



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

LICENCIATURA COMO INGENIERO EN PRODUCCIÓN VEGETAL

**CARACTERIZACIÓN DE
GERMOPLASMA HÍBRIDO DE MAÍZ
(*Zea mays* L.) DE GRANO BLANCO
PROMISORIO PARA LA REGIÓN
ORIENTE SUR DEL ESTADO DE
MORELOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO COMO
INGENIERO EN PRODUCCIÓN VEGETAL

PRESENTA

ISMAEL MORALES ARIAS

DIRECTOR: DR. HERMES REBOLLOZA HERNÁNDEZ

CODIRECTOR: DR. DAVID ANTONIO MORENO MEDINA

DEDICATORIA

“Deja en sus manos de Dios todo lo que haces, y tus proyectos se harán realidad”

Proverbios 16:3

Este trabajo también va dedicado a mis queridos padres, hermanos, mi novia, y a mis amigos quienes me mostraron su apoyo incondicional en todo momento para seguir en esta etapa estudiantil.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por haberme permitido concluir mis estudios y por estar presente en mi vida. Sin Él no lo lograría.

A mis padres Israel y Olga Lidia por brindarme todo el apoyo incondicional, confianza, su enorme cariño y sus sabios consejos que me inculcaron a poder alcanzar mis metas y siempre estar ahí, los quiero mucho.

A mi novia Lizbeth por su confianza, comprensión, apoyo y amor incondicional durante este periodo.

A mi asesor Dr. Hermes Rebolloza Hernández por el apoyo, dedicación y conocimientos otorgados durante el periodo de mi carrera.

Al Ing. Rafael Padilla Ramírez por los conocimientos adquiridos y por el apoyo que siempre me brindo durante mi estancia profesional.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	10
II. ANTECEDENTES	12
III. JUSTIFICACIÓN	17
IV. MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL	19
IV.1. El cultivo de maíz (Zea mays L.).....	19
IV.1.1. Origen	19
IV.2. Taxonomía del maíz.....	20
IV.3. Morfología.....	20
IV.3.1. Sistema radical	20
IV.3.2. Tallo	21
IV.3.3. Hojas.....	21
IV.3.4. Macollos	22
IV.3.5. Flores	22
IV.3.6. Fruto.....	22
IV.4. Polinización	23
IV.5. Fisiología	23
IV.5.1. Transporte de agua.....	23
IV.5.1.1. Potencial hídrico	24
IV.5.1.2. Transporte por xilema	25
IV.5.1.3. Transporte por floema.....	25
IV.5.2. Transpiración y control estomático.....	26
IV.6. Fenología.	27
IV.7. Plagas y enfermedades	27
IV.8. Maíz híbrido	28
V. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	30
V.1. Hipótesis	30

V.2. Objetivo general	30
V.3. Objetivo específico.....	30
VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
VI.1. Material Genético	31
VI.2. Ubicación del experimento en campo	31
VI.3. Manejo agronómico.....	32
VI.4. Diseño experimental y variables de respuesta.....	33
VI.5. Análisis Estadístico	36
VII. RESULTADOS	37
VII.1. Cuadrados medios de variables cuantitativas.	37
VII.1.2. Floración masculina, floración femenina y altura de planta.....	38
VII.1.3. Altura de mazorca, índice de posición mazorca y acame de raíz	38
VII.1.4. Acame de tallo, peso de olote, relación grano mazorca	39
VII.1.5. Rendimiento de mazorca y rendimiento de grano	43
VII.2. Asociación de variables cuantitativas de maíz híbrido blanco.....	44
VII.3. Regresión lineal de variables cuantitativas	45
VII.4. Cuadrados medios de variables cualitativas	47
VII.4.1 Número de Mazorcas con mala cobertura, Roya y Turcicum	48
VII.4.2. Mildew, aspecto de la planta y cobertura de mazorca	48
VII.4.3. Plantas con mazorcas, Intensidad de pudrición de mazorca y aspecto de la mazorca.....	49
VII.4.4. Número de pudrición de mazorcas	49
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
IX. CONCLUSIONES	56
X REFERENCIAS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (floración masculina, floración femenina y altura de planta	40
Figura 2. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (Altura de mazorca, índice de posición de mazorca y acame de raíz)	41
Figura 3. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (acame de tallo, peso de olote y relación grano mazorca.....	42
Figura 4. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (rendimiento de mazorca y rendimiento de grano)	43
Figura 5. Dependencia entre rendimiento de grano y acame de tallo	45
Figura 6. Dependencia entre rendimiento de grano y rendimiento de mazorca	46
Figura 7. Promedios de variables cualitativas, mazorca mal cubierta, Roya y Turcicum, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos	50
Figura 8. Promedios de variables cualitativas, mildew, aspecto de la planta y cobertura de la mazorca, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos.....	51
Figura 9. Promedios de variables cualitativas, plantas con mazorca, intensidad de pudrición de mazorca y aspecto de la mazorca, híbridos evaluados en PV-Tepalcingo, Morelos	52
Figura 10. Promedios de variables cualitativas, número de mazorcas podridas, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos	53

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación del maíz	20
Cuadro 2. Clasificación de estadios vegetativos y reproductivos de una planta de maíz..	28
Cuadro 3. Híbridos de maíz experimentales de grano blanco	31
Cuadro 4. Ubicación y características climáticas de la localidad del campo experimental	32
Cuadro 5. Cuadrados medios de variables cuantitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos	37
Cuadro 6. Cuadrados medios de variables cuantitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos	38
Cuadro 7. Correlaciones de variables cuantitativas.....	44
Cuadro 8. Cuadrados medios de variables cualitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos	47
Cuadro 9. Cuadrados medios de variables cualitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos	48

ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLO

Lista de abreviaturas

AM	Altura de mazorca
AP	Altura de planta
AR	Acame de raíz
ASPECMZ	Aspecto de la mazorca
ASPECPT	Aspecto de la planta
AT	Acame de tallo
COBMZ	Buena cobertura de mazorca
FF	Floración femenina
FM	Floración masculina
INTPUDRIMZ	Intensidad de pudrición de mazorcas
IPM	Índice de posición de la mazorca
MILDEW	Mildiu
MZMC	Mazorca con mala cobertura
NOPUDRIMZ	Número de pudrición de mazorcas
POLO	Peso de olote
PTASMZ	Plantas con mazorcas
REGM	Relación grano mazorca
RG	Rendimiento de grano
RM	Rendimiento de mazorca
ROYA	Roya
TURCICUM	Turcicum

Símbolos

*	Significativo al 0.05 de probabilidad
**	Significativo al 0.01 de probabilidad
®	Registro de productos

CV	Coeficiente de variación
mm	Milímetros
MSNM	Metros sobre el nivel del mar
p ha ⁻¹	Plantas por hectárea
R ²	Coeficiente de determinación o análisis de regresión
t ha ⁻¹	Toneladas por hectárea

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de grano de maíz blanco en el año 2023 fue aproximadamente de 1 235 700 000 t. De la cantidad anterior, los Estados Unidos de América aportaron 389 700 000 t, después le siguió China con 288 800 000 t. Mientras que Brasil y México, en el mismo año, reportaron números negativos (127 000 000 y 25 500 000 t de maíz, respectivamente) [Carbajal, 2024].

En México desde años atrás no se logra abastecer la demanda interna de grano de maíz; (en el 2012, la producción de este Cereal fue de 32.1 millones de toneladas) para el consumo humano y animal. Las importaciones de maíz en México comenzaron desde 1980, y a pesar de que se realizaron incrementos de 2.5 a 8.0 millones de toneladas de maíz del año 1994 al 2010, las tasas de rendimiento de grano fueron totalmente negativas (-0.32), puesto que los rendimientos promedio resultaron de 2.65 t ha⁻¹ en temporal y de 3.75 t ha⁻¹ con riego (Zamudio et al., 2015). En México, anualmente se siembran 8.5 millones de hectáreas de maíz, de las cuales 22 millones de toneladas es de maíz grano, por lo tanto, en las importaciones que se realizaron cada año son de siete a tres millones de toneladas de grano entero y quebrado, respectivamente. Debido al bajo rendimiento de este producto, se implementaron alternativas para elevar la producción de maíz a su máxima capacidad como es el uso de semillas híbridas (Tadeo et al., 2012).

Una de las razones principales que limitan el uso de híbridos simples son los problemas de producción de semilla; debido a que este tipo de híbridos provienen de dos líneas totalmente puras o endogámicas y por consecuencia genética dan bajos niveles de producción de semilla híbrida por unidad de superficie. Lo anterior conlleva a incrementar el costo de la producción de semilla híbrida de maíz. Una alternativa para resolver este problema es elaborar un alto rendimiento de semilla de maíz mediante el uso de híbridos formados con líneas endogámicas emparentadas, cuyo potencial sea diferente a los híbridos simples convencionales (Ortiz e Ibarra, 2012).

La semilla de maíz híbrido proporciona cualidades y características genéticamente mejoradas, con caracteres únicos, con el propósito de obtener un alto potencial de rendimiento, tolerancia a enfermedades y adaptación a las condiciones ambientales. Un híbrido se obtiene cuando una línea de maíz se fecunda por otra línea no aparentada genéticamente. La planta de progenitor hembra produce semillas y la planta progenitor macho proporciona el polen para fecundar a la hembra (MacRobert et al., 2015).

II. ANTECEDENTES

El fitomejoramiento en maíz (*Zea mays* L) permite desarrollar materiales híbridos capaces de adaptarse en diferentes condiciones climáticas. Este proceso *per se* genera la pérdida de la base genética debido a que se seleccionan genotipos con características deseables con base en la demanda de los productores de este cereal (Velasco et al., 2019).

Un híbrido simple se obtiene mediante el cruzamiento de dos líneas altamente endogámicas, donde cada una de las líneas se obtuvieron a través de autopolinización y selección posteriormente, las líneas se cruzan y producen un híbrido con vigor y de alto potencial de rendimiento. Cuando se habla de “vigor híbrido” se refiere al tamaño de planta, fructificación, velocidad de crecimiento y desarrollo, tolerancia a plagas, enfermedades y al estrés climático. Los híbridos simples, con base a los híbridos dobles y triples, son más exigentes en fertilidad, humedad, y condiciones climáticas adecuadas para que se manifieste un alto potencial productivo. En este sentido, los programas de mejoramiento genético para la formación de híbridos y variedades comerciales de maíz contemplan la generación de nuevas líneas con un alto potencial de rendimiento, buen comportamiento agronómico y buena aptitud combinatoria (Cieza et al., 2020).

Un híbrido trilineal se constituye por tres líneas endogámicas; en donde un par de ellas se cruzan para obtener al progenitor femenino, posteriormente este progenitor se cruza con la tercera línea (progenitor masculino). Una cruza doble se obtiene a partir de cuatro líneas. En primer lugar, se realiza el cruzamiento simple entre pares de líneas y posteriormente se cruzan las F1 generadas (Montiel et al., 2023).

Las empresas transnacionales y nacionales en sus programas de mejoramiento genético utilizan híbridos trilineales para la producción de semilla, debido a que representan una gran ventaja en su producción, es de menor costo y la interacción genotipo con el ambiente es

menor a diferencia de los híbridos dobles. Así mismo, se busca que los híbridos trilineales presenten una buena estabilidad, un alto rendimiento en grano y un alto porcentaje de adaptación en varios ambientes (López et al., 2019).

Las empresas semilleras de maíz de grano blanco poseen germoplasma que comercializan para zonas tropicales, en México se comercializan tanto en el sureste de país como la región centro y occidental. La empresa semillera Pioneer® distribuye el germoplasma: P4082W, P3966W, 30F96, P3575W, P4083W, 30F94, 30F35 y P4226; Asgrow®: A-7573, Antílope, Berrendo, Camaleón, Salamandra y Ocelote. La empresa semillera Dekalb® comercializa semillas híbridas: DK-6018, DK-457, DK-410, DK-357, DK-7088, DK-7500 y DK-390; y Brevant®: B3937, B3916 y B3993.

Por otra parte, las empresas semilleras nacionales realizan mejoramiento convencional para generar variedades híbridas que se incorporan a los mercados regionales. En este sentido, Agrícola el Caudillo SPR de RL comercializa el germoplasma en la región sur del Estado de Morelos. Los híbridos de grano blanco son Zapata 4, Zapata 7, Zapata 8, Zapata 10, Zapata 12, H-516, VS-535, H-318 y Costeño Mejorado. Existe otra empresa en la región oriente del Estado de Morelos que se denominada Prosasol® quien comercializa los materiales: Pro-1405, Pro-1404 Costeño Mejorado, H-516 y VS-535, los tres últimos materiales fueron generados por INIFAP. Berentsen® con Maíz imparable Trópico, Maíz SB-121 Trópico, Maíz SB-351 Trópico y Maíz SB-407 Trópico. Empresa Unisem® aporta los materiales de maíz grano blanco: Pegaso, Ares, y Euros. Aspros® comercializa los híbridos: supremos, Samurái, Aníbal, Titán, Coronel y General.

