza una estimación del rendimiento por hectárea. Así mismo el peso de mil granos es una variable muy importante para considerar en la industria de masa y la tortilla. En donde se considera que el grano entre más denso es mejor (Zamudio et al., 2015). Por lo que en este trabajo se observó lo siguiente.

En la Figura 15 se muestran los grupos formados en la comparación de medias, donde se detectó variación de este componente de rendimiento entre los materiales híbridos. El híbrido más denso o con mayor peso fue el Elotero con 331.4 g, seguido por el Zapata 4 (325g) y H-515 (321g), y el material ZR-76 fue el de menor peso con 249 g. Notando que hay una diferencia de 82.4 g entre la variedad con más peso y la menos pesada. La DMS para este carácter fue de 69.58 g.

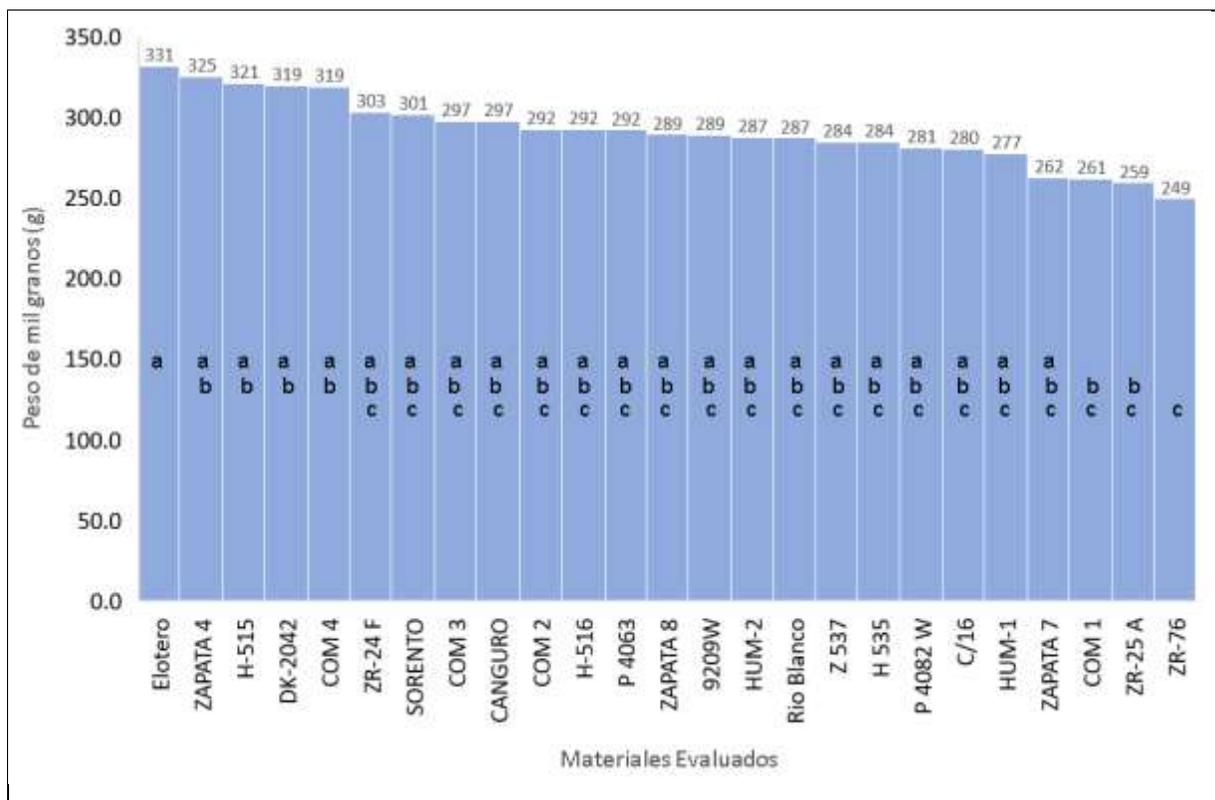


Figura 15. Peso de mil granos de cada material en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

En comparación con este trabajo en un estudio se observó que el material Syn-1806 (de Syngenta®) mostró un peso de mil granos de 311.8 g y en este estudio el híbrido Sorento (también de Syngenta®) tuvo 301 g. El híbrido Z-60 (de Asgrow®) mostró un peso de mil granos de 282.9 g y en este estudio los híbridos Com-1, Com-2, Com-3 y Com-4 (de la misma marca comercial) tuvieron 261 g, 292 g, 297 g y 319 g, respectivamente. Los materiales de Pionner® P1684W y P1832W presentaron un peso de mil granos de 313.9 g y 215.3 g respectivamente, y en este estudio los híbridos P4082W y P4063 de la misma casa comercial registraron 281 g y 292 g respectivamente (Zamudio et al., 2015). En estas comparaciones se observa que se tiene una similitud, por lo que se estima que se obtuvieron buenos resultados de este carácter en este trabajo ya que se evaluaron en densidades y ambientes distintos.

5.2.1.6. Peso de la mazorca

El peso de la mazorca es una de las variables más importante ya que su rendimiento de esta variable está directamente relacionado con el rendimiento del grano por hectárea (Guamán et al., 2020). El peso de mazorca tuvo una variación significativa (Figura 16). Se formaron varios grupos estadísticos en la comparación de medias, cuya variación de los materiales en cuanto a el peso oscila desde los 230.7 g con el material P 4063 hasta los 125.4 g con el material ZR-25A. Existió una diferencia de 105.3 g entre la variedad híbrida más alta y la más baja. La DMS para este carácter fue de 48.63 g.

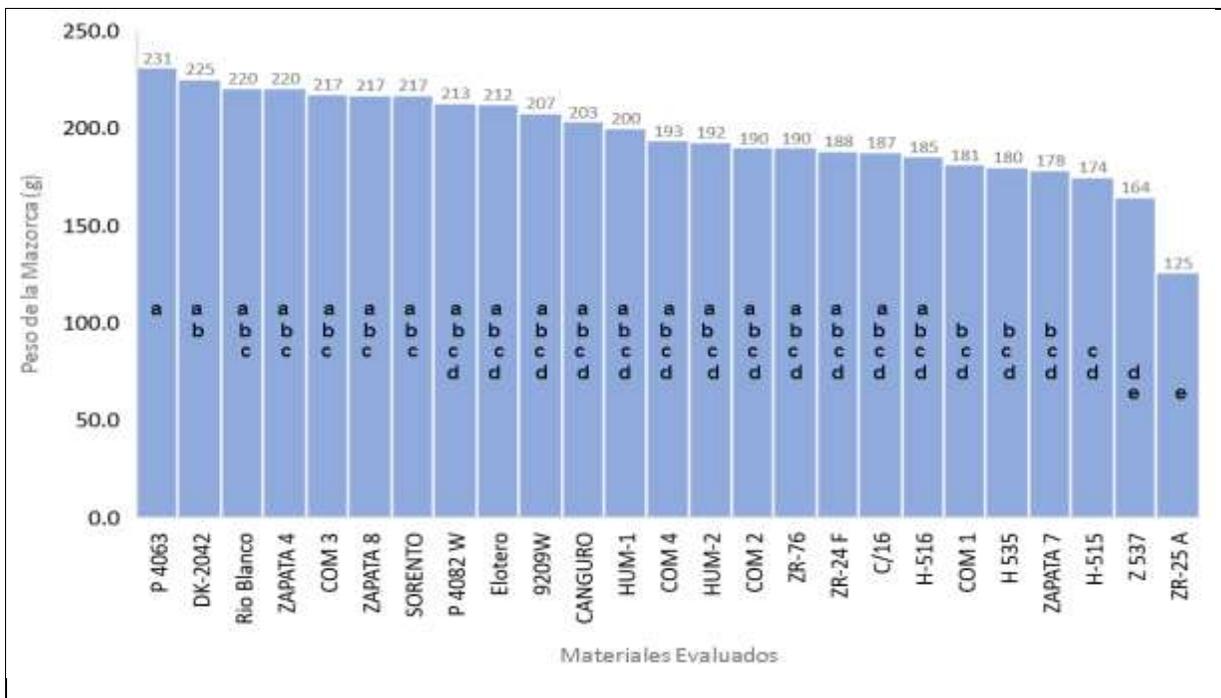


Figura 16. Peso de mazorca en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.

Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

A manera de comparación en un trabajo que se realizó en la misma localidad de estudio, pero en el año 2017, un material, el híbrido H-515 registró un peso de mazorca de 178.66 g, mientras que en este trabajo el mismo material registró un peso de mazorca de 174 g, resultando casi similar. Así mismo el material H-516 del estudio comparado registró un peso de mazorca de 171.28 g, y en este trabajo el mismo material registró un peso de 185 g, presentando un mayor peso que en el año 2017 (Bahena et al., 2017).

5.2.1.7. Peso del olote

El olote es el resultado del desprendimiento del grano de la mazorca. Este carácter es importante ya que. Es un subproducto que se ocupa principalmente en como forraje (Córdoba et al., 2013). El peso del olote presentó diferencias estadísticas significativas (Figura 17). En esta variable se observó que los híbridos DK-2042 y ZR-25A cuentan con el menor peso de olote con 23.9 g, y en cuanto al híbrido Elotero (47 g) fue el de mayor peso del olote. La DMS para este carácter fue de 8.38 g.