Existen evaluaciones que realizan instituciones públicas, por ejemplo, Lozano y colaboradores, en el 2015 determinaron las características agronómicas de híbridos blancos en cinco ambientes diferentes para los valles altos de México, los rendimientos en los híbridos oscilaron de 11.6 a 12 t ha⁻¹. Así mismo, existe el reporte de la modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de maíz blanco a través de múltiples

ambientes en donde reportaron rendimientos de grano de 29 híbridos trilineales a través de 15 ambientes, los rendimientos oscilaron de 4.2 a 7.2 t ha⁻¹.

Preciado y colaboradores en 2019 obtuvieron el híbrido H-388 O que tiene potencial de rendimiento, tolerancia al acame, la mazorca presenta buena cobertura, presenta un ciclo de madurez intermedio, porte alto, espiga larga, alta presencia de ramas laterales, mazorca sana de tamaño medio, con 18 a 24 hileras de granos, ligeramente en espiral, color blanco cremoso, textura semidentada y forma de la corona hendida. El H-388 O se evaluó durante el 2014, 2015 y 2016 en ocho ambientes subtropicales de México, con un rendimiento de grano promedio de 12.6 t ha⁻¹ (intervalo entre 7.0 y 16.2 t ha⁻¹), floración masculina de 68 a 80 d y femenina de 70 a 80 d; altura de planta de 170 a 355 cm y de mazorca de 83 a 200 cm.

Ramírez y colaboradores (2022) publicaron y registraron el híbrido H-392, el cual tiene ciclo de madurez intermedio-tardío (140 a 150 días a madurez fisiológica), se adapta a regiones productoras de maíz ubicadas entre los 1500 y 2000 m de altitud (subtropical-transición), tiene porte de planta alto (> 300 cm), altura de mazorca intermedia (entre 121 y 160 cm), hojas ligeramente curvadas, de color verde oscuro, mazorca larga de forma cónica-cilíndrica y grano H-392: semidentado de color blanco cremoso. Tolera el acame de raíz y tallo, así como pudriciones de mazorca. El híbrido H-392 en el trópico, el rendimiento promedio de grano del híbrido fue de 5877 kg ha⁻¹; en el subtrópico, el rendimiento fue de 10,608 kg ha⁻¹ y en la zona de transición (8266 kg ha⁻¹). Con respecto al comportamiento del híbrido H-392 en función del sistema de producción, en punta de riego, el rendimiento promedio de grano fue 13,692 kg ha⁻¹, en riego completo (13,319 kg ha⁻¹) y en temporal (6865 kg ha⁻¹).

En el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Iguala, Guerrero, México, generaron una variedad de maíz híbrido (H-568) para la región ecológica del trópico bajo mexicano (Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Morelos, Chiapas y Campeche) [Montiel *et al.*, 2023]. Dicho híbrido presenta características agronómicas tales como altura de planta (270-280 cm), ciclo

biológico intermedio-tardío (125 a 130 días), floración masculina a los 58 días y dos días después la femenina. Los rendimientos de grano oscilan de 5.6 a 9.5 t ha⁻¹ con potencial de rendimiento experimental de 11.0 t ha⁻¹.

Las empresas semilleras transnacionales generan híbridos con rendimiento de grano blanco óptimo; tal es el caso, del híbrido Dklb-2037 de la empresa Dekalb®, el cual es un híbrido de ciclo intermedio con tipo de grano dentado, buena inserción de mazorca, buena tolerancia al acame y a enfermedades. La altura de planta oscila de 250 a 265 cm y tiene una altura de mazorca de 135 a 150 cm. El rendimiento que se reportó en el bajío de México fue de 17 t ha⁻¹ en el año 2020. Por otra parte, se tiene el reporte de que el maíz híbrido Antílope de la empresa Asgrow® presenta una excelente estabilidad en ambientes de medio y alto potencial de rendimiento, una tolerancia al acame y fusarium. La altura de mazorca es de 143 a 153 cm, mientras que la altura de planta es de 272 a 290 cm; los días a floración son de los 75 a 77 días y el rendimiento de grano fue de 17.4 t ha⁻¹. Otro híbrido con rendimiento sobresaliente es el P3011W de Pioneer®, que de igual manera se recomienda para el bajío, por sus altos rendimientos en grano (18.3 t ha⁻¹), buena calidad y sanidad de grano, una excelente germinación, altura de planta de 2.95 m y altura de mazorca 1.55 m.

Finalmente existen empresas nacionales que ofertan híbridos de grano blanco, en este sentido; el híbrido H-516 de la empresa Prosasol® es el que se recomienda para la cuenca del Balsas, el material tiene una adaptación de 0 a 1900 msnm, una altura de 2.50 m, presenta tolerancia a estrés hídrico y un rendimiento de 10 a 12 t ha⁻¹. La empresa Unisem® posee el híbrido Euros, con una adaptación subtropical de madurez intermedia, una altura de planta de 250 a 275 cm, una altura de mazorca de 130 a 140 cm, y un rendimiento de grano de 8.5 t ha⁻¹. Se caracteriza por ser un híbrido vigoroso, robusto de buen porte. El híbrido Samurái de Aspros® posee un rendimiento de 19.02 t ha⁻¹. El material es de ciclo intermedio, adaptación de 1200 a 2100 msnm, altura de planta de 2.80 a 2.90 m y altura de mazorca de 1.30 a 1.40 m. La sanidad de mazorca es de buena cobertura.

El rendimiento de grano blanco a nivel nacional y estatal en el año 2022 fue de 3.0 y 4.33 t ha⁻¹, nacional y estatal, respectivamente. Los rendimientos son bajos debido a la interacción entre el genotipo y los diferentes ambientes de producción, a partir del mes de enero del año 2022 hasta la fecha el incremento de las alzas de maíz se encuentra por los cielos en un promedio del 27.7 % a nivel mundial. Los incrementos de maíz están relacionados por la invasión de Rusia a Ucrania, dos países que por su parte son grandes productores y exportadores de granos. Los dos aportaban aproximadamente alrededor del 14 % de las exportaciones mundiales de maíz.

A principios del 2021 el precio del maíz aumento un 44 % según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aumentando su demanda por la recuperación “post” COVID y los bajos rendimientos en el campo, asociadas además a temperaturas extremas reportadas (Gonzales, 2022). En el 2022 se incrementaron significativamente los costos de producción de grano de maíz a nivel internacional causados por el conflicto armado de Ucrania y Rusia. Esto representó un incremento del 29% en los costos de producción (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura-FIRA, 2023).

III. JUSTIFICACIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes dentro de la canasta básica de la población mexicana. Su importancia radica en que es la fuente de energía para que una persona desarrolle sus actividades vitales o de trabajo para activar la economía local, sectorial y nacional. Por lo que este cultivo está directamente relacionado a la seguridad alimentaria. Los rendimientos nacionales (3.5 t ha^{-1}) no satisfacen la demanda de la población, esto promueve la necesidad de importar granos al país. Los principales problemas que afectan este rendimiento a nivel nacional son la inadecuada distribución de precipitación pluvial, la poca fertilidad de suelos, el manejo agronómico deficiente y la presencia de plagas y enfermedades (Alberto et al., 2017).

Las empresas semilleras nacionales realizan mejoramiento genético en maíz para satisfacer las necesidades de los productores de las regiones del trópico, subtropical y valles altos del país. Actualmente, lo que se busca en un maíz híbrido es su tolerancia a sequías extremas, rendimiento óptimo por hectárea, buena cobertura de mazorca, adaptabilidad en diferentes tipos de suelos, mayor peso específico de grano en maíz, tallos rígidos, alto porcentaje de germinación y una buena calificación estándar en el aspecto de la planta.

El propósito de esta investigación fue estudiar e incorporar nuevos materiales híbridos de germoplasma en maíz blanco a través de un ensayo de rendimiento de híbridos trilineales de la Empresa Semillera "Agrícola el Caudillo" S. P. R. de R. L. para su comercialización en la región oriente sur del Estado de Morelos. Las compañías semilleras mexicanas de maíz han actualizado sus catálogos de productos para atender de primera necesidad a pequeños agricultores de zonas rurales, debido a que ofrecen, híbridos de alto rendimiento y tolerantes a condiciones de temporal, donde las ventas han dado un incremento del 70% en estos últimos años. Se siguen obteniendo materiales híbridos de varias empresas nacionales entre ellas la empresa Agrícola el Caudillo S. P. R. de R. L. cuyo objetivo es posicionarse en el mercado de semillas en México compitiendo con las empresas transnacionales.

En adición a lo anterior, se establece que en cualquier programa de mejoramiento genético es indispensable realizar la caracterización de cada material híbrido a través de caracteres cuantitativos y cualitativos. Los caracteres cuantitativos se encuentran la floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, índice de posición de la mazorca, acame de raíz, acame de tallo, peso de olote, relación grano mazorca, rendimiento de mazorca y rendimiento de grano. Mientras que los caracteres cualitativos de relevancia son la tolerancia a roya (*Puccinia graminis*), turcicum (*Setosphaeria turcica*), mildew (*Pseudoperonospora cubensis*), aspecto de la planta y cobertura de mazorca.

Con base a lo anterior, se persiguió obtener un germoplasma híbrido que se adapte a las condiciones agroclimáticas de la región oriente sur para contribuir con la seguridad alimentaria de la población de esta región del país. Por otra parte, con base al precio de semilla híbrida certificada, las empresas transnacionales proporcionan precios por saco de semilla de 20 kg de \$ 4000.00 a \$ 5000.00, mientras que las empresas nacionales, en el estado de Morelos, sus precios no rebasan los \$ 2000.00 por un saco de maíz híbrido certificado, hay una gran diferencia entre el rango económico de ciertas empresas mexicanas a empresas extranjeras. La semilla de empresas locales tiene un valor accesible para los productores.

IV. MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

IV.1. El cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta que pertenece a la familia Poaceae. Es una planta anual con vainas foliares, laminas alternadas anchas, inflorescencias femeninas y flores estaminadas, que a su vez forman inflorescencias masculinas (Corcuera, 2012). El maíz es una planta con vía de fijación de carbono tipo Hatch-Slack o C4 con alta actividad fotosintética y un potencial en la producción de carbohidratos (Simón y Golik, 2018).

El maíz es un cereal de mayor importancia dentro de la canasta básica en todo el mundo. Siendo uno de los principales alimentos de millones de personas, sobre todo en América y Asia. Se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo. Al principio los taxónomos habían clasificado los géneros *Zea* y *Euchlaena* como dos géneros por separado, sin embargo, actualmente con base a la compatibilidad para la hibridación entre estos grupos de plantas y estudios citogenéticos, se acepta y considera que ambas pertenecen al único genero *Zea* (Sánchez y Pérez, 2014).

IV.1.1. Origen

El maíz se domesticó muy probablemente en el sur de México, hace aproximadamente 6.000 a 10.000 años AC., a una altitud de 2500 metros sobre el nivel del mar. Los parientes silvestres del maíz fueron conocidos como “teocintle” que incluyen especies gramíneas anuales como *Zea luxurians* y *Zea mays* y como perennes (*Zea mays* subsp *parviglumis*). Existe una teoría multicéntrica donde se plantea que el maíz se originó y domesticó en México (Chiapas) y el occidente de Guatemala. Sin embargo, actualmente existe el planteamiento de que el maíz tuvo origen unicentrico que comprende la parte central de la

cuenca del río Balsas (Michoacán, Guerrero, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Estado de México) siendo monofilético de la raza teocintle (Azurdia, 2014).

IV.2. Taxonomía del maíz

La clasificación taxonómica del maíz se observa a continuación:

Cuadro 1. Clasificación del maíz.

Reino	Vegetal
División	Spermatofitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Gumifloras
Familia	Gramíneas
Genero	Zea
Especie	mays L.

Fuente: Hurtado y Alarcón, (2019).

IV.3. Morfología

La estructura morfológica general de una planta de maíz se constituye en primer plano por un sistema radical fibroso o raíz fasciculada, brotes basales en los ejes centrales, ramificaciones en sus puntos de crecimiento laterales donde se forma la mazorca (inflorescencia femenina) y en la parte superior se sitúa la panoja (inflorescencias masculinas) [Somarriba, 1998].

IV.3.1. Sistema radical

El sistema radical comprende tres tipos de raíces muy importantes en las plantas; raíz primaria (o seminal) que se origina por el punto de partida del embrión (específicamente de la plúmula), la cual es una raíz temporal y desaparece su función cuando aparecen las

raíces principales. Las raíces principales, laterales y capilares son responsables de la nutrición de la planta durante todo el ciclo vegetativo. Finalmente, el sistema de raíces aéreas o adventicio, emerge ya sea de hojas o tallos (Espinoza et al., 2012).

IV.3.2. Tallo

El tallo está compuesto por nudos y entrenudos que sostienen a las hojas, flores y frutos. El tallo realiza el transporte de fotosintatos (carbohidratos y otros compuestos que se producen en la fotosíntesis) hasta las raíces. Posee una médula típica que contienen las 'Poáceas, la cual sirve como lugar de almacenamiento para los fotosintatos de las hojas y desde allí son translocados a los granos en desarrollo de elote.

En dirección opuesta y alterna se encuentran las yemas, cada yema representa potencialmente una mazorca, desarrollándose normalmente una, pudiendo existir variedades que pueden desarrollar de dos a 3 mazorcas (Simón y Golik, 2018).

IV.3.3. Hojas

Las hojas son un órgano vegetativo de láminas verdes, planas y delgadas. Las láminas pueden medir aproximadamente 1,5 m de longitud y 10 cm de ancho. Las primeras hojas que se forman en la planta no se consideran como una hoja verdadera si no que a partir de la segunda hasta la séptima hoja se duplica el área foliar; de manera que la planta a medida que realiza su crecimiento y desarrollo puede perder de tres hasta cinco hojas en su periodo fenológico por las causas siguientes: falta de nutrientes, engrosamiento del tallo, alargamiento de entrenudos, enfermedades foliares, etcétera (Somarriba, 1998).

IV.3.4. Macollos

Los macollos son ramificaciones que se derivan por yemas de nudos subterráneos y evita que los entrenudos no se desarrollen de manera satisfactoria. Los brotes pueden producir de 8 a 10 nudos subterráneos por planta, emiten un vástago que tiene su propio sistema radical (Simón y Golik, 2018).

IV.3.5. Flores

El maíz es una especie monoica y exógama, las inflorescencias del maíz constan de flores masculinas (panoja) y flores femeninas (mazorca). Las flores masculinas se encuentran ubicadas en la parte superior del tallo, produciendo alrededor de 2-5 millones de granos de polen.

Las inflorescencias femeninas son ramificaciones laterales formadas por un raquis central esponjoso, las cuales están sujetas a todas las flores femeninas. Cada espiguilla posee dos flores, una emite su estilo y otra es abortada (antecio fértil y estéril), de tal forma que solo un grano se genera por el antecio fértil. Una mazorca bien formada puede producir alrededor de 600 - 1000 granos de maíz (Obando, 2019).

IV.3.6. Fruto

El grano de maíz es un fruto llamado cariósida monosperma y consta de tres partes muy fundamentales: pericarpio, endospermo, y el germen o embrión. El embrión se origina por la fusión de un núcleo espermático y la ovocélula, es diploide y a partir de éste se origina una nueva plántula cuando el grano o semilla activa su proceso germinativo. Mientras que el endospermo se deriva de la fusión de un núcleo espermático y dos núcleos polares (endospermo y es un cigoto triploide) cuya función es nutrir la elongación de la plúmula y la radícula cuando comienza el proceso de germinación o su desarrollo vegetativo. En el

endospermo se encuentra la reserva energética que constituye hasta un 80 % del peso del grano (90 % almidón y 9 % proteína, y trazas de minerales, aceites y otros compuestos). El pericarpio es la capa externa del grano que le da la protección al grano (Parera, 2017).

IV.4. Polinización

La producción de polen inicia generalmente dos a tres días antes de la aparición de los primeros estigmas, continuando por 5, 8, hasta 14 días más, llegando a la dispersión total máxima de polen. El periodo típico de diseminación se origina principalmente entre las 9:00 y 11:00 de la mañana. Normalmente la liberación del polen comienza por las espiguillas de la mitad superior de la espiga central de la panoja y termina en el extremo apical de las espigas laterales más bajas (Delgado, 2016).

IV.5. Fisiología

La fisiología vegetal es la ciencia que estudia los procesos metabólicos de las plantas, es decir cómo funcionan y que es lo que las mantienen vivas. Explica mediante leyes físicas y químicas, el modo en que las plantas utilizan la energía de la luz para sintetizar, a partir de sustancias inorgánicas, moléculas orgánicas con las que se construyen las complejas estructuras que forman su cuerpo (Muñoz, 2016).

IV.5.1. Transporte de agua

Existen tres vías de movimiento de agua a través del córtex de la raíz. *Vía apoplástica*, transporte de agua por pared celular, *vía plástica*, comprende el movimiento interior del citoplasma, así como de célula en célula a través de poros con membrana plasmática que recubren su interior (plasmodesmos), de los cuales atraviesan las paredes celulares. *Vía transcelular o transmembranosa*, comprende un movimiento interior de la célula, donde el

agua circula entre las células fundamentales a través de las paredes celulares y las membranas, pero no son vía plasmodesmos (Sierra et al., 2016).

IV.5.1.1. Potencial hídrico

El agua es un fluido cuyas moléculas se encuentran en constante movimiento. Las moléculas de agua tienen la capacidad de moverse en un sistema particular dependiendo de su energía libre. Sin embargo, la magnitud más empleada para medir el estado libre de agua es el potencial hídrico. El potencial hídrico, utilizado por los fisiólogos, derivan de esta magnitud. Constituye la resultante de fuerzas de orígenes diversos (osmótica, capilar, imbibición, turgente, etc.) que liga el agua al suelo o a los tejidos del vegetal (De Colombia, 2019).

El potencial hídrico de una planta consta de tres componentes como: potenciales de presión, solutos y mátricos, respectivamente, en la célula o tejido vegetal. Para entender la naturaleza y la contribución de los diferentes potenciales componentes del potencial hídrico. Se toma como referencia una célula adulta que consta de tres fases distintas: una pared celular elástica, el citoplasma con el núcleo y orgánulos y, por último, una vacuola central que contiene una solución diluida de azúcares, iones y ácidos orgánicos etc. La vacuola que llega a ocupar entre el 80 y 90 % del volumen total de la célula, se encuentra rodeada por el tonoplasto (membrana semipermeable). Por tanto, los intercambios del agua celular están controlados por la vacuola y las células parenquimáticas en comportamiento como osmómetros (medición de osmolaridad de soluciones acuosas (Azcón y Talón, 2008).

El potencial osmótico está determinado por concentraciones de sustancias osmóticamente activas en la vacuola y es idéntico a la presión osmótica del jugo vacuolar. En una célula vegetal siempre posee valores negativos, que varían con el volumen celular, siendo más próximo al cero en células hidratadas (Lara y Monter, 2002).

La presión de turgencia se denomina cuando el agua entra a la célula, el volumen vacuolar aumenta y la presión es ejercida sobre las paredes celulares. Al mismo tiempo, se desarrolla en dirección opuesta una presión igual a la turgencia, es decir desde las paredes interiores de las células. Esta última presión, denominada presión de pared, actúa como una presión hidrostática, aumenta el estado energético del agua en la célula y representa el potencial de presión celular (Raggio y Moro, 2008).

IV.5.1.2. Transporte por xilema

Las células conductoras en la xilema tienen anatomía especializada que les permiten transportar grandes cantidades de agua con mucha eficiencia. Hay dos tipos de elementos traqueales en la xilema: traqueidas y elementos de vasos. En las angiospermas, el agua se mueve a través de vasos, elementos que durante la maduración pierden su citoplasma, desarrollan paredes perforadas y se fusionan en hileras para formar tubos largos. En las gimnospermas, el elemento conductor es la traqueida. Las traqueidas son células largas conductoras de xilema con forma de uso que se encuentran solapadas de forma vertical (Taiz y Zeiger, 2009).

IV.5.1.3. Transporte por floema

El floema es un tejido conductor que transporta productos de la fotosíntesis, azúcares, aminoácidos y otras materias orgánicas (savia elaborada) desde las hojas maduras hasta las zonas de crecimiento y reserva, incluyendo las raíces (Romero, 2018).

En el floema de las angiospermas, el canal de transporte es por el tubo criboso, una serie longitudinal de elementos cribosos unidos por sus paredes terminales que están profundamente perforadas formando placas cribosas. Cada una de las células del tubo criboso recibe el nombre de elemento de los tubos. En el floema primario, el tubo criboso se forma a partir de elementos del procambium o meristema primario, y su diferenciación

procede en sentido acrópeto de modo gradual hasta inmediata vecindad de los meristemos apicales. En el floema secundario, los tubos cribosos se originan por la diferenciación simultánea de una serie longitudinal de derivadas fusiformes del cambium vascular, que se extiende desde el ápice del tallo y las hojas hasta el extremo de la raíz (Coll et al., 2019).

IV.5.2. Transpiración y control estomático

La transpiración se define como la pérdida de agua en la planta en forma de vapor. Aunque de alguna manera se pueden perder pequeñas cantidades de vapor de agua a través pequeños orificios o aberturas llamadas lenticelas, situadas en la corteza del tallo y en las ramas jóvenes (Montoro et al., 2016).

La cutícula juega un papel muy importante a base de la pérdida de agua en las células, ya que, en superficies externas, las hojas típicas de una planta vascular tienden a obtener un depósito céreo, cuya función es restringir la evaporación del agua de las superficies externas de las células epidérmicas foliares, protección de células epidérmicas y a las del mesófilo subyacente de un potencial de desecación letal (Azcón y Talón, 2008).

Los estomas son poros u ostiolas rodeados por dos células oclusivas o de guarda, que forman parte de la epidermis de la planta. Los estomas poseen estructuras protectoras especiales, o el poro está parcialmente ocluido por ceras que atribuyen a aumentar la resistencia difusiva. Tanto la frecuencia como el tamaño puede variar en función de la posición foliar y de las condiciones de crecimiento. Por las noches cuando no hay fotosíntesis, no existe demanda de CO₂ en el interior de las hojas, las aberturas estomáticas se reducen, impidiendo la pérdida innecesaria de agua. Sin embargo en la mañana cuando el suministro de agua es de mucha abundancia y la radiación favorece la actividad fotosintética, la demanda del CO₂ es grande, los poros estomáticos están muy abiertos, disminuyendo la resistencia estomática a la difusión de CO₂ (Squeo y Cardemil, 2007).

IV.6. Fenología

El desarrollo fenológico del maíz comprende el comportamiento de las fases o etapas de crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo en función de los cambios morfológicos y fisiológicos de la planta, relacionados con el ambiente.

Las fases de estadio vegetal (V) son designadas como V1, hasta V(n), siendo (n) la última hoja antes de la espiga o panojamiento (VT). De tal forma que una vez llegando al estadio VT (panojamiento), se consideran seis fases de reproducción y desarrollo de grano. La descripción de R2, R3 Y R4. Si bien generalmente se aplican en todos los granos de mazorca, pero los granos correspondientes a la parte central de la mazorca son los usados para determinar la etapa (Ritchie, 2002).

Cuadro 2. Clasificación de estadios vegetativos y reproductivos de una planta de maíz.

<u>Etapas vegetativas</u>	<u>Etapas reproductivas</u>
Emergencia (VE)	Estigmas visibles (R1)
Primera hoja (V1)	Grano en ampolla (R2)
Segunda hoja (V2)	Grano lechoso (R3)
Tercera hoja (V3)	Grano masoso (R4)
Enésima hoja (Vn)	Identación (R5)
Espigamiento (VT)	Madurez fisiológica (R6)

Fuente: Ritchie (2002).

IV.7. Plagas y enfermedades

El cultivo de maíz es susceptible a numerosas plagas y enfermedades que afectan el desarrollo de la planta. Desde el momento de siembra, hasta la última etapa de su fenología. Entre las plagas más dañinas que atacan al cultivo son clasificadas por el grupo de palomillas y escarabajos conocidas como: gusanos soldados (*Agrotis ipsilon*), eloteros (*Helioverpa zea*), barrenadores (*Cochliomyia hominivorax*), raíz (*Delia radicum*), alambre (*Agriotes spp*), gallina ciega (*Phyllophaga spp*), barrenadores del grano (*Prostephanus*

truncatus) y gorgojos (*Curculionidae*). En orden de importancia hay un grupo de insectos que actúan como transmisores de virus, micoplasmas, bacterias y hongos, entre los que succionan sabia (los pulgones y chicharritas) [Deras, H. 2020].

Se estima que el 40 y 48%, establece las pérdidas de rendimientos de los cultivos de maíz por efecto de plagas a nivel mundial, con pérdidas en el campo de un 33% a 35 % y en post cosecha un 10 a 20%. Las pérdidas causadas por plagas y enfermedades en el cultivo de maíz son cuantiosas, dañando el cultivo de distintas formas. Daños foliares (reducen la producción de carbohidratos), daños en el tallo (plantas susceptibles al acame), pudriciones de mazorca y grano (disminución de rendimiento) (Somarriba,1998).

IV.8. Maíz híbrido

Un maíz híbrido se produce cuando el polen de una línea endogámica es utilizado para polinizar estimas de otra línea endogámica. La planta productora de semilla se denomina progenitora hembra, en tanto la planta que proporciona el polen para fecundar se denomina progenitor macho (Endicott et al., 2015).

En los programas de mejoramiento genético, el desarrollo de líneas progenitoras con un alto potencial de rendimiento es de importancia en la producción comercial de semilla. De manera que en etapas finales el fitomejorador podrá evaluar los genotipos en diferentes localidades, aquellos que posean un potencial sobresaliente, una buena adaptación, capacidad de producir buena cantidad y calidad de semilla y tolerancia a principales enfermedades de una planta (Sánchez, et al., 2016).