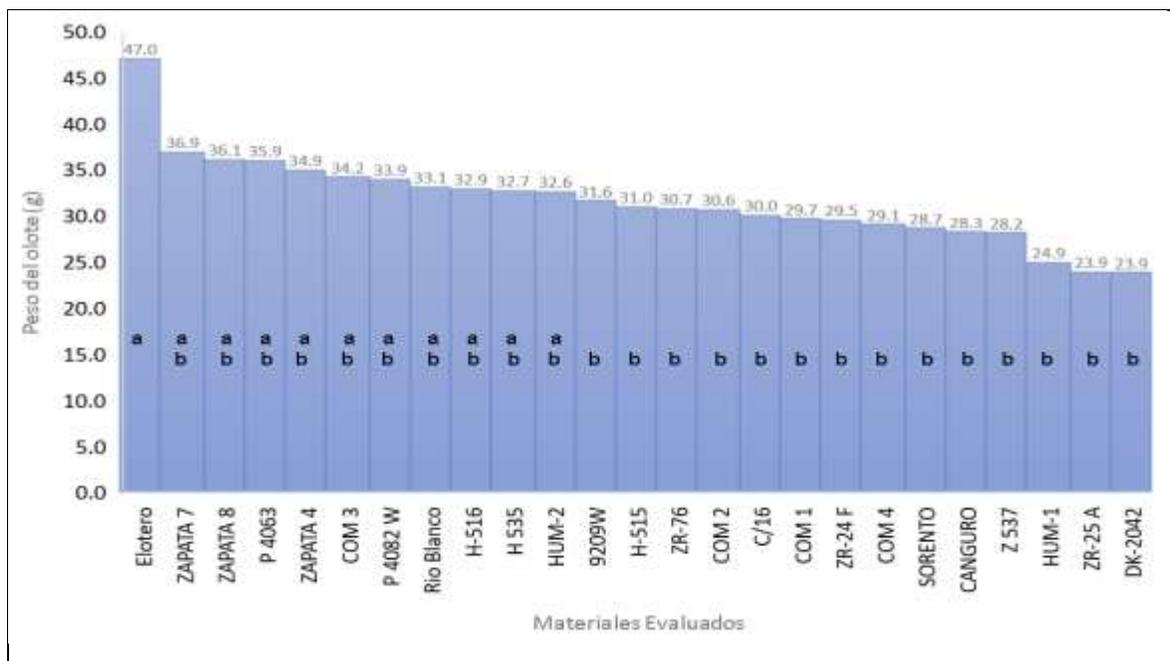


Figura 17. Peso del olote en maíces híbridos evaluados durante P-V 2018 en Xalostoc, Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

A manera de comparación, Sánchez y colaboradores en 2019 encontraron que el híbrido DK-357 en esta variable tuvo un peso de 24.2 g; mientras que en este estudio el híbrido DK-2042 (de la misma casa comercial Dekalb®) tuvo un peso casi similar con 23.9 g. El material VS-536 (del Zarco®) tuvo 24.4 g y en este trabajo los híbridos ZR- 76, ZR-24F (de la misma marca comercial) tuvieron 30.6, 29.5 g respectivamente y un peso casi similar con 23.9 con el material ZR-25 A (también del Zarco®). Los materiales H-520 y H-564 C (del INIFAP) tuvieron 23.9 y 32.4 g respectivamente, mientras que los materiales de este trabajo H-516,

H-515 y H-535 (creados del mismo centro de investigación) tuvieron 32.9, 31.0 y 32.7 g respectivamente (Sánchez et al., 2019).

5.2.1.8. Rendimiento de grano

El carácter rendimiento de grano es, en este estudio, la variable más importante. Esta ayudará a dar una idea de que material o materiales son los que agrónomicamente hablando tienden a ser mejores para la zona oriente del estado de Morelos. Así también se podrán realizar más trabajos de investigación para establecer su comportamiento a través de diferentes siembras de temporal de los años posteriores, tal como lo hace la NCGA (por sus siglas en inglés, Asociación Nacional de Productores de Maíz) de Estados Unidos (INTAGRI, 2020).

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas (Figura 18). se puede observar que los materiales mostraron cuatro agrupamientos. El material con mayor rendimiento de grano fue el híbrido Rio blanco con 7.75 t ha^{-1} y el de menor rendimiento fue ZR-25A con una producción de 2.71 t ha^{-1} . La diferencia entre los híbridos, de mayor y menor rendimiento de grano fue de 5.04 t ha^{-1} .

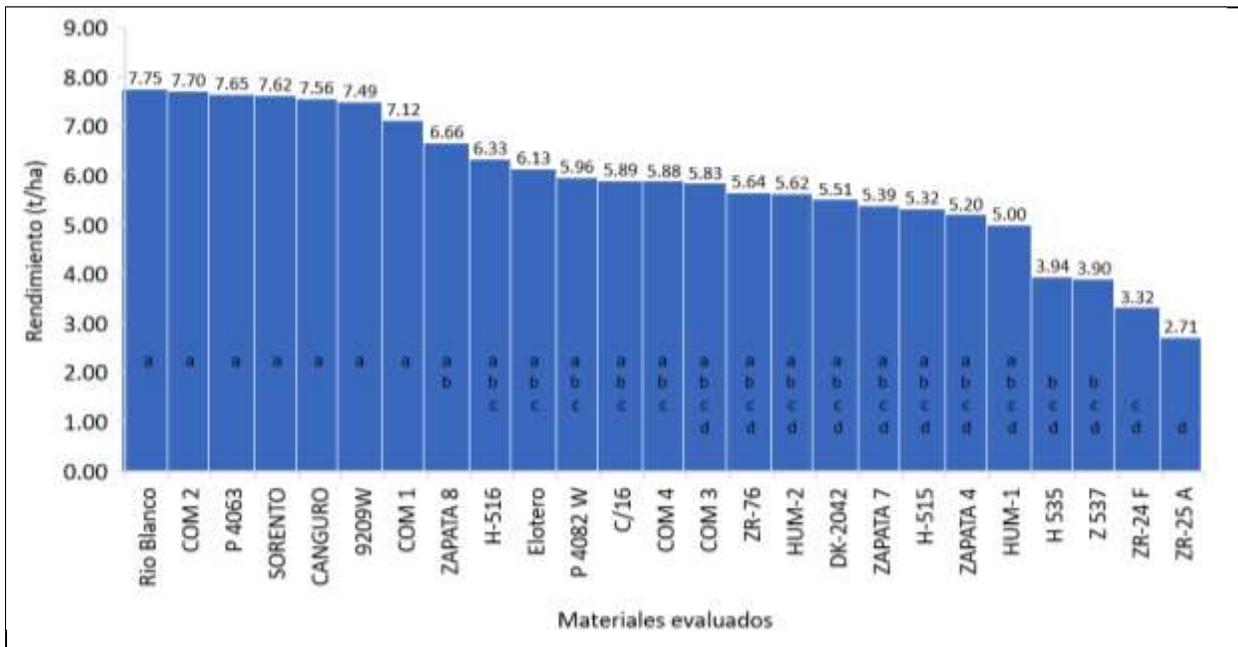


Figura 18. Rendimiento en maíces híbridos evaluados en P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.

Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

A manera de comparación en un estudio que se realizó en el Estado de México; se observó que un material el Syn-1806 (de Syngenta®) mostró un rendimiento de 6.06 t ha⁻¹ y en este estudio el híbrido Sorento (también de Syngenta®) tuvo 7.62 t ha⁻¹. El híbrido Z-60 (de Asgrow®) mostró un rendimiento de 4.05 t ha⁻¹ y en este estudio los híbridos Com-1, Com-2, Com-3 y Com-4 (de la misma marca comercial) tuvieron 7.12, 7.70, 5.83 y 5.88 t ha⁻¹ respectivamente. Los materiales de Pionner® P1684W y P1832W presentaron un rendimiento de 5.09 y 2.63 t ha⁻¹ respectivamente, y en este estudio los híbridos P4082W y P4063 de la misma casa comercial registraron 5.96 y 7.65 t ha⁻¹ respectivamente. Teniendo un mayor rendimiento en los materiales evaluados en este estudio en la zona oriente del estado de Morelos que los del estado de México (Zamudio et al., 2015).

Por otro lado, en un trabajo realizado en el año 2019 encontraron que un material, el DK-357 en esta variable tuvo un rendimiento de 5.736 t ha⁻¹; mientras que en este estudio el híbrido DK-2042 (de la misma casa comercial Dekalb®) tuvo un rendimiento casi similar con 5.51 t ha⁻¹. El material VS-536 (del Zarco®) tuvo 4.974 y en este trabajo los híbridos ZR- 76, ZR-24F y ZR-25 A (de la misma marca comercial) tuvieron 5.64, 3.32 y 2.71 t ha⁻¹ respectivamente. Los materiales H-520 y H-564 C (del INIFAP) tuvieron 5.99 y 5.06 t ha⁻¹ respectivamente; mientras que los materiales de este trabajo H-516, H-515 y H-535 (creados del mismo centro de investigación) tuvieron 6.33, 5.32 y 3.94 t ha⁻¹ respectivamente (Sánchez et al., 2019).