Los híbridos más comunes son los de cruza simple, doble y triple. Un híbrido de cruza simple se produce por el cruzamiento de dos líneas endocriadas (hembra y macho), cuya característica principal es que, la producción de semilla tiene altos costos y bajos rendimientos de sus progenitores especialmente el femenino. Sin embargo, los híbridos simples tienen mayor potencialidad de rendimiento de grano y máxima uniformidad. La cruza

doble, se obtiene al combinar dos cruza simples, seleccionando cuatro líneas puras. La cruza triple es la combinación de un híbrido de cruza simple con una línea pura, primero se forma la cruza simple y después en el segundo ciclo se cruza con la línea pura. Sus potenciales de rendimiento de grano son bajos a comparación de las simples y son menos uniformes, pero con mayor capacidad de adaptativa (Sierra et al., 2016).

V. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

V.1. Hipótesis

Con base en la caracterización de germoplasma híbrido de maíz blanco, el cual puede ser promisorio para adaptarse en la región oriente sur del Estado de Morelos, al menos un material híbrido pudiera ser candidato a presentar potencial de rendimiento y adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de evaluación.

V.2. Objetivo general

Determinar las variables cuantitativas y cualitativas de maíz híbrido de grano blanco a través de un ensayo de rendimiento para seleccionar el germoplasma más productivo para la región oriente sur del Estado de Morelos.

V.3 Objetivo específico

1. Determinar la selección de materiales híbridos de maíz blanco más promisorios que posean un alto potencial de rendimiento y adaptabilidad.

VI. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

VI.1. Material genético

El material genético del maíz de grano blanco lo constituyeron 16 híbridos cuya genealogía se describe en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Híbridos de maíz experimentales de grano blanco.

Denominación	Tipo de cruza	Empresa
LTHW01	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW10	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW12	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW01	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW04	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW15	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW08	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW09	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW07	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW13	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW16	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW06	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW05	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW11	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW14	TRIPLE	SEMILLAS Aca
LTHW03	TRIPLE	SEMILLAS Aca

Fuente: Elaboración propia con la información de la ficha técnica de cada material.

VI.2. Ubicación del experimento en campo

La evaluación agronómica experimental de los 16 híbridos de maíz blanco de la empresa Agrícola El Caudillo S. P. R. de R. L., se realizó en la localidad de Tepalcingo, Morelos, México en el campo denominado “Campo el Zacate” (Cuadro 4).

VI.3. Manejo agronómico

La siembra se estableció en el ciclo Primavera-Verano el día 30 de junio del 2020, se depositó una semilla por punto a una densidad poblacional de 60,000 p ha⁻¹, con una distancia de 5 m por surco y una distancia entre surco de 0.8 m.

Durante el ciclo vegetativo de la planta (de V4 a V6) se aplicó 7 sacos de YaraMila® STAR por hectárea, (74 kg de nitrógeno, 51 kg de fósforo y 11 kg de potasio); posteriormente, se aplicó 6 bultos de Nitromag por hectárea en prefloración 81 kg de nitrógeno, 18 kg de óxido de calcio y 12 kg de óxido de magnesio.

El control de malezas se realizó con 4 L ha⁻¹ de glifosato + 300 ml ha⁻¹ de sellador Adengo® de tipo pre-emergente; posteriormente, al paso de los días se aplicó Gramocil® (4 L ha⁻¹). El control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se controló con Foley max® 1.5 % en polvo con dosis de 20 kg ha⁻¹. Posteriormente se aplicó Exalt® (100 mL ha⁻¹), Coragen® (100 mL ha⁻¹) y Pounce® (Permetrina, 10 kg ha⁻¹).

Cuadro 4. Ubicación y características climáticas de la localidad del campo experimental.

Localidad	Latitud N	Longitud W	Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Clima
Tepalcingo, Mor	18° 26'	98° 18'	1160	885.3	Tropical- cálido subhúmedo 24.3°C

Fuente: (Sánchez, 2019).

VI.4. Diseño experimental y variables de respuesta

El diseño experimental fue bloques incompletos al azar, con 2 repeticiones y 16 entradas. La unidad experimental la constituyó dos surcos de 5 m de largo, la distancia entre surcos fue de 0.80 m, y entre plantas de 0.20 m. Las variables que se determinaron en la evaluación agronómica de los híbridos de grano blanco se clasificaron, como se muestra a continuación:

Variables agronómicas cuantitativas

- Días a floración masculina (FM). Consistió en determinar el total de días transcurridos, desde el momento de siembra hasta que el 50 % de las plantas de la unidad experimental se encontraron en la etapa de liberación de polen.
- Días a floración femenina (FM). Consistió en determinar el total de días transcurridos, desde el momento de siembra hasta que el 50 % de las plantas por unidad experimental mostraron estigmas expuestos y receptivos.
- Altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM). La altura de planta consistió en medir 5 plantas por unidad experimental desde la base del tallo hasta punta de la panoja. La altura de mazorca se determinó a través de medir desde la base del tallo hasta el nudo donde se inserta la mazorca principal. Ambas variables se determinaron en cm.
- Acame de raíz (AR) y Acame de tallo (AT). El acame de raíz se determinó a través de cuantificar el número de plantas por unidad experimental que mostraron más de 45° de inclinación con relación al eje vertical de la planta.
- Peso de mazorca (PM). Se cosecho la totalidad de mazorcas por unidad experimental.

- Rendimiento de grano, ajustado al 15.5 % de humedad (RG). Se cosechó la totalidad de plantas en la unidad experimental 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 realizó un ajuste de covarianza para tener un mejor manejo de los datos. La humedad del grano se determinó al momento de la cosecha (HC) y se utilizó un determinador de humedad GAC 2500-INTL en 5 mazorcas desgranadas al azar de cada unidad experimental.
- Peso de olote (PO). Para determinar el peso de olote se seleccionaron 5 mazorcas al azar de cada unidad experimental y se registró el peso del olote y se expresó en gramos.
- Peso de grano (PG). Para determinar el peso de grano se seleccionaron 5 mazorcas al azar, se desgranaron y se registró el peso de grano de las cinco mazorcas, se expresó en gramos.
- Relación grano/mazorca (REGM). Esta variable se obtuvo a través de dividir el rendimiento de grano entre el rendimiento de mazorca.
- Índice de posición de la mazorca (IPM). Esta variable se obtuvo a través de dividir la altura de mazorca principal entre la altura de planta.

Variables cualitativas

- Aspecto de la planta (ASPECPT). Para determinar el aspecto de la planta, se estableció una calificación del 1 al 5, para calificar el porte del fenotipo de las plantas en cada unidad experimental.
- Número de mazorcas con mala cobertura (MZMC). Se cuantificó el número de mazorcas por unidad experimental que presentaron una cobertura anormal de las brácteas en la mazorca.
- Buena Cobertura de mazorca (COBM). Se cuantificó el número de mazorcas por unidad experimental que presentaron una cobertura óptima de las brácteas en la mazorca.
- Número de plantas con mazorcas (PTASMZ). Se contabilizó por unidad experimental la cantidad de plantas que produjeron mazorcas.
- Pudrición de mazorca (NOPUDRIMZ). Se determinó el número de mazorcas con presencia de pudrición por patógenos y plagas.
- Aspecto de mazorca (ASPECMZ). Se estableció una calificación del 1 al 5, el 1 correspondió al tamaño óptimo de mazorca y el 5 consistió en un tamaño desfavorable.
- Grado de intensidad de mazorcas podridas (INTPUDRIMZ). Se estableció una escala del 1 al 5 para el grado de infestación de mazorcas podridas, donde 1 es un daño menor y 5 es muy intenso.

- Roya (ROYA). Se realizó un conteo de plantas enfermas que mostraron síntomas de roya en cada unidad experimental.
- Turcicum (TURCICUM). Se realizó un conteo de plantas enfermas con sintomatología de turcicum en cada unidad experimental.
- Mildew (MILDEW). Se realizó un conteo de plantas enfermas con sintomatología de mildew en cada unidad experimental.

VI.5. Análisis estadístico

Las variables medidas se probaron para normalidad. Los datos se procesaron por medio de análisis de varianza bajo el diseño de bloques incompletos al azar, prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$) y análisis correlación fenotípica y regresión lineal simple. La totalidad de los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Statistical Analysis System (SAS) [SAS, 1999].

VII. RESULTADOS

VII.1. Cuadrados medios de variables cuantitativas

Los cuadrados 5 y 6 muestran los cuadrados medios de los caracteres cuantitativos del germoplasma de grano blanco. En la fuente de variación de repeticiones se detectaron diferencias estadísticas al 0.01 de probabilidad en las variables peso de olote, rendimiento de mazorca y rendimiento de grano. Así mismo la fuente de variación que refiere a los híbridos (entradas) se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$) en todas las variables excepto en acame de raíz y tallo. Los coeficientes de variación oscilaron de 1.04 a 45.74, estos valores corresponden a relación grano mazorca y al acame de raíz, respectivamente.

Cuadro 5. Cuadrados medios de variables cuantitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos.

FV	FM	FF	AP	AM	IPM	AR
REP	1.49NS	1.62NS	0.97NS	3.1NS	0.000042NS	0.063NS
BLO(REP)	0.029NS	0.076NS	12.95NS	18.17NS	0.00018NS	0.097NS
ENT	2.33**	2.30*	225.92**	156.87**	0.00088**	0.15NS
ERROR	0.57	0.73	23.82	24.44	0.00014	0.191
CV	1.132	1.24	1.5	2.92	2.28	45.74
MEDIA	67	68.97	324.59	169.06	0.52	0.95
R2	0.85	0.82	0.93	0.89	0.9	0.50

FV= Fuente de variación, FM= floración masculina, FF= floración femenina, AP= altura de planta, AM= altura de mazorca, IPM= índice de posición de la mazorca, AR= acame de la raíz, NS= no significativo, *= significativo al 0.05 de probabilidad, **= significativo al 0.01 de probabilidad.

Cuadro 6. Cuadrados medios de variables cuantitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos.

FV	AT	POLO	REGM	RM	RG
REP	0.11NS	1398.74**	0.000019NS	6.75**	5.72**
BLO(REP)	0.0.064NS	75.28NS	0.000088NS	0.25NS	0.32NS
ENT	0.054NS	821.77**	0.00056**	1.49**	1.63**
ERROR	0.073	120.7	0.000076	0.16	0.18
CV	32.56	6.06	1.04	4.14	5.39
MEDIA	0.83	181.09	0.84	9.85	7.9
R2	0.53	0.91	0.9	0.94	0.93

FV= Fuente de variación, AT= acame de tallo, POLO= peso de olote, REGM= relación grano mazorca, RM= rendimiento de mazorca, RG= rendimiento de grano, NS= no significativo, *= significativo al 0.05 de probabilidad, **= significativo al 0.01 de probabilidad.

VII.1.2. Floración masculina, floración femenina y altura de planta

En la Figura 1 se analiza el comportamiento de tres variables cuantitativas. Se observa que los mariales LTHW04 y LTHW12 fueron los más tardíos con 68.5 d, mientras que el híbrido LTHW05 resultó ser el más precoz con 64.5 d. En la floración femenina los materiales LTHW04 y LTHW12 fueron tardíos 70.5 d y el más precoz fue el híbrido LTHW05 66.5 d. El híbrido LTHW16 obtuvo la mayor altura de planta con 345 cm y LTHW10 la menor, 300 cm.

VII.1.3. Altura de mazorca, índice posición de la mazorca y acame de raíz

En la Figura 2 muestran los híbridos con mayor altura de mazorca, LTHW04 (183 cm), LTHW16 (179 cm) y LTHW09 (177.5 cm); los de menor altura fueron LTHW08 (150 cm) LTHW02 (158 cm) y LTHW10 (158.5 cm). El índice de posición de la mazorca, los materiales que estuvieron por encima de la parte media de la planta fueron los híbridos LTHW04 (0.56), LTHW07 (0.55), LTHW01 (0.54) y los híbridos con un índice por debajo de la mitad de la altura de planta fueron: LTHW08 (0.48), LTHW02 (0.48), LTHW01 (0.49). Con relación al acame de raíz, el híbrido LTHW09 presentó el mayor número de plantas acamadas; mientras que los materiales LTHW02, LTHW07, LTHW10 obtuvieron el mínimo

VII.1.4. Acame de tallo, peso de olote y relación grano mazorca

Los datos del acame de tallo, peso de olote y relación grano mazorca se observan en la Figura 3. El material con mayor número de plantas acamadas es el LTHW10 y el de menor son: LTHW16, LTHW15, LTHW06. Los híbridos con menor peso de olote promedio de 135 a 165 gramos son: LTHW05, LTHW10 y LTHW01, por tanto, los que obtuvieron un peso superior de 205 a 220g fueron: LTHW12, LTHW03 y LTHW02. Para relación grano/mazorca, el híbrido de mayor coeficiente es LTHW05 y los de menor coeficiente LTHW03, LTHW16, LTHW15, LTHW12 y LTHW11.

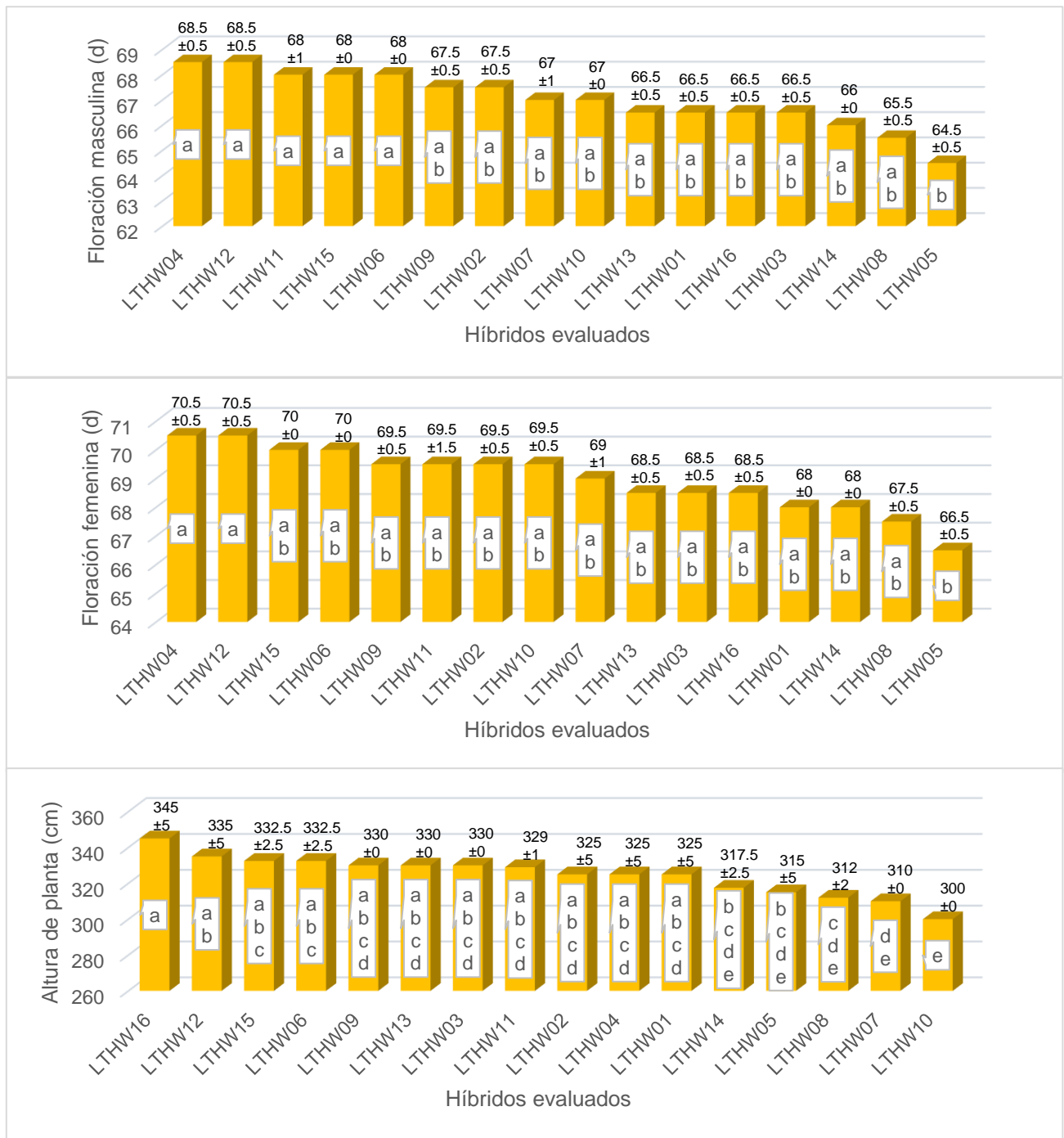


Figura 1. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (floración masculina, floración femenina y altura de planta).

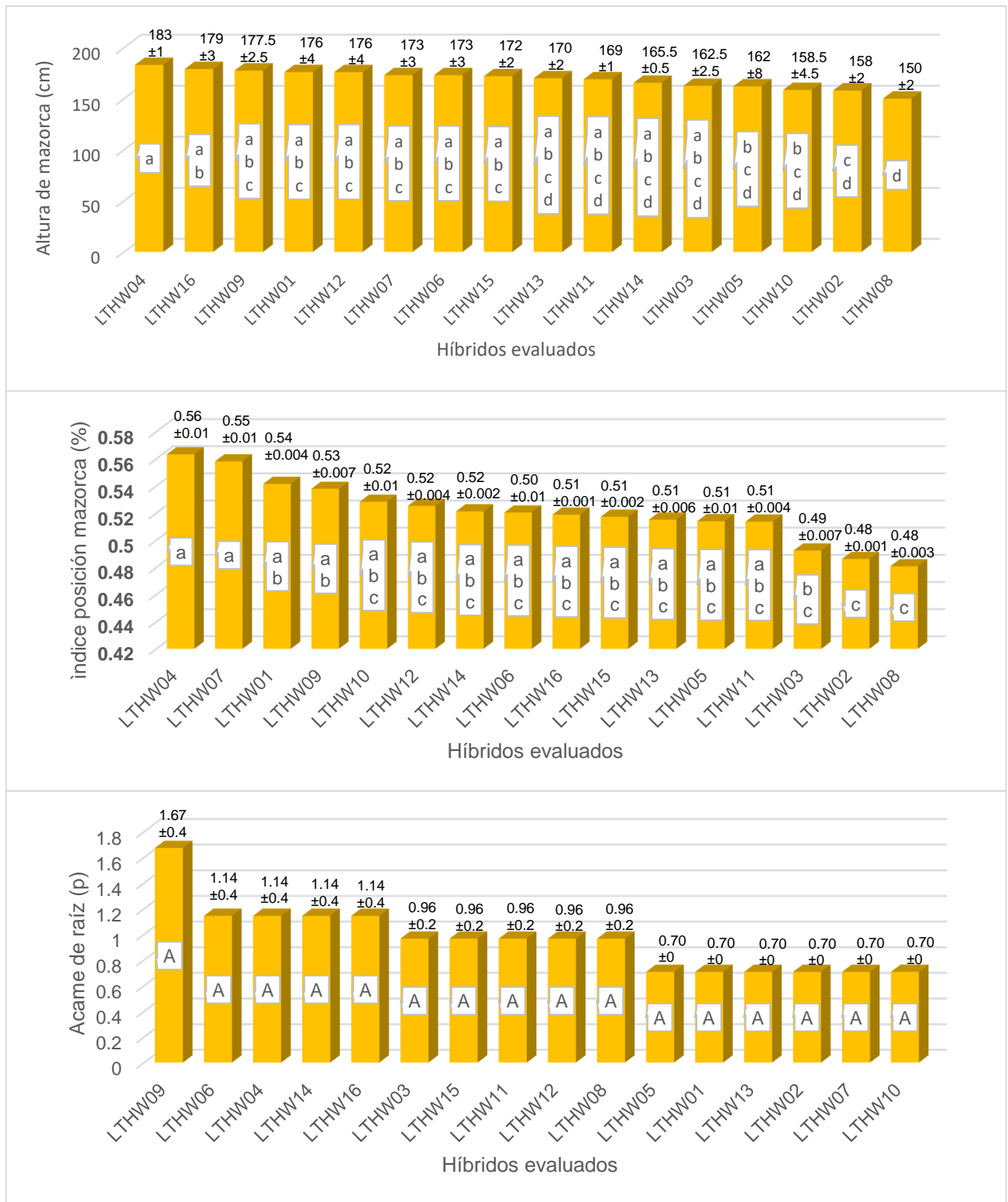


Figura 2. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (Altura de mazorca, índice de posición de mazorca y acame de raíz).

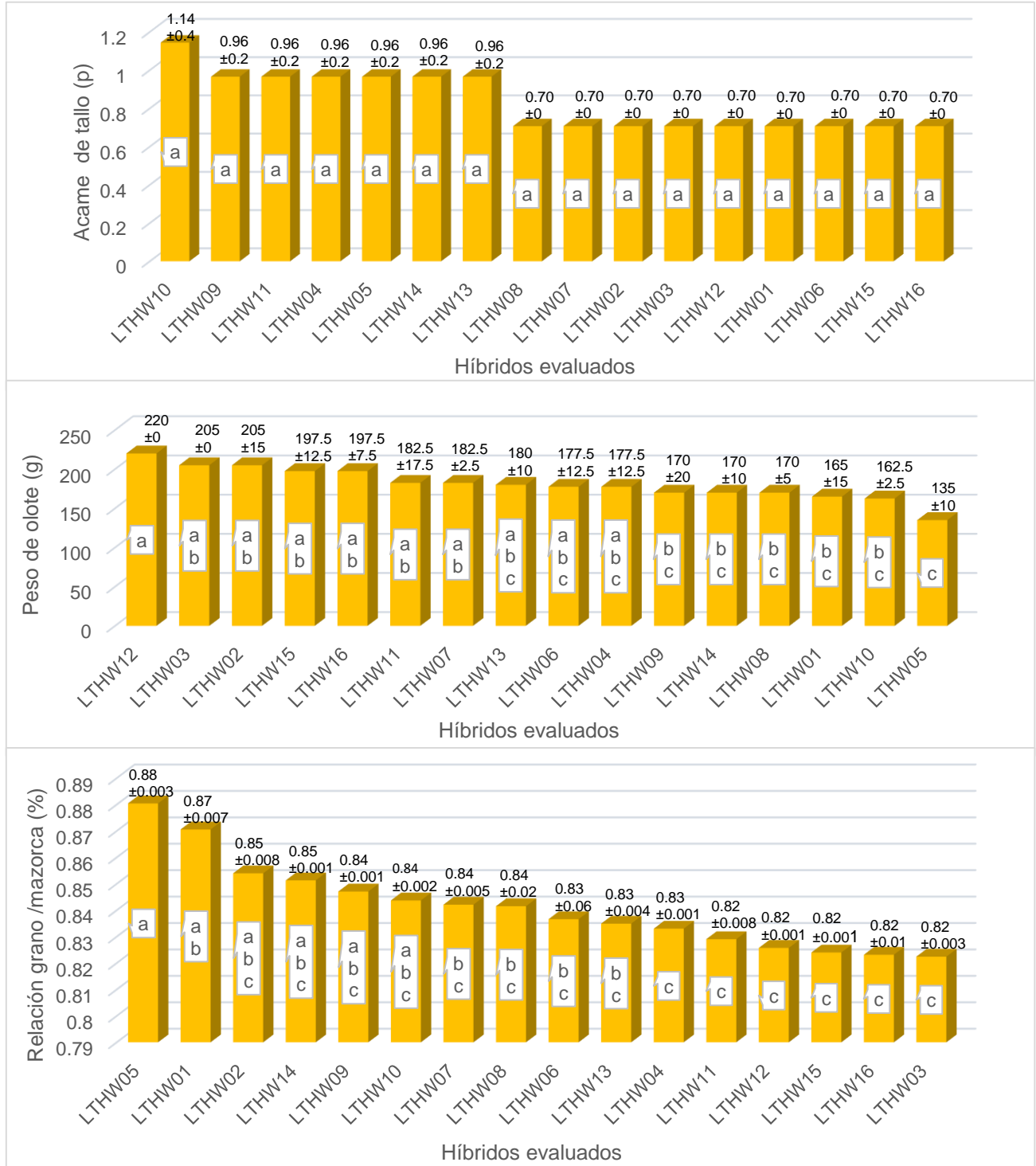


Figura 3. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (acame de tallo, peso de olote y relación grano mazorca).

VII.1.5. Rendimiento de mazorca y rendimiento de grano

En la figura 4, el promedio del híbrido con más rendimiento de mazorca es el LTHW01 con 11.2 toneladas por hectárea mientras que el híbrido LTHW11 se mantuvo por debajo de 8.5 t ha⁻¹. Por lo tanto, en el rendimiento de grano es similar a lo anterior, el mayor rendimiento fue de 9.3 t ha⁻¹ y el menor rendimiento de 6.4 t ha⁻¹.