5.2.2. Coeficientes de correlación entre componentes de rendimiento

Los resultados del análisis de correlación de los componentes de rendimiento de veinticinco materiales híbridos de maíz recomendados para el estado de Morelos mostraron que las variables PM con DM, NHM, y NGH, tienen una asociación estadística entre ellas. Mientras que los caracteres NHM con DM tienen una correlación alta por ser muy cercanos al valor 1 (Cuadro 6). En cuanto al resto de las variables no son significativas o de baja asociación estadística pues su valor se aproxima más a cero.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación y nivel de significancia para cada par posible de los componentes de rendimiento evaluados de híbridos evaluados durante el ciclo P-V 2018 en Xalostoc, Morelos.

	DM	NHM	NGH	P1000G	PM	POLOTE	RTO
LM	-0.04 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.55 ^{**}	0.35 ^{ns}	0.43 [*]	0.31 ^{ns}	0.34 ^{ns}
DM		0.81 ^{**}	0.18 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.66 ^{**}	0.12 ^{ns}	0.49 [*]
NHM			0.37 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	0.66 ^{**}	-0.05 ^{ns}	0.53 ^{**}
NGH				0.005 ^{ns}	0.64 ^{**}	0.35 ^{ns}	0.57 ^{**}
P1000G					0.46 [*]	0.27 ^{ns}	0.11 ^{ns}
PM						0.37 ^{ns}	0.63 ^{**}
POLOTE							0.26 ^{ns}

*=significativo al 0.05 de probabilidad; **= significativo al 0.01 de probabilidad; ns= no significativo; LM= longitud de mazorca; DM= diámetro de mazorca; NHM= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por mazorca; P1000G= peso de mil granos; PM= peso de mazorca; POLOTE= peso del olote; RTO= rendimiento de grano.

Se observó una correlación positiva y altamente significativa entre la variable NHM con DM a 0.01 de probabilidad, lo que indica que a mayor longitud de mazorca puede existir mayor número de hileras en una mazorca, esto es importante porque ambas variables están directamente relacionadas con el rendimiento de grano. En cuanto al número de granos por hilera, este tuvo correlación con la longitud de mazorca a nivel de 0.01 de probabilidad, lo cual es muy importante para la producción de grano y el resultado de esta correlación es justamente lo que se preveía, que a mayor longitud de mazorca mayor número de granos y viceversa.

Con relación a PM se observó una correlación positiva y altamente significativa con las variables NHM, NGH, PM a 0.01 de probabilidad y también con DM a 0.05 de probabilidad.

Con lo cual se sabe que el peso de la mazorca es directamente proporcional a variación entre el conjunto de las variables con las que está correlacionada. Y por otro lado al no ser significativo con POLOTE significa que no afecta en gran medida el peso de la mazorca, lo que lo deja como una variable de no gran importancia para este tipo de evaluación o trabajos de investigación.

Finalmente, la variable RTO se correlacionó (al 0.01 de probabilidad) con DM, y así también (al 0.01 de probabilidad) con NHM, NGH y PM. Lo que significa que para tener un buen rendimiento se necesita tener un buen diámetro de mazorca, un número de granos por hileras, un buen número de hileras por mazorca y un buen peso de mazorca. Sin embargo, la variable PM tiene correlación con LM y P1000G por lo cual también se tienen que considerar para que se pueda obtener un buen rendimiento. Todo lo opuesto con POLOTE que no tuvo correlación con ninguna variable por lo cual se puede decir que su variación no afecta el rendimiento, justamente lo que se espera al ser materiales híbridos. Además de que esta variable es considerada sin uso para la industria de la masa y la tortilla.

A manera de comparación en un estudio dónde se evaluó la aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz se obtuvieron resultados similares a los que se reportan en esta investigación; ellos encontraron que el rendimiento de grano tiene asociación estadística con DM (0.65**), NHM (0.57**), NGH (0.44**), PM (0.97**, diferentes valores en este estudio) a 0.01 de probabilidad al igual que la variable RTO en este trabajo tiene una correlación positiva con DM (0.05 de probabilidad), NHM, NGH y PM (0.01 de probabilidad) [Wonh et al., 2007]. En cuanto a la variable diámetro de mazorca (DM) se observó en este trabajo que tienen relación estadística con NHM, PM, RTO (0.81**, 0.66** y 0.49**, respectivamente. Esto concuerda con los resultados que reportaron al evaluar híbridos y sus resultados entre DM con NHM, PM y RTO fueron en el orden de 0.56**, 0.85** y 0.35** al 0.01 de probabilidad (Bahena et al., 2017).

5.2.3. Regresiones lineales de los caracteres de rendimiento con la variable rendimiento de grano

Se exploró si el carácter de rendimiento de grano tiene un grado de dependencia estadística con el carácter longitud de mazorca; para lo cual se realizó una gráfica de dispersión para exponer la posición de los datos respecto a la línea de dependencia estadística (Figura 19). Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la regresión mostraron un valor para F calculada igual a 0.0976 por lo tanto se establece que no existe dependencia estadística entre las dos variables.

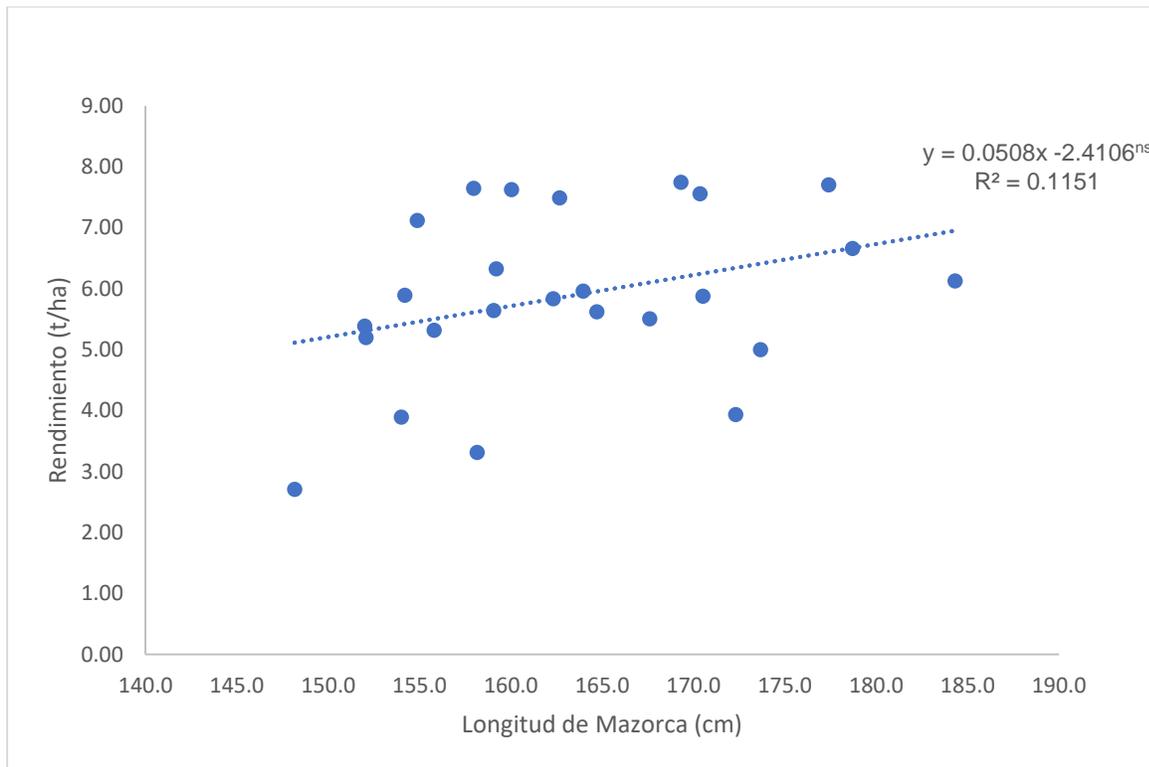


Figura 19. Grado de dependencia entre la longitud de mazorca y rendimiento de grano.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

El grado de dependencia estadística entre diámetro de mazorca y el rendimiento de grano se observa en la Figura 20. Este análisis mostró un valor de probabilidad para F calculada de 0.0124; lo cual establece que si existe dependencia estadística entre las dos variables al 0.05 de probabilidad.