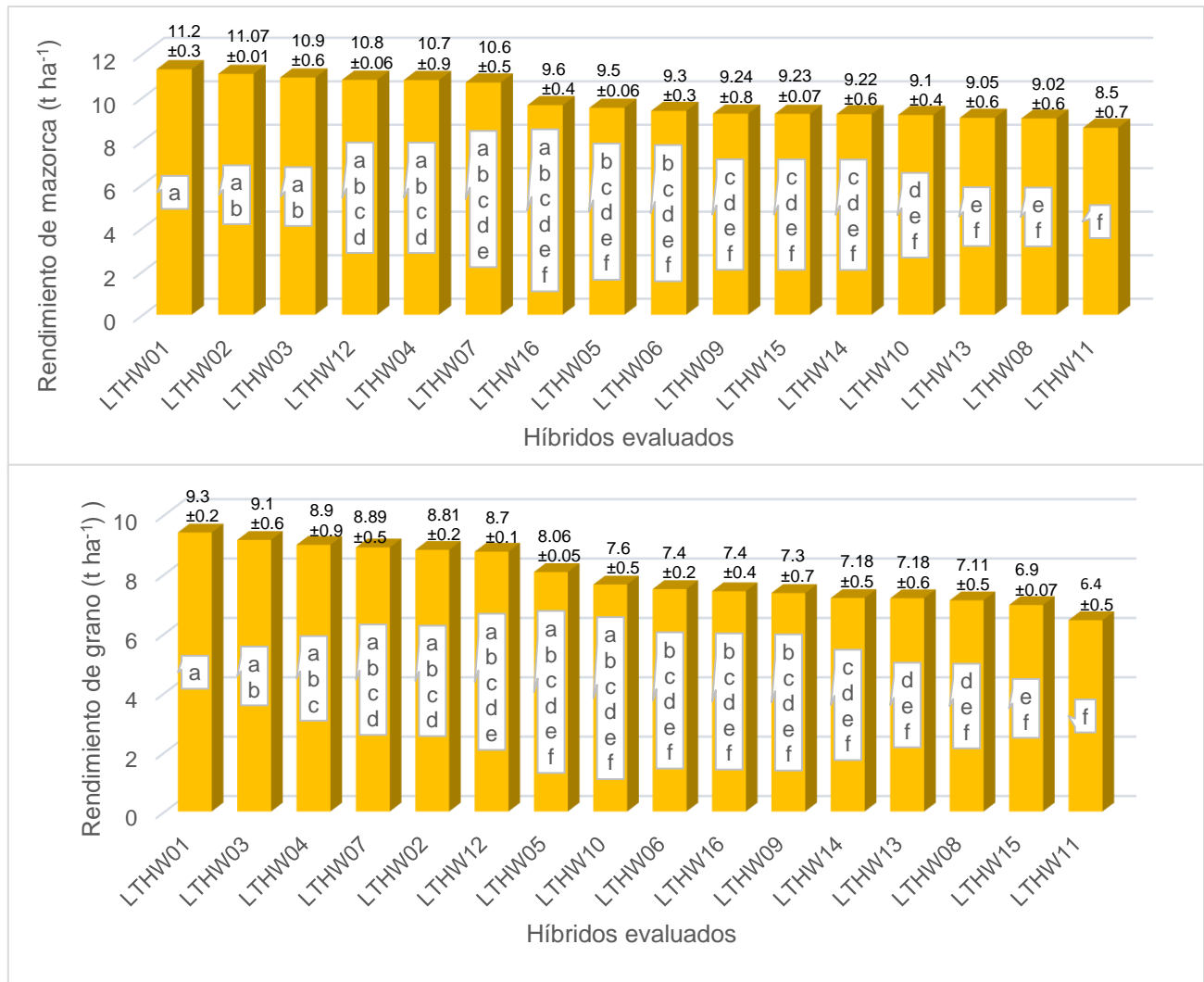


Figura 4. Híbridos evaluados en PV-2021 Tepalcingo, Morelos (rendimiento de mazorca y rendimiento de grano).

VII.2. Asociación de variables cuantitativas de maíz híbrido blanco

A continuación, el Cuadro 7 presenta las asociaciones de las variables cuantitativas. Existió una correlación altamente significativa al 0.01 de probabilidad entre las variables Rendimiento de mazorca y Rendimiento de grano ($r = 0.97^{**}$); la correlación entre Peso de olote y Rendimiento de mazorca fue de 0.46^{**} dichas correlaciones fueron positivas y altamente significativas; también se observó una correlación negativa y altamente significativa entre la variable Relación Grano/Mazorca con Floración femenina, Floración masculina, Altura de planta y Peso de olote, los coeficientes de correlación fueron -0.48^{**} , -0.50^{**} , -0.50^{**} y -0.69^{**} , respectivamente.

Cuadro 7. Correlaciones de variables cuantitativas.

	FM	AP	AM	IPM	AR	AT	POLO	REGM	RM	RG
FF	1.00 ^{**}	-0.1NS	0.16NS	0.22NS	0.23NS	0.01NS	0.36*	-0.48 ^{**}	0.02NS	-0.04NS
FM		-0.2NS	0.16NS	0.27NS	0.22NS	0	0.41*	-0.50 ^{**}	0.054NS	-0.03NS
AP			0.76 ^{**}	0.57*	0.28NS	-0.28NS	0.56 ^{**}	-0.50 ^{**}	0.097NS	-0.06NS
AM				0.97 ^{**}	0.32NS	0.08NS	0.20NS	-0.27NS	0.15NS	0.09NS
IPM					0.16NS	0.33NS	-0.18NS	0.050NS	0.11NS	0.16NS
AR						0.30NS	-0.02NS	-0.24NS	-0.24NS	-0.26NS
AT							-0.42*	0.10NS	-0.45 ^{**}	-0.38*
POLO								-0.69 ^{**}	0.46 ^{**}	0.28NS
REGM									0.09NS	0.20NS
RM										0.97 ^{**}

*=Significado 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; IPM=índice de posición de la mazorca; AR=acame de raíz; AT=acame de tallo; POLO=peso de olote; REGM=relación grano mazorca; RM=rendimiento de mazorca; RG=rendimiento de grano.

Así mismo, la variable Acame de tallo se correlacionó negativamente con Rendimiento de mazorca al 0.01 de probabilidad ($r = -0.45^{**}$). Se observó una correlación positiva al 0.05 de probabilidad entre Floración femenina con Peso de olote (0.36^*) y entre Floración masculina con Peso de olote (0.41^*). La asociación entre Acame de tallo con rendimiento de grano fue de -0.38 . Se muestra una correlación al 0.01 de probabilidad entre la variable Altura de

planta con Peso de olote y Altura de mazorca (0.56^{**} y 0.76^{**} , respectivamente). La variable Altura de mazorca con el Índice de posición de la mazorca principal el coeficiente de correlación fue de $r = 0.97^{**}$; mientras que las correlaciones al 0.05 de probabilidad fueron entre Floración femenina con Floración masculina (1.0^*) y entre Altura de planta con el índice de posición de la mazorca (0.57^*). Por otra parte, se observó una correlación negativa al 0.05 de probabilidad entre las variables Acame de tallo y Peso de olote (-0.42^*).

VII.3. Regresión lineal de variables cuantitativas

Se determinó el grado de dependencia estadística entre variables cuantitativas. En la Figura 5 se observa que los datos están dispersos y alineados a la línea de tendencia estadística. El coeficiente de regresión resultó de -0.7897 . Esto indica que por cada valor de cambio en el acame de tallo el rendimiento de los híbridos disminuye.

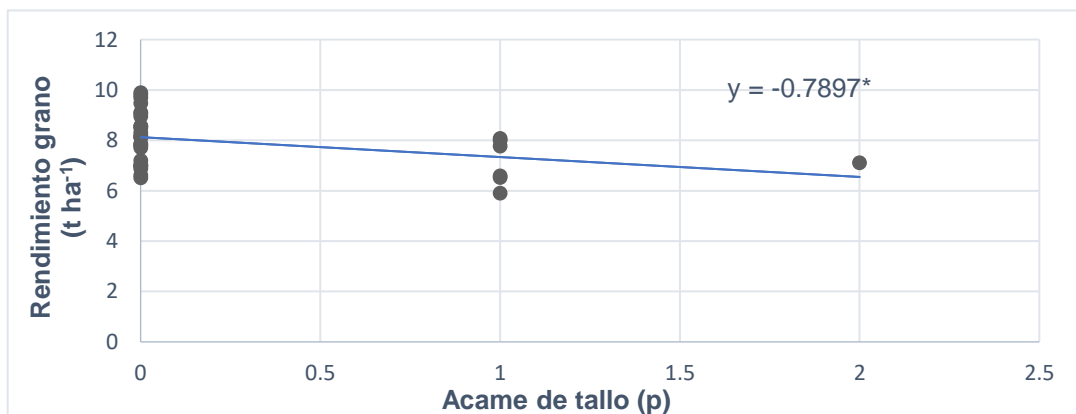


Figura 5. Dependencia entre rendimiento de grano y acame de tallo.

El grado de dependencia entre Rendimiento de mazorca y Rendimiento de grano (Figura 6) mostró un coeficiente de regresión de 0.978^{**} . Esto significa que por cada valor de cambio en rendimiento de mazorca existe un incremento de 0.978 t ha^{-1} en rendimiento de grano.

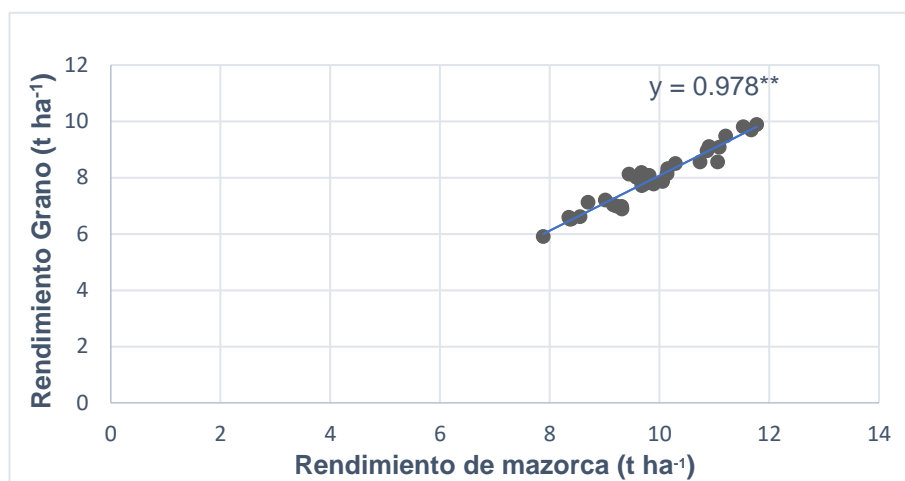


Figura 6. Dependencia entre rendimiento de grano y rendimiento de mazorca.

VII.4. Cuadrados medios de variables cualitativas

En los Cuadros 8 y 9 se muestran los cuadrados medios de caracteres cualitativos del germoplasma de maíz blanco. En la fuente de variación de repeticiones se detectó al menos una diferencia estadística al 0.05 de probabilidad estadística en la variable aspecto de la mazorca. La fuente de variación de entradas se detectaron diferencias estadísticas al 0.01 de probabilidad, cuyas variables como son: Mildew, aspecto de la planta, cobertura de mazorca y plantas con mazorca. Los coeficientes de variación oscilaron 4.6 a 95.27, donde estos valores corresponden a plantas con mazorcas y número de pudrición de mazorcas.

Cuatro 8. Cuadrados medios de variables cualitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos.

FV	MZMC	ROYA	TURCICUM	MILDEW	ASPECPT
REP	2.27NS	0.0046NS	0.00	11.85NS	0.48*
BLO(REP)	0.71NS	0.27NS	0.00	1.95NS	0.124NS
ENT	0.64NS	0.27NS	0.00	20.54**	0.73**
ERROR	1.11	0.21	0.00	3.34	0.07
CV	76.74	18.52	0.00	20.23	12.66
MEDIA	1.37	2.53	1.00	9.03	2.09
R2	0.54	0.67	0.00	0.89	0.93

FV= Fuente de variación, MZMC= mazorca mal cubierta, ROYA= roya, TURCICUM= turcicum, MILDEW= mildew, ASPECPT= aspecto de la planta, NS= no significativo, *= significativo al 0.05 de probabilidad, **= significativo al 0.01 de probabilidad.

Cuadro 9. Cuadrados medios de variables cualitativas en maíz híbrido blanco evaluadas en P-V 2021 en Tepalcingo, Morelos.

COBMZ	PTASMZ	NOPUDRIMZ	INTPUDRIMZ	ASPECMZ
0.00	14.69NS	2.38NS	4.07NS	0.13NS
0.16NS	2.45NS	2.55NS	0.14NS	0.02NS
0.20**	27.31**	2.75NS	1.68NS	0.15NS
0.19	3.38	2.88	4.41	0.08
35.72	4.6	95.27	85.14	18.66
1.25	40.00	1.78	2.46	1.48
0.6	0.914	0.59	0.41	0.75

FV= Fuente de variación, COBMZ=cobertura de mazorca, PTASMZ= plantas con mazorca, NOPUDRIMZ= número de pudrición de mazorcas, INTPUDRIMZ= grado de intensidad de mazorcas podridas, ASPECMZ, , NS= no significativo, *= significativo al 0.05 de probabilidad, **= significativo al 0.01 de probabilidad.

VII.4.1. Número de mazorcas con mala cobertura, Roya y Turcicum

Con relación al promedio de medias de variables cualitativas los materiales LTHY11 Y LTHY13 presentaron una baja incidencia de mazorcas con mala cobertura. Por otra parte, el material LTHY10, LTHY09, LTHY02, LTHY01 mostraron tolerancia a la roya. La enfermedad de turcicum no fue una amenaza para los híbridos, al presentar un promedio igual y de bajo impacto.

VII.4.2. Mildew, aspecto de la planta y cobertura de la mazorca

La enfermedad fungosa como el mildiu presento diferencias estadísticas, el híbrido LTHY14 obtuvo una media de 4.5 plantas con mildiu mientras que el híbrido LTHY03 obtuvo un promedio de 14.5 de plantas. Con relación al aspecto de la planta, una variable cualitativa se asignó la calificación de 3 a la planta que presento buen aspecto fenotípico, mientras que se asignó el valor de 1 a los que carecen, los híbridos LTHY07, LTYH04 Y LTHY12

obtuvieron un valor 3. En la cobertura de mazorca el material LTHY03 estuvo por encima de los demás híbridos en tener una buena cobertura de mazorca.

VII.4.3. Plantas con mazorcas, Intensidad de pudrición de mazorca y Aspecto de la mazorca

El promedio de medias de plantas con mazorcas presento diferencias estadísticas, el híbrido LTHY11 mantuvo un promedio de 45 plantas con mazorca, mientras que el LTHY03 fue el menor promedio de 32 plantas con mazorca por unidad experimental. Por otra parte, la variable cualitativa intensidad de pudrición de la mazorca se le asignó una escala del (1 al 5) donde el 5 nos muestra la mayor incidencia de plantas en pudrición y 1 la menor parte de incidencias; así mismo, el híbrido LTHY16 presentó el menor porcentaje de pudrición de mazorcas y el híbrido LTHY06 la mayor parte con un promedio de 4.5 que fue el valor más alto con relación a pudrición de la mazorca. El aspecto de la mazorca no hay diferencias estadísticas dado que el único híbrido LTHY05 obtuvo la mayor calificación que fue de 2.

VII.4.4. Número de pudrición de mazorcas

Los híbridos con menor número de mazorcas podridas fueron LTHY13 Y LTHY11, mientras que el mayor híbrido con el número de mazorcas podridas fue el LTHY05.

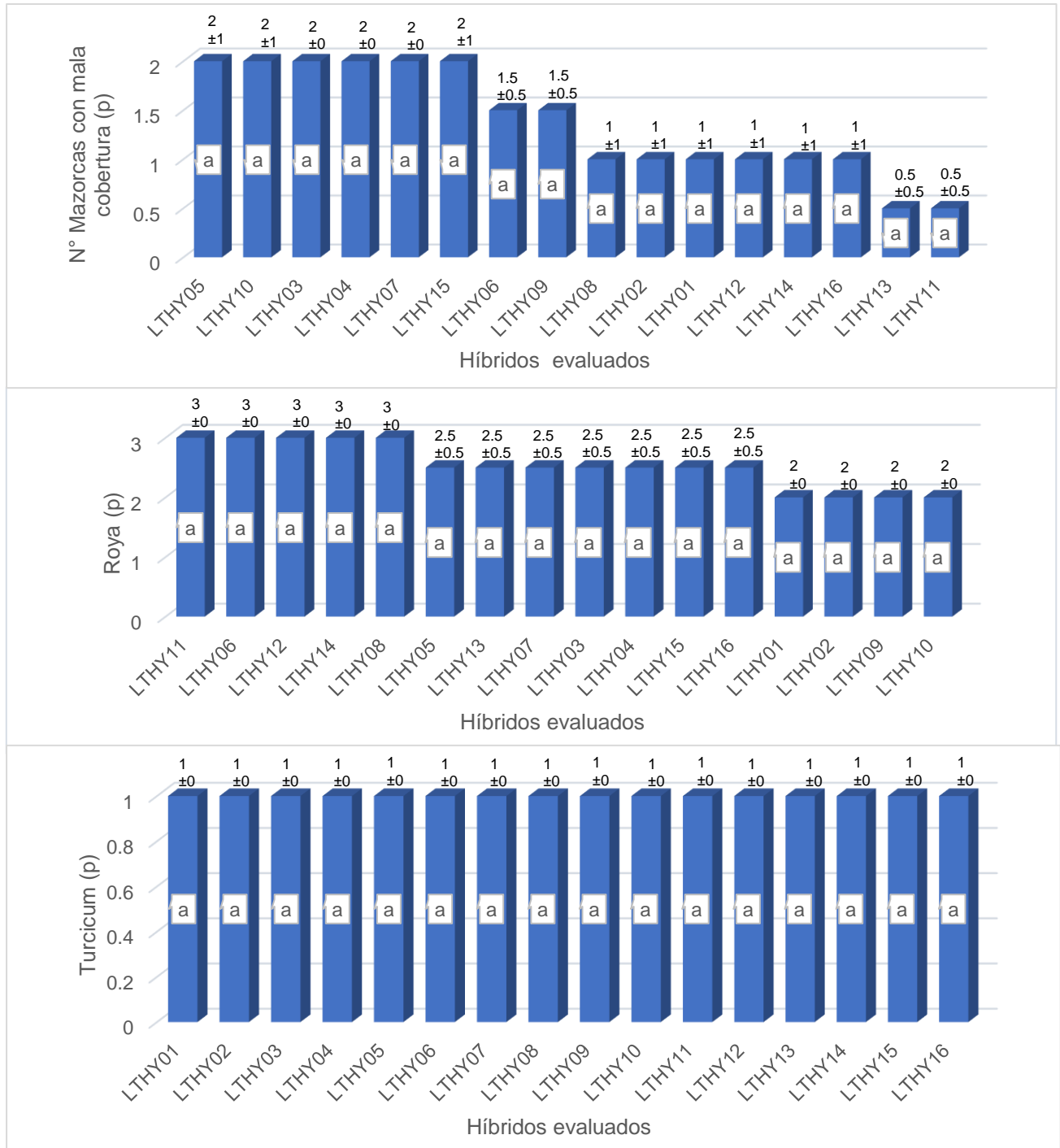


Figura 7. Promedios de variables cualitativas, mazorca mal cubierta, Roya y Turcicum, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos.

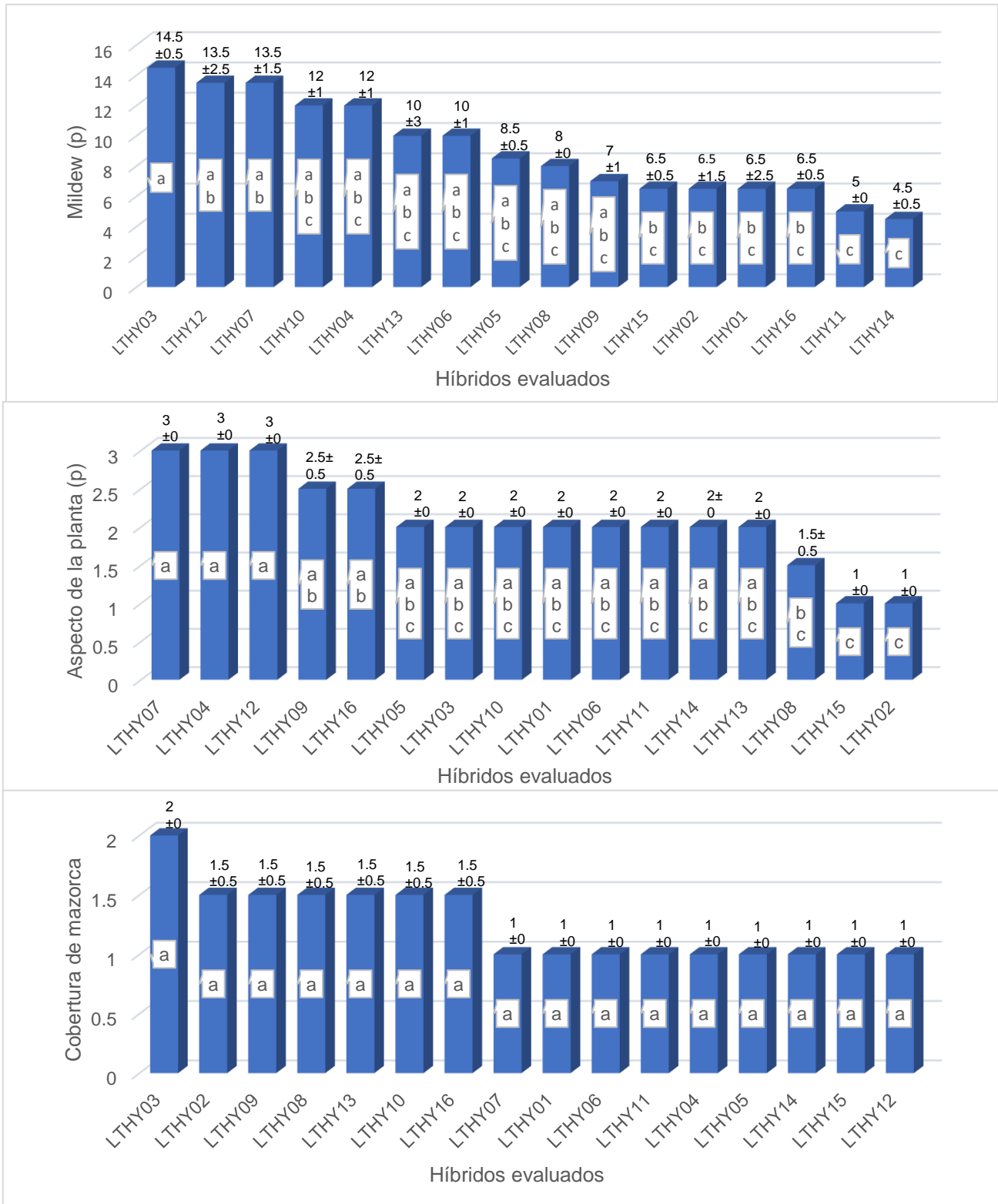


Figura 8. Promedios de variables cualitativas, mildew, aspecto de la planta y cobertura de la mazorca, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos.

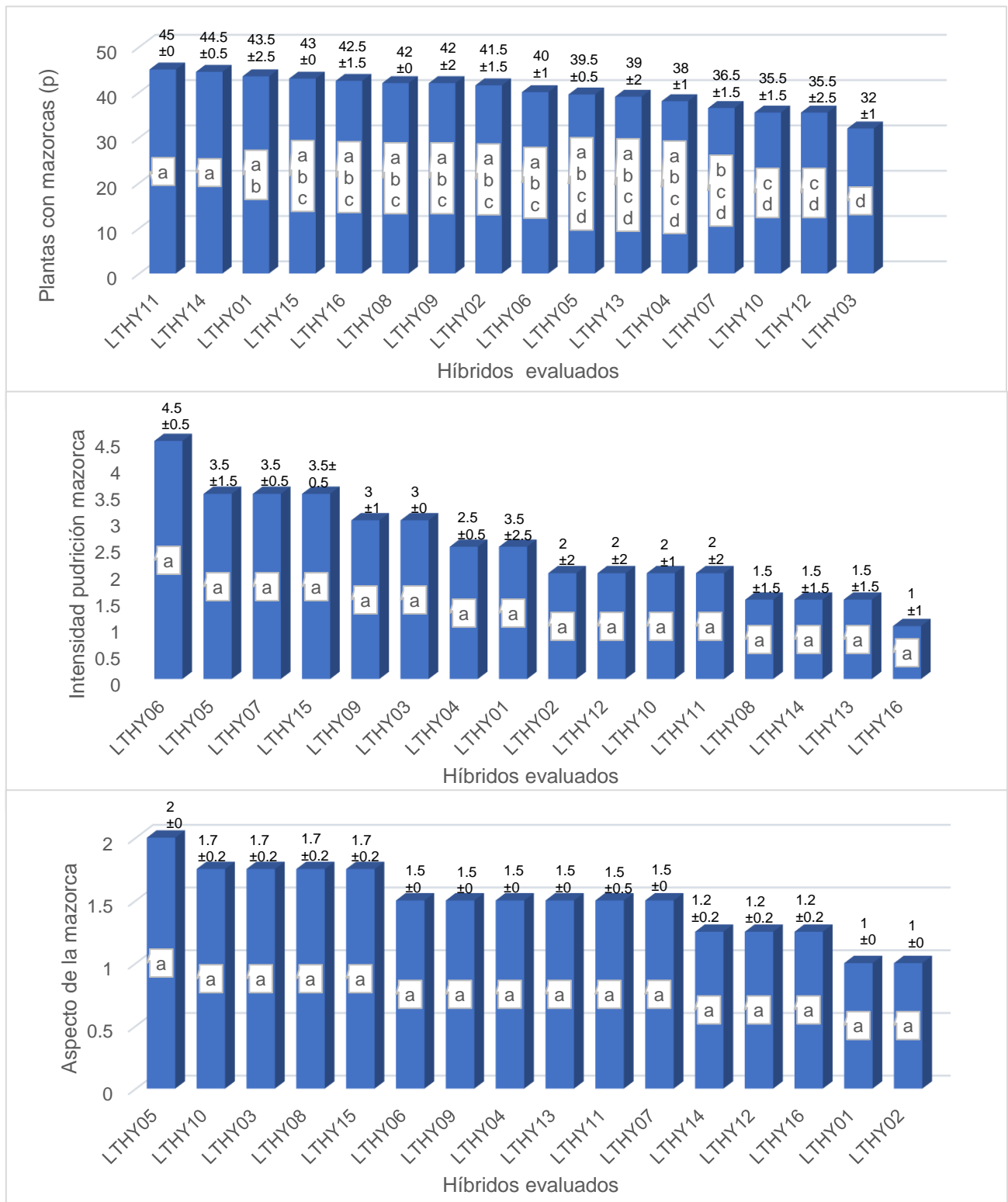


Figura 9. Promedios de variables cualitativas, plantas con mazorca, intensidad de pudrición de mazorca y aspecto de la mazorca, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos.