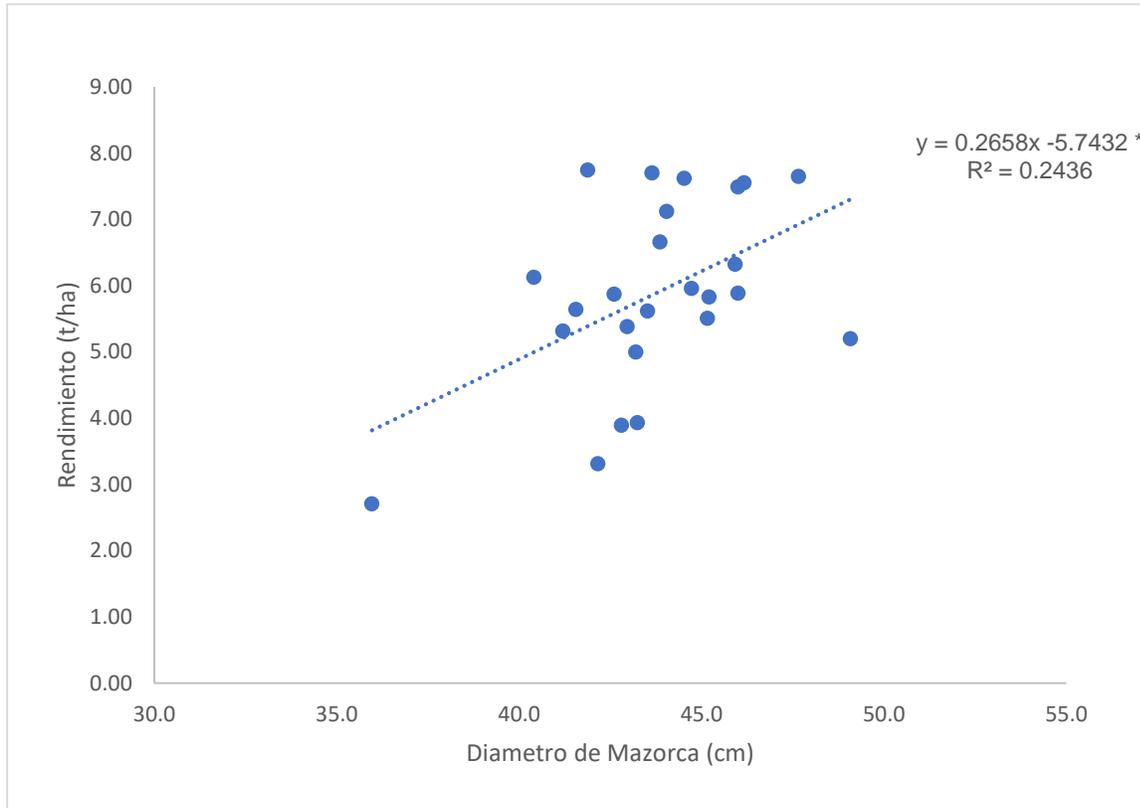


Figura 20. Grado de dependencia entre diámetro de mazorca y rendimiento de grano.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

De igual manera al realizar un análisis para determinar si la variable rendimiento de grano depende del número de hileras por mazorca, los resultados mostraron que existió un valor de probabilidad para F calculada del coeficiente de regresión de 0.0069 (Figura 21); por lo tanto, se establece que existe dependencia altamente significativa entre las dos variables.

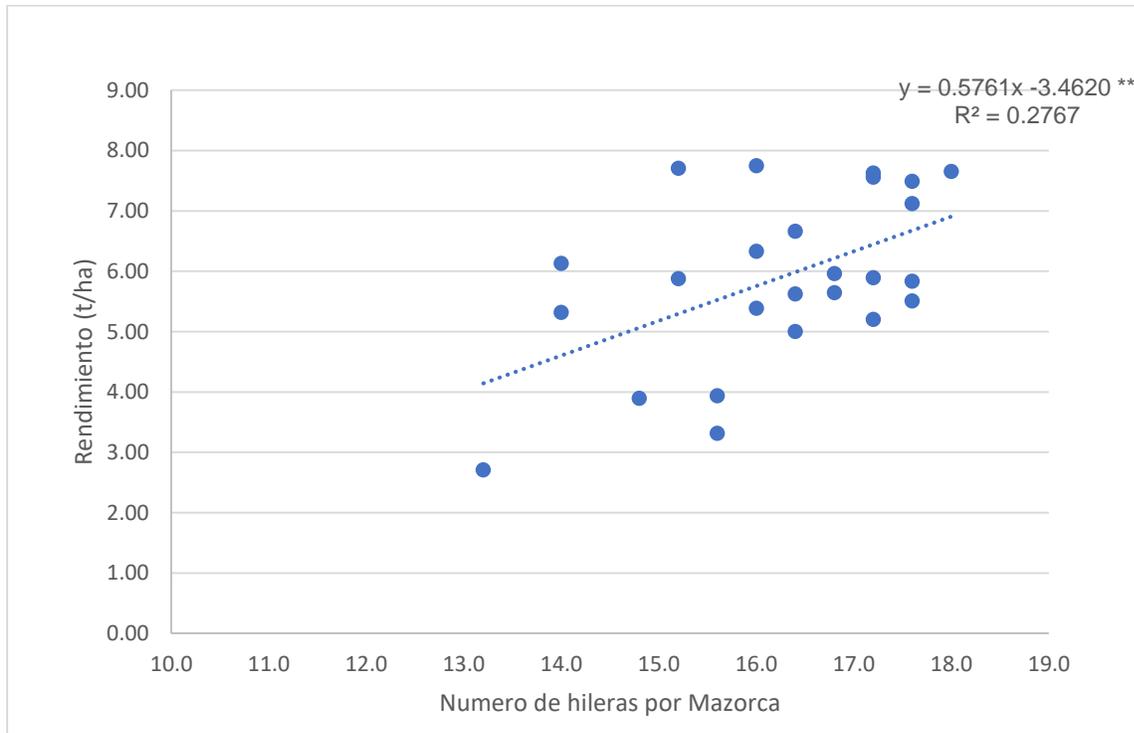


Figura 21. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y número de hileras por mazorca.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Se observó la misma tendencia entre la dependencia estadística del rendimiento de grano y el número de granos por hilera (Figura 22). La probabilidad del valor de F calculada para el coeficiente de regresión fue de 0.0026, por lo cual se establece que existe dependencia altamente significativa entre las dos variables.

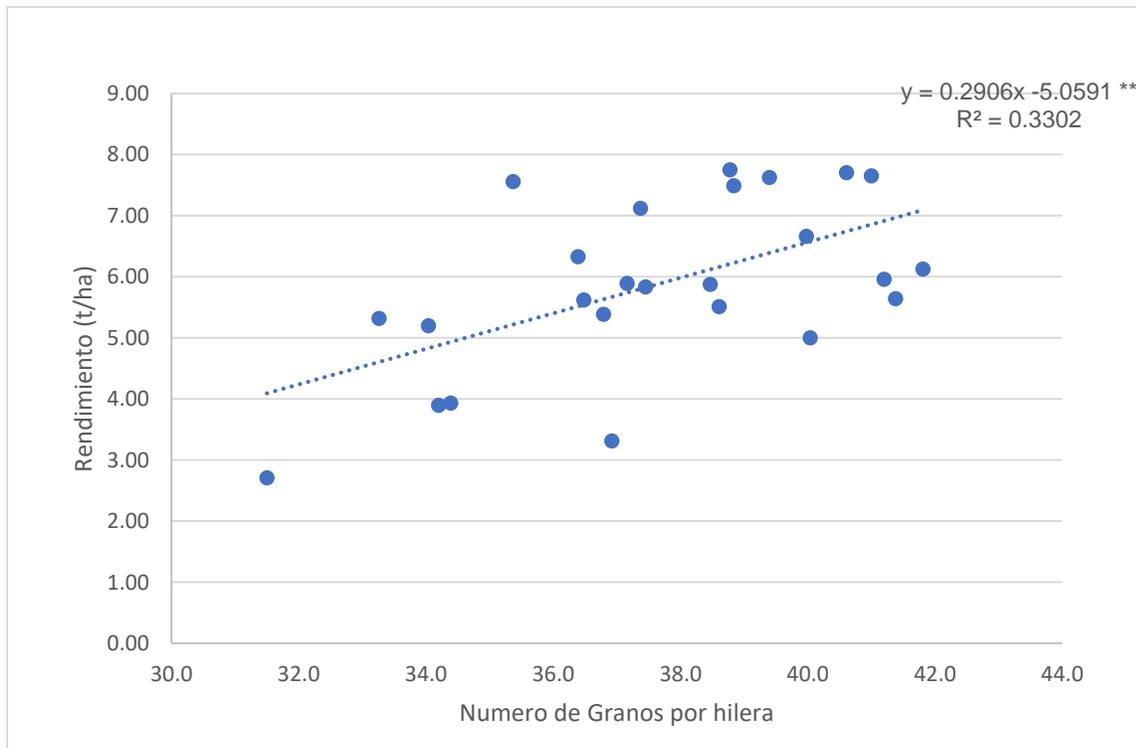


Figura 22. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y número de granos por hilera.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

Al realizar el análisis de regresión entre rendimiento de grano y el peso de 1000 granos (Figura 23) se encontró un valor resultante de probabilidad para el coeficiente de regresión de 0.6082; lo que establece que no existe dependencia estadística entre las dos variables.