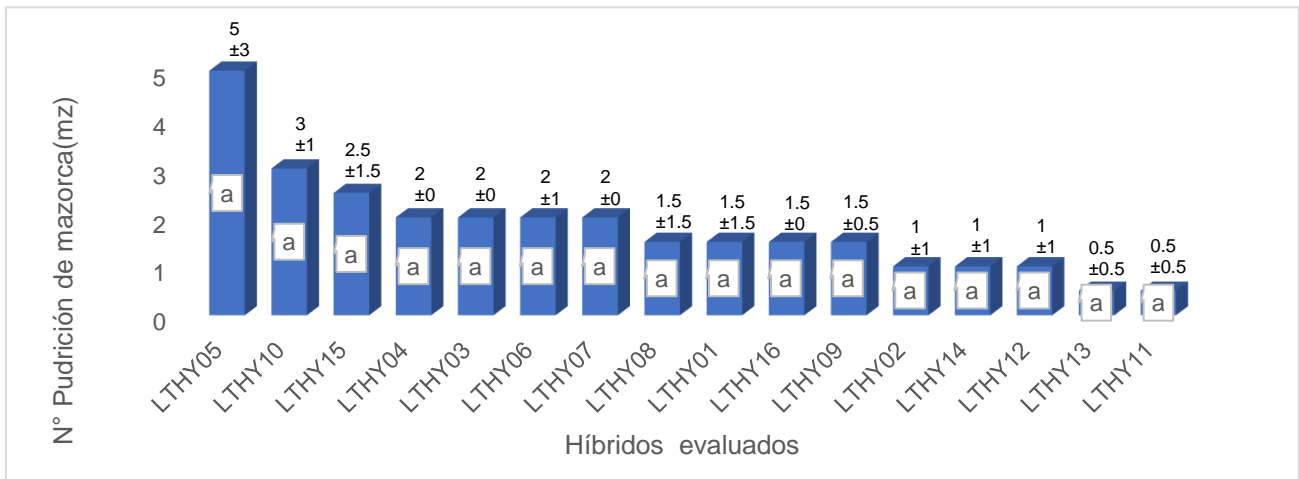


Figura 10. Promedios de variables cualitativas, número de mazorcas podridas, híbridos evaluados en PV-2021, Tepalcingo, Morelos.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A manera de comparar o contrastar los resultados de esta investigación con relación a otros autores, en primer lugar se discute la variable de rendimiento de grano; en este sentido se establece que los rendimientos de grano en esta evaluación oscilaron de 6.4 a 9.3 t ha⁻¹; mientras que, el híbrido Pioneer F30k73 en la evaluación de Guamán y colaboradores (2020) obtuvieron un rendimiento de 7.5 t ha⁻¹, Gaytán y colaboradores en el 2009 (en el estado de Guerrero, México) reportaron un promedio 3.9 y 5.0 t ha⁻¹ en híbridos de Dekalb. Para híbridos de Pioneer mostraron un rendimiento de grano de 4.093 a 7.243 t ha⁻¹ en la región de tierra caliente, Guerrero, México (Alberto et al., 2017). Así mismo, el rendimiento de grano del híbrido H-568-INIFAP osciló de 5.6 a 9.5 t ha⁻¹ en regiones ecológicas del trópico bajo mexicano. Se establece que los rendimientos de grano de los híbridos evaluados están acordes a los reportados con otros investigadores.

En lo que respecta a la variable índice de la posición de mazorca principal (IPM) en los híbridos comerciales, que se siembran en la región oriente del Estado de Morelos, se tiene la referencia de lo siguiente: el híbrido Antílope de Asgrow® el IPM es de 0.49 a 0.52 (Boletín, Asgrow, 2020); el híbrido 2037 de Dekalb® el IPM es de 0.54 a 0.56 (Boletín Pionner, 2020). mientras que, en esta evaluación, el índice de la posición de la mazorca de los materiales osciló de 0.48 a 0.56; la mayoría de los híbridos evaluados mostraron una posición por la mitad y por debajo de mitad de la altura total de la planta, lo que ofrece ventajas para la siembra a mayor densidad y tolerancia al acame.

Con relación a las variables de floración masculina y femenina, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) contribuyó con la generación de maíces mejorados para el mercado nacional de regiones ecológicas del trópico bajo mexicano (Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Morelos, Chiapas y Campeche). El híbrido trilineal H-568 de ciclo biológico intermedió tardío, obtuvo una

floración masculina de 58 días y una floración femenina de 60 días (Gómez et al., 2017). Mientras que los híbridos evaluados en esta investigación para las variables de floración masculina fueron de 64 a 68 días y de floración femenina de 66 a 70 días. Por lo que se establece que los materiales evaluados son de ciclo intermedio.

A continuación, se discute la correlación entre caracteres cuantitativos; a manera de comparación de resultados se tiene que las correlaciones entre el índice de inserción de la mazorca (IPM) con altura de planta (AP) el coeficiente de correlación fue de 0.76* (Guamán et al., 2020). Lo anterior establece que a medida que aumenta la altura de la planta, se incrementa la altura de inserción mientras que esta investigación el índice de posición de la mazorca se correlacionó con altura de planta ($r = 0.57^*$). Por otra parte, Vásquez y Bellorín en 2016 determinaron la correlación entre las variables Rendimiento de mazorca y Rendimiento de grano que resultó de 0.96**, existió correspondencia con las correlaciones de la evaluación entre las mismas variables de esta evaluación (0.97**). El coeficiente de regresión lineal que se determinó entre las variables de rendimiento de grano y rendimiento de mazorca de esta evaluación fue de 0.978** y es acorde con el que reportó Vázquez y colaboradores en 2018 entre las mismas variables (0.9164**).

Hernández et al., en 2016 establecieron que la sanidad de la planta del germoplasma híbridos de maíz repercute en el rendimiento de grano; por lo que es importante, detectar la presencia de fusarium en el grano ya que este patógeno ocasiona la pudrición de la mazorca y provoca severas pérdidas de la cosecha (se considera el 5 % como nivel tolerable de contaminación o daño permisible en la producción total de grano); con respecto a esta variable en los materiales híbridos que se evaluaron en esta investigación se determinó que la frecuencia de plantas podridas en cada híbrido, en promedio, fue baja (de 1 a 5 mazorcas podridas), lo que quiere decir que el porcentaje fue de 1 a 5 %.

IX. CONCLUSIONES

- a) Con base a los caracteres cuantitativos y cualitativos de la evaluación de los híbridos trilineales experimentales se concluye que los híbridos LTHW05, LTHW08, LTHW14, LTHW01 son promisorios para la región oriente sur debido a que son precoces, y presentan buen índice de posición de mazorca y no se presentan acamé de raíz y tallo.
- b) Las enfermedades fungosas del cultivo de maíz son: roya, turcicum, mildew y pudrición de mazorca. Con relación a la pudrición de mazorca, el patógeno más frecuente es *Fusarium verticillioides* y *Stenocarpella maidys* que afectan la producción de este cereal a nivel mundial, no solamente en mazorcas si no que, en raíces y tallos de la planta, lo que ocasiona un bajo rendimiento en grano y producción de forraje. Los materiales con menos daño por roya y turcicum son el LTHY01, LTHY02. Para mildew la cantidad mínima de plantas infectadas fue de 4 a 6 plantas lo que le corresponde a LTHY14, LTHY11, LTHY15, LTHY02, LTHY01, LTHY16. En el número de mazorcas podridas los rangos mínimos oscilaron de 1 a 2 plantas infectadas lo que conllevan a una buena tolerancia a enfermedades el LTHY13, LTHY11, LTHY02, LTHY14, LTHY12, LTHY08, LTHY01, LTHY16 Y LTHY09.
- c) En esta evaluación se consideró de manera cualitativa un buen aspecto de la planta, la calidad de mazorca, una buena cobertura de mazorca y un buen rendimiento de grano. En este sentido, los híbridos con una buena cobertura de mazorca fueron LTHY03, LTHY02, LTHY09, LTHY08, LTHY13, LTHY10 y LTHY16. Los híbridos que tuvieron buen aspecto de mazorca son LTHY05, LTHY10, LTHY03, LTHY08 y LTHY15; por el contrario, las mazorcas con mala cobertura fueron híbridos LTHY07, LTHY15, LTHY04, LTHY03, LTHY10 y el LTHY05. Por último, los híbridos que tuvieron un buen aspecto de la planta son los materiales LTHY07, LTHY04, LTHY12, LYHY09 y el LTHY16.

- d) En cuanto el rendimiento de grano, cuatro híbridos resultaron con un alto rendimiento de grano a diferencia de los demás materiales; a pesar de que presentan plantas acamadas y/o plantas enfermas por lo que esto no es conveniente para el productor. Los rendimientos de estos materiales fueron los siguientes: el híbrido LTHW02 obtuvo un rendimiento de grano de 8.81 t ha^{-1} , LTHW07 con 8.894 t ha^{-1} , LTHW04 con 8.9829 t ha^{-1} , LTHW03 9.148 t ha^{-1} , y el LTHW01 se mantuvo con 9.39 t ha^{-1} .
- e) En conclusión, dentro de los materiales más promisorios para la región oriente sur del Estado de Morelos, El primer lugar le pertenece al híbrido LTHW01 por haber obtenido el de mayor rendimiento de grano, mayor sanidad de mazorca y tolerancia al acame de tallo y raíz. En segundo lugar, el híbrido LTHW02 obtuvo una buena sanidad de mazorca, buena cobertura de mazorca, buen aspecto de planta, tolerancia al acame de raíz y tallo, pero con un rendimiento inferior a los demás. El híbrido que ocupa el tercer lugar es el LTHW07 en obtener un buen rendimiento de grano, una tolerancia al acame, un buen aspecto de planta y una baja sanidad de mazorca.

X. REFERENCIAS

- Alberto, F. P., Reyes, G. G., Vargas, Á. D., Damián, N. A., Hernández, C. E., Juárez, L. P., y Cruz, L. B. (2017). Rendimiento de maíces cultivados en la región Tierra Caliente, Guerrero, México. *Acta agrícola y pecuaria*, 3(1).
- Azcón, B. J., y Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal* (No. 581.1). McGraw-Hill Interamericana.
- Azurdia, C. 2014. Cultivos nativos de Guatemala y bioseguridad del Uso de organismos vivos modificados. Maíz (*Zea mays*). Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Documento Técnico No.10-2014. 74 p.
- Boletín, A. (2020). Fichas técnicas de semillas de maíz de Asgrow.
- Boletín, P. (2020). Fichas técnicas de semillas de maíz de Pioneer.
- Carbajal. (2024). En 2023, producción mundial de maíz inédita. <https://www.jornada.com.mx/2024/01/15/economia/024n2eco>
- Cieza, R. I., Jara C. T. W., Terrones, M. R., Figueroa, C.Y. C. y Valdera, C. (2020). Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*). *Manglar* 17 (3): 261-267, 2020.
- Coll, J. B., Rodrigo, G. N., García, B. S., y Tamés, R. S. (2019). *Fisiología vegetal*. Comercial Grupo ANAYA, SA.525-567,2019.

- Corcuera, V. R. (2012). Desarrollo y evaluación de nuevo germoplasma de maíz (*Zea mays* L.) para uso especial en argentina (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- De Colombia, U. C. (2019). Medición de la succión o Potencial Hídrico en Diferentes Muestras de Suelos no Saturados con wp4c.
- Delgado, J. (2016). Más sobre el proceso de polinización de maíz. Recuperado el 17 de marzo del 2022.intagri. por <https://www.intagri.com/articulos/cereales/mas-sobre-el-proceso-de-polinizacion-en-el-maiz#:~:text=Los%20granos%20de%20polen%20se,las%20espigas%20se%20ha%20secado>
- Deras, F. H. (2020). Guía técnica: el cultivo de maíz.
- Endicott, S., Brueland, B., Keith, R., Schon, R., Bremer, C., Famaham, D., DeBruin, J., Clausen, C., Strachan, S., Carter, P. (2015). Maíz, crecimiento y desarrollo. Fenología del cultivo de maíz 12(1), 127-140.
- Espinoza, V. J., Valdés, R. J., y Alcalá, R. J. M. (2012). Morfología y anatomía de radículas múltiples en plántulas de maíz derivadas de cariopsis con poliembrionía. Polibotánica, (33), 207-221.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2023). Caída de los precios en el mercado de granos tras dos años de Guerra en Ucrania. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/mercados/Caida-de-precios-en-el-mercado-de-granos-tras-dos-anos-de-guerra-en-Ucrania-20240225-0038.html>. Consultado el 25 de enero del 2023.

- Gaytán, B. R., Martínez, G. M. I., y Mayek, P. N. (2009). Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F2. *Agricultura técnica en México*, 35(3), 295-304.
- Gómez, M. N. O., Cantú, A. M. Á., Vázquez, C. M. G., Hernández, G. C. D. Á., Espinosa, C. A., Sierra, M. M., ... y Trujillo, C. A. (2017). Híbrido de maíz H-568: nueva opción para áreas de alta productividad del trópico bajo de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(5), 1213-1218.
- Gonzales, L. (16 marzo, 2022). Trigo y maíz, por los cielos: ¿Qué tan vulnerable es México? Recuperado el 18 de marzo