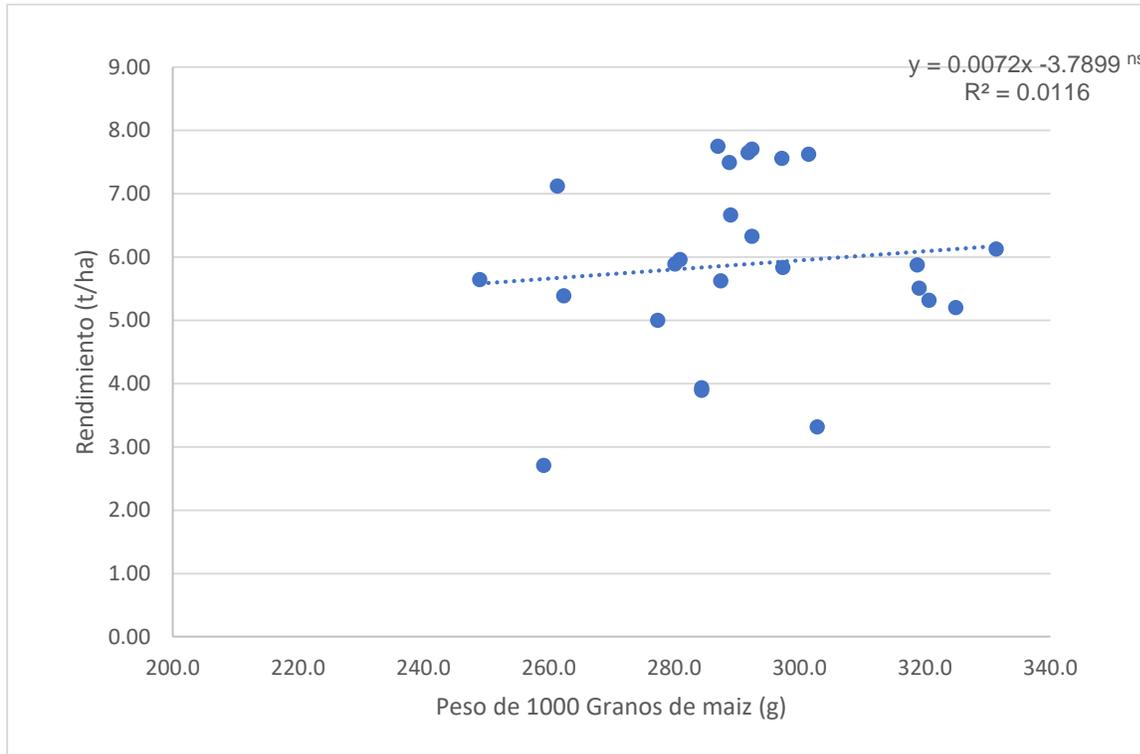


Figura 23. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y peso de mil granos.

Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

El grado de dependencia estadística entre el rendimiento de grano y el peso de mazorca (Figura 24). El valor resultante de probabilidad para el valor de F calculada fue de 0.0007, se establece que existe dependencia estadística altamente significativa entre las dos variables.

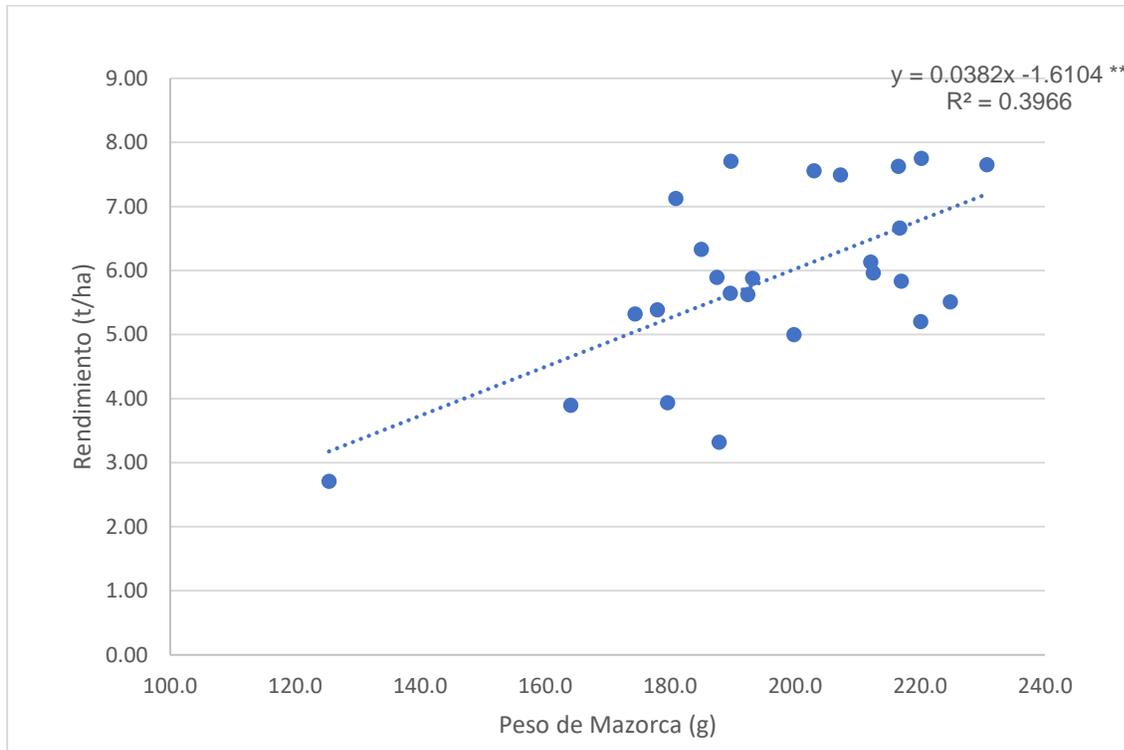


Figura 24. Grado de dependencia entre rendimiento de grano y peso de mazorca.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

El análisis de regresión entre rendimiento de grano y el peso del olote (Figura 25), existió un valor de probabilidad de para F calculada de 0.2047, por lo cual no existe dependencia estadística entre las variables.

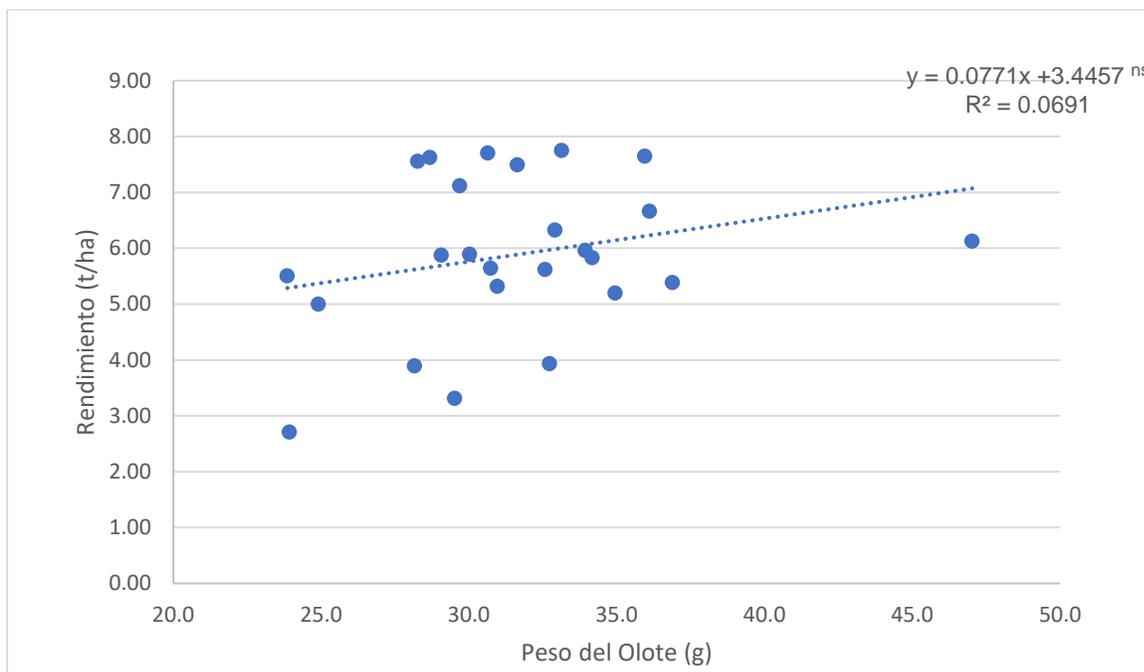


Figura 25 Grado de dependencia entre rendimiento de grano y peso del olote.
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Caracteres Cuantitativos Agronómicos

En las variables de caracteres agronómicos se pudo observar que las variables FF y FM tuvieron un comportamiento similar en cuanto a los días a floración. Esto es bueno ya que de esa manera los materiales podrán tener una buena polinización. Además, al ser materiales híbridos, se espera que se comporten así para aumentar el éxito en la fecundación de estigmas (Tadeo et al., 2012).

En cuanto al parámetro altura de planta (AP) se muestra que el material Elotero, que fue el más alto con 334 cm, no fue el de mayor rendimiento. Por lo que podemos decir que no es necesario que la planta sea la más alta para obtener buenos rendimientos, sino de un tamaño intermedio. Tal como tuvieron los materiales Río Blanco y COM2 con una AP de 292 cm y 255 cm respectivamente, los cuales tuvieron el mayor rendimiento. Cabe señalar que, aunque no se estudió en este trabajo, las plantas altas regularmente tienden a ser más susceptibles al acame (Ramírez et al., 2018).

Otro parámetro que se estudió fue la variable AM la cual nos sirve para conocer la posición relativa de la mazorca, la cual es importante para evitar pérdidas en el rendimiento de grano por el acame de plantas. Este valor se obtiene dividiendo la altura de mazorca entre la altura de planta. Es conveniente obtener valores menores o igual 0.5. En este contexto, el híbrido Elotero tiene una posición relativa de la mazorca a 0.53, el híbrido Río Blanco (0.42) y el híbrido Canguro fue de 0.35, sólo por mencionar algunos de los híbridos. En lo general, se establece que los híbridos cumplen con una posición relativa de la mazorca \leq a 0.5. Esta condición en los materiales híbridos minimiza la posibilidad de que las plantas se acamen por efecto de la interacción entre genotipo y ambiente (Fuentes, 2008).

En cuanto a la variable LE se notó que el material Río Blanco tuvo la espiga más larga con 51.7 cm y en el rendimiento fue el material más alto con 7.75 t ha⁻¹. Así mismo los materiales Elotero, COM 1 y P4063 que ocuparon el 2°, 3° y 4° lugares en LM tuvieron buenos resultados

en el rendimiento de grano (6.13, 7.12, y 7.65 t ha⁻¹ respectivamente). Sin embargo, el material C/16 que fue el de menor longitud de espiga, no fue el de menor rendimiento, por lo que se entiende que no necesariamente tener una longitud pequeña afectará al rendimiento final del grano, sino que también se tiene que considerar otros factores para determinar el rendimiento final. Por otro lado, en general se pretende que esta variable no tenga un valor tan alto ya que podría afectar la dispersión del polen y por ende el rendimiento final. Sin embargo, en este trabajo no hubo tal efecto por lo que se consideran que los materiales tienen un valor intermedio, lo cual era de esperarse por ser materiales híbridos y tratarse de materiales ya previamente escogidos y recomendados para esta zona. (Cabrera et al., 2019).

6.2 Caracteres de componentes de rendimiento

Las variables que tuvieron más relación (correlación significativa) con el rendimiento de grano fueron Diámetro de mazorca (DM), número de hileras por mazorca (NHM), Número de granos por hilera (NGH) y peso de mazorca (PM) según el análisis estadístico realizado (cuadro 6). En este contexto el material Rio blanco tuvo un rendimiento de 7.75 t ha⁻¹, el más alto. Sin embargo, no fue el más alto en todas las variables de los componentes de rendimiento, se tuvo un DM de 41.9 cm, un NHM de 16, un NGH de 39 y un PM de 220 g. Por lo que el rendimiento final depende también de las demás variables estudiadas.

Las variables estudiadas como son LM, DM, NHM, NGH, P1000G, PM Y POLOTE son importantes para obtener un buen rendimiento. Y al conocer sus parámetros se puede saber si una variedad tendrá un buen resultado en campo. En el caso de las variables LM y DM los valores oscilaron entre los 148 a 184 cm para largo de mazorca y entre los 36.0 a 49.1 cm para diámetro de mazorca. Estas variables nos dan una idea del tamaño de la mazorca, lo cual es muy conveniente sobre todo en maíz para elote (Ramírez et al., 2018). sin embargo, para tener un buen rendimiento se necesitan tomar en cuenta también otros factores.

En el caso de NHM y NGH se pretende que a mayor valor en estas variables mejor será el rendimiento de grano por mazorca. Sin embargo, si en sus características no está el tener un buen peso de grano no tendrá un buen rendimiento al final. Por lo que se puede decir que para tener un buen peso por mazorca y por ende un buen rendimiento es importante tomar en cuenta estos tres valores NHM, NGH y P1000G (Bahena et al., 2017). Por citar un ejemplo, en los materiales evaluados el material Elotero obtuvo el primer lugar en NGH (con 42) y en P1000G (con 331) sin embargo en la variable NHM ocupó el penúltimo lugar con 14 hileras por mazorca, lo cual fue un factor que afectó en el rendimiento final, pues ocupó el décimo lugar en este trabajo.

El peso de mazorca y el peso del olote son también dos variables muy importantes a la hora de calcular el rendimiento de grano. Están directamente relacionadas con el rendimiento final ya que al descontar el peso del olote se obtiene el peso de grano por mazorca. En este contexto el material Elotero tuvo un PM de 212 g sin embargo, fue el más alto en PO con 47 g. por otro lado el material P4063 tuvo un peso de 233 g en PM (el más alto) y un peso de Olote de 35.9 g, resultando con un buen rendimiento. En general se puede decir que ambos factores afectan significativamente al rendimiento de grano. El valor PM afecta positivamente y el valor PO afecta negativamente, pues entre mayor peso de olote menor rendimiento de grano al final.

En cuanto al carácter Rendimiento de Grano que se obtuvo en este estudio se observó que hubo materiales que superaron la media estatal en el ciclo primavera-verano 2018. El valor de la media de temporal para este ciclo agrícola fue de 3.916 t ha⁻¹. Por lo que podemos decir que 22 de 25 materiales en este trabajo superaron la media estatal (como se muestra la Figura 18) obteniendo buenos resultados. Así mismo la media estatal más alta en el país fue de 6.229 t ha⁻¹ correspondiente al estado de Jalisco. Y en este contexto los materiales Rio Blanco, COM 2, P4063, SORENTO, CANGURO, 9209W, COM 1, ZAPATA 8 y H-516 superan también el rendimiento promedio de la media estatal más alta del país (SIAP, 2018).

VII. CONCLUSIONES

- El comportamiento diferente de los caracteres agronómicos y los componentes de rendimiento permitió dilucidar materiales híbridos que toleran la densidad poblacional de 80 000 plantas por hectárea. De igual forma al determinar dichos componentes de rendimiento se observó que no todos los materiales que sean recomendados para esta zona pueden ser utilizados para la producción a altas densidades debido a que la relación beneficio/costo se afecta por una baja producción de grano en los híbridos no tolerantes a la competencia intraespecífica.
- Igualmente se concluye que el sistema de siembra a altas densidades puede utilizarse para la producción de maíz en la zona oriente del estado de Morelos ya que 22 de los materiales evaluados superaron la media estatal. Así mismo nueve de estos superaron la media estatal más alta a nivel nacional de producción de maíz de temporal en este ciclo agrícola (P-V 2018). En cuanto a los materiales recomendados para el estado de Morelos sometidos a alta densidad poblacional ($80\ 000\ \text{pha}^{-1}$) que obtuvieron los mejores rendimientos de grano, en este trabajo, fueron COM1, 9209W, Canguro, Sorento, P4063, COM 2 y Rio Blanco.

VIII. RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos en este trabajo se recomienda repetir esta evaluación en zonas cercanas a la región oriente del estado de Morelos para conocer el comportamiento de estos materiales en dichas zonas.
- Se recomienda realizar este mismo experimento en todas las zonas de interés en este cultivo, pero con materiales recomendados para cada región en específico de manera que se pueda conocer los mejores materiales para cada micro ambiente.
- Se recomienda difundir el uso del método de siembra a altas densidades en entre los productores de la zona oriente del estado de Morelos con los materiales tolerantes a alta densidad poblacional.
- Se recomienda hacer un experimento con diferentes tipos de fertilización y fertilizantes recomendados para maíz con algunos de estos materiales y así conocer si pudiera tener un mayor aumento en la producción de grano.

IX. REFERENCIAS

Ávila, M. A., Arellano, J. L., Virgen, J., y Gámez, A. J. (2009). H-52 Híbrido de maíz para valles altos de la mesa central de México. *Agricultura Técnica en México*, 35(2), 237-240. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000200012.

Bahena, G., Castillo, A., Broa, E., Olvera, M. D., Jaime, M. A., y García, F. (2017). Respuesta agronómica de maíces híbridos a la fertirrigación en Xalostoc, Morelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), 531-543. doi: 10.29312/remexca.v8i3.29.

Borroel, V. J., Salas, L., Ramírez, M. G., López, J. D., y Luna, J. (2018). Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamérica* 36 (4), 423-429. doi: 10.28940/terra.v36i4.281.

Caballero, M. A., Córdova, L., y López, A. de J., (2019). Validación empírica de la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(4), 357-366. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802019000400357&script=sci_abstract.

Cabrera, J. M., Carballo, A., Mejía, J. A., García, G. y Vaquera, H. (2019). Caracterización de poblaciones sobresalientes de maíz de la raza zapalote chico. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(3), 269-279. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000300269.

Castañeda, Y., Gonzales, A., Chauvet, M., y Ávila, J. F. (2014). Industria semillera de maíz en Jalisco. *Actores sociales en conflicto. Sociológica*, 29(83), 241-278. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-01732014000300007.

Catálogo de la vida. (2017). *Zea mays* L. Recuperado de: <http://www.catalogueoflife.org/col/details/species/id/6a7681dfa66bae01e4971c2d9b8c1d61>.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo/Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos-CIMMYT-IBPGR. (1991). Descriptores del maíz [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de: <https://cgspace.cgiar.org/items/1abf39ad-6e82-45ee-a9ab-ce8cd0702e44>.

Chura, J. y Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *IDESIA*, 32(1), 113-118. doi: 10.4067/S0718-34292014000100014.

Coleman, A., Gregory, C., y Singh, A. (2014). Seguridad alimentaria de los hogares en los Estados Unidos en 2013. *Economic Research Service*, 173. Recuperado de: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45265/48787_err173.pdf.

Comisión Nacional del Agua-CONAGUA. (2018). Sistema de Información Hidrológica. Recuperado de: <https://sih.conagua.gob.mx/climas.html>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONACYT. (2019). El maíz. Recuperado de: <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>.

Córdoba, J. A., Salcedo, E., Rodríguez, R., Zamora, J. F., Manríquez, R., Contreras, H., Robledo, J. y Delgado, E. (2013). Caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas. *Revista latinoamericana de química*, 41(3), 171-184. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300004.

Delgado, J. (2016). Mas sobre el proceso de polinización en el maíz. *Intagri*. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/mas-sobre-el-proceso-de-polinizacion-en-el-maiz>.

Duarte, D. E., Lagos, T. C. y Lagos, L. K. (2012) Correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales en 81 genotipos de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Cav. Sendt.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 29(2), 67-80. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/43800>.

Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Farnham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S., y Carter, P. (2015). Maíz crecimiento y desarrollo. Iowa, Estados Unidos: Inpofos.

Espinosa, A., Turrent, A., Gómez, N., Sierra, M., Caballero, F., Palafox, A., y Rodríguez, A. (2009). El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93, 118-125. Recuperado de: <https://www.revistacienciasunam.com/pt/busqueda/titulo/41-revistas/revista-ciencias-92-93/209-el-potencial-de-las-variedades-nativas-y-mejoradas-de-maiz.html>.

Espinosa, A., Tadeo, M., Gómez, N., Sierra, M., Virgen, J., Palafox, A., Vázquez, G., y Valdivia, R. (2010). V-54 A, Nueva variedad de maíz de grano amarillo para siembras de temporal retrasado en valles altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(5), 677-680. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000500005.

Falconer, D. S. y Mackay T. F. C. (2001). *Introducción a la genética cuantitativa*. Harlow, Inglaterra: Acribia.

Fehr, W.R. (1993). *Principles of cultivar development*. Iowa State University Press V1. Ames Iowa USA. 219-245 pp. Recuperado de: <https://dr.lib.iastate.edu/bitstreams/143d8b9f-01a2-4077-96b5-3585031f95d7/download>.

Fernández, R., Morales, L. A., y Gálvez, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(supl 3-A), 275-283. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000500004.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura-FIRA. (2015). *Panorama Agroalimentario, Maíz 2015* [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de: <https://www.gob.mx/fira/documentos/panorama-agroalimentario>.

Fuentes, M. R. (2008). Descriptores del maíz [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de: <https://www.asocuch.com/wp-content/uploads/2020/06/Descriptores-de-Maiz.pdf>.

Gallardo, C. y Peralta, R. (1969). Estudio Biométrico en ciertas características de la Mazorca del Maíz. Santa Marta, Colombia: Universidad del Magdalena. Recuperado de: <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/3733>

Garay, J. A. y Cruz, C. J. (2015). El cultivo de maíz en San Luis. Buenos Aires, Argentina: INTA. [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de: https://www.academia.edu/22594481/El_cultivo_de_ma%C3%ADz_en_San_Luis

García, J. G. (2011). Estimación de estabilidad y evaluación agronómica y fisiológica de germoplasma de frijol común seleccionado por rendimiento de grano y daño por *Macrophomina phaseolina* (Tesis doctoral). Recuperada de: <http://eprints.uanl.mx/2421/2/1080089758.pdf>.

García, J. G., Mendoza, M., Cervantes, F., Ramírez, J. G., Aguirre, C. L., García, M. A., Figueroa, M. G. y Rodríguez, G. (2019). Adaptabilidad de híbridos precomerciales tropicales de maíz en el Bajío de Guanajuato, México. *Revista de investigación Agraria y ambiental*, 10(1), 57-65. doi: 10.22490/21456453.2481

Godina, J. E., Garay, J.R., Mendoza, S. I., Joaquín, S., Rocandio, M. y Lucio, F. (2020). Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 11 (24), 059-068. doi: 10.29312/remexca.v0i24.2358

Gordón, R., Camargo, I., Franco, J., y González, A. (2006). Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 189-199. doi: 10.15517/am.v17i2.5159.

Grupo Consultor de Mercados Agrícolas. (2020). México tendrá importación récord de maíz en 2020 [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://gcma.com.mx/mexico-tendra-importacion-record-de-maiz-en-2020/>.

Guamán, R. N., Desiderio, X., Villavicencio, A. F., Ulloa, S. M. y Romero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56. doi: 10.29166/siembra.v7i2.2196.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IIICA. (2016). *Cosechando Innovación: un Modelo de México para el Mundo*. México: Autor.

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura- INTAGRI. (2016). *La Fenología del Maíz y su Relación con la Incidencia de Plagas* [Artículo de un blog]. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/la-fenologia-del-maiz-y-su-relacion-con-la-incidencia-de-plagas>

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura -INTAGRI. (2018). *Plantas C3, C4 y CAM* [Artículo de un blog]. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/plantas-c3-c4-y-cam>.

INTAGRI. (2020). *Record Mundial de Alto Rendimiento de Maíz* [Artículo de un blog]. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/cereales/record-mundial-de-alto-rendimiento-en-maiz#:~:text=El%20r%C3%A9cord%20mundial%20de%20producci%C3%B3n,con%20la%20de%20otros%20cereales>.

La unión. (2 de enero de 2012). *Aumenta la producción de maíz certificado en la región oriente de Morelos*. Autor. Recuperado de: <https://launion.com.mx/morelos/cuautla/noticias/30893-aumenta-la-producci%C3%B3n-de-ma%C3%A9-certificado-en-la-regi%C3%B3n-oriente-de-morelos.html>.

Lagos, L.K., Alirio, F., Lagos, T. C. y Duarte, D. E. (2013). *Correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales, y análisis de sendero en tomate de árbol (Cyphomandra betacea Cav. Sendt.)*. *Acta Agronómica*, 62(3), 215-222. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169929773005>

MacRobert, J. F., Sentimela, P., Gethi, J., y Worku, M. (2015). *Manual de producción de semilla de maíz híbrido* [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de:

<https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/16849/57179.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Martínez, J., Espinoza, N., Cadena, P. (2017). Caracterización morfológica de poblaciones de maíz nativo (*Zea mays* L.) en Chiapas, México. *Agroproductividad*, 10(9), 26-33. Recuperado de: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/186>.

Megías, M., Molist, P., y Pombal, M.A. (2019). Atlas de histología vegetal y animal. Órganos vegetales. Recuperado de: <https://mmegias.webs.uvigo.es/2-organos-v/o-imagenes-grandes/tallo-primario-m.php>.

Moreno, L. I., González, S., y Matus, J. A. (2016). Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(1), 115-126. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000100115.

Obregón, D. J., y Reyes, J. J. (2016). Comportamiento agronómico y adaptabilidad de cuatro cultivares de maíz (*Zea mays* L.) en nueve localidades de los municipios de Darío, San Ramón y San Dionisio, departamento de Matagalpa, postrera 2013 (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agrari). Recuperado de: <https://repositorio.una.edu.ni/3393/>.

Organización Editorial Mexicana-OEM. (22 de junio del 2018). Logra Morelos cifra histórica en producción agrícola. El sol de Cuernavaca. Recuperado de: <https://www.elsoldecuernavaca.com.mx/local/logra-morelos-cifra-historica-en-produccion-agricola-1858820.html>.

Ortiz, M. A., Ramírez, O., González, J. M., y Velázquez, A. (2015). Almacenes de maíz en México: tipología y caracterización. *Estudios Sociales*, 13(45), 163-184. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572015000100007.

Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, H. R., Violic, A. D. y Marathée, J. P. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de: <https://curlacavunah.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/el-maiz-en-los-tropicos.pdf>.

Peña, A., González, F., y Robles, F. J. (2010). Manejo agronómico para incrementar el rendimiento de grano y forraje en híbridos tardíos de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(1), 027-035. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342010000100003&script=sci_abstract.

Quevedo, Y., Barragán, E. y Beltrán, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Impacto. *Scientia Agroalimentaria*, 2, 18-24. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/229556269.pdf>.

Ramírez, J. L., Ledesma, A., Vidal, V. A., Alemán, I., Gómez, N. O., Ruiz, J. A. y Salinas, Y. (2018). Mejoramiento del progenitor parcialmente endogámico de maíz B-3A para tolerancia al acame. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(4), 413-421. doi: 10.35196/rfm.2018.4.413-421.

Ramírez, C. A., González, J. C. y Gómez, J. A. (2018). Longitud de mazorca en cruces de maíz Jala con una variedad criolla mejorada. *Ciencia Nicolaita*, (75). doi: 10.35830/cn.vi75.431.

Ramírez, R., (2016). Historia del maíz [Documento de un Blog]. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/11996681/Historia-Del-Maiz>.

Rebolloza, H., Castillo, A., Carapia, V. E., Andrade, M., Villegas, O. G., Núñez, M. E., Suárez, R., y Perdomo, F. (2016). Estimación de parámetros genéticos y selección de líneas S1 en una población segregante de maíz tropical. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1893-1904. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000801893.

Rebolloza, H., Cervantes, Y. F., Broa, E., Bahena, G. y Olvera, A. (2020). Fenotipo y selección de líneas S1 segregantes de maíz tolerantes a estrés hídrico. *Biotecnia*, 22(3), 20-28. doi: 10.18633/biotecnia.v22i3.1130

Reyes, C. (21 de mayo del 2019). Maíz de alto rendimiento. Resultados probados de 22.4 t/ha en lotes comerciales mexicanos [Artículo de un blog]. *Panorama-Agro.com*. Recuperado de: <https://panorama-agro.com/?p=3620#:~:text=Con%20el%20sistema%20de%20alto,el%20sistema%20de%20alto%20rendimiento>.

Ritchie, S. W., Hanway, J. J., Benson, G.O., (2002). Como se desarrolla una planta de maíz. Iowa, Estados Unidos: Inpofos.

Sánchez, M. A., Jiménez, J.B., Morales, G., Acevedo, R., Antonio, C., y Villanueva, C. (2019). Rendimiento de grano en maíces adaptados a condiciones de la baja cuenca del Papaloapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(2019) 519-52.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-SAGARPA. (2017). Planeación agrícola nacional 2017-2030. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/planeacion-agricola-nacional-2017-2030-1268> 13.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación -SAGARPA. (2020). Producción de maíz blanco en el estado de Morelos. Delegación SADER Morelos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/morelos/articulos/produccion-de-maiz-blanco-en-el-estado-de-morelos?idiom=es>.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-SIAP. (2018). Atlas agroalimentario 2012-2018. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018.

Statistical Analysis System (SAS). 1999. Métodos estadísticos. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte.

Tadeo, M., Espinosa, A., Arteaga, I., Trejo, V., Sierra, M., Valdivia, R. y Zamudio, B. (2012). Productividad de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(7), 1417-1423. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700010.

Tadeo, M., Espinosa, A., Canales, E., López, C., Zamudio, B., Turrent, A., Gómez, N., Sierra, M., Martínez, A., Valdivia, R., y Andrés, P. (2020). Rendimiento de grano y densidades poblacionales de nuevos híbridos de maíz lanzados por el INIFAP y la UNAM para los Valles Altos de México. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 507-515. doi: 10.28940/terra.v38i3.557.

Universidad Nacional Autónoma de México- UNAM. (2013). Estructura y morfología de los cereales [Publicación en un blog]. Recuperado de: <http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php/que-son-los-cereales/estructura-y-morfologia-de-los-cereales>.

Universidad Nacional Agraria La Molina / AGROBANCO. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas [versión Adobe Acrobat Reader]. Recuperado de: https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf.

Urquía, N., (2014). La seguridad alimentaria en México. *Salud pública de México*, 56(1), 92-98. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342014000700014.

Virgen, J., Zepeda, R., Ávila, M. A., Espinosa, A., Arellano, J. L., y Gámez, A. J. (2016). Producción y calidad de semillas de maíz en Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 191-206. doi: 10.15517/am.v27i1.21899.

Zamudio, B., Espinosa, A., Tadeo, M., Encastín, J. J., Martínez, J. N., Félix, A., Cárdenas, A. L., y Turrent, A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7). 1491-1505. Recuperado de: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000700006&script=sci_abstract&tlng=pt.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DE XALOSTOC

Secretaría de Docencia

Jefatura de Servicios Académicos

Xalostoc, Cd. Ayala, Morelos a 28 de mayo de 2024

Asunto: Voto Aprobatorio

DR. GREGORIO BAHENA DELGADO
DIRECTOR DE LA EESX

P R E S E N T E

Por medio del presente, los revisores de la tesis que lleva por título: **COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) RECOMENDADOS PARA EL ESTADO DE MORELOS SOMETIDOS A ALTA DENSIDAD POBLACIONAL**. Que ha realizado el pasante de la *Licenciatura como Ingeniero en Producción Vegetal*, **David Martínez Tapia**, otorgamos nuestro voto de aprobación para su impresión por haberse realizado las correcciones consideradas pertinentes de nuestra parte.

Atentamente

Por una humanidad culta

Dr. Hermes Rebolloza Hernández

Dra. Yessica Flor Cervantes Adame

Dr. Gregorio Bahena Delgado

Dra. Elizabeth Broa Rojas

Dr. Roberto Venado Campos





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

HERMES REBOLLOZA HERNANDEZ | Fecha:2024-05-28 14:32:52 | FIRMANTE

BjgX1PNKqOqlezncRaACfAQuoe1JzPP2ohC2g6JER5xoSXietRCaP0EyjRhRpN1iUeAn0wipcWnaZWBbSmxMnk1FL2OxBm/AZI9vUiTrDNgORa2IF3mRw3OGv/HWFZR/kBXFb8JtJAgj/RvCwuAD6X8Jy8hLG9f28hqqyb/IELPUkG/SEpdMwMKzsyZ5ScgWU4eeq7JA7ImzJ01/x5dk6ajWvw3jMSLx3jrd80KqoStr8+lcaUdfWRmCZBKd5a2Q+bf1I4pPAzEdNGCsm8rYmAgqlbG4dGHbvrkOFNTnVyIWFU6ryotd4ZoozUoizSdxKuawxLSjFJegi06CB+NEbg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[ZneSXHBvA](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/kSGQt3qTSe802GPTThZ5b4ydWHUWfebzh>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

GREGORIO BAHENA DELGADO | Fecha:2024-05-28 14:43:21 | FIRMANTE

b/VyGtF1xgZly1OWwSQOouRtB2RXUHVR2C7RKOiEVgeFnY4gmZkZieEsLXumJIM68c8i20DXE02e2hqVwO6wDDXDDk9/mr7w5nAY51xNX+MMnAnI/+d9nAIAgzqpoYAdkjk4g
aij8gpXq7JkcCoA9uoOzwKuapZrEL9pbpapSpVok5D0004yVOo2u+0SvwjFHPaxX+DuwdLyAJJK9zvoL4fjKY0utkuuaV032e9tHJy/9gK0UuYw36m/Pq8EHxBgsWGi07opxgFN7g
u/ms6YnodEWMrKfY06SyfA4i8bjTS1dT52ol1OlbNokoHsxmJhaH/2x8kGLnfXXorrijNmJQ==

YESSICA FLOR CERVANTES ADAME | Fecha:2024-05-28 14:43:26 | FIRMANTE

Lnljgic/RSTuiYx3ziSC1C6Wn/s5qpGJ9pbQMLjPxFXd8AM7zwSj4M8kspNr7SnC8sMTyviNTBF5HpXi4g7SPeximjrK7RgpmXniQNteMZbx3VLvv/bEKG+/3BiuBVyLVnYIL5+QM4
o6l9cyoEFZWsMYXo6+VLGqhdGBjrwhqmCB0Phgfd0CI/DJp6Roz5VlvHjtw8tqx2wbLYRwUjzSNBq0156lGL/Lw4WfgY5Z5v+JHuUWU9d+lFjjEyioFoh0g0AfEJhT1tjMliEty7RCh
mXa/c61pHxVQc+11r7pyMkTDkgx6mtqrvc23kLodV5z4STg2h7TrUWoAJ5jGw==

ELIZABETH BROA ROJAS | Fecha:2024-05-28 14:45:45 | FIRMANTE

L7kyijtpKDUqlc4q2Mit+h1UeKPe+yfX+cL1udbN6U/Eci7WyCAtlqhkL2hxOujK+5N/J9hHNfGOjOORk0avN+hoY2slBRONJp8yznA/2DopUywCA2wUtzUsXkCwdhUVZarLYiD6dV
ZWdsuqrlQ4BgTEa8mAop/OOVdnZFwy2I0DIAKXF01zv12zK+vvzk4yn7ddz+v0GUhbPhFTFTDno4XhEJey1Ap5qG80R0k6oj3MflkL9/0C7nvh68l9wZxfCBKAM7ObD78jN9dQur
0A8b3hkG4q3x4fsJ22lC+ek5jtX1nlKXkjfCty7fK/g2UJdyQkyqBNQp299Trps4UHA==

ROBERTO VENADO CAMPOS | Fecha:2024-05-28 14:49:20 | FIRMANTE

VqBoDglcg2eG+NlcOfjm5o5XnHzEA1q0cjXrzeYusZldvtVz+y4cDbvSVjEes2lO8VLCnt8XOVJPlspZR7CXcd6UJ6ZK4J/aAMQlBp/n0p7JxPLbLd6ut6i0zdYbf2xyudVTiKbZlg5L8H7
81KSE0to5FwNnweYk/2s1tBosNT6+bD5nDZ0TJ86k9yIVKEvGJrrurqWYUDTndInUvFzFUpVvwyg4BxgRTqt1sa5WGcxG76+QzIB7+Q2UNTW8ZdK29zwYF+3bchosdu1KTqFQv4
9YzSsiuWodIL3l6DzisCT7w7lkm1+r9VBXAT3ZXS6wlnHKeacJGlxbv2iWJv3TQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



cntqZgaeV

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/lzhYOYhdEtqeEusMM6tuOC0chBxteBWD>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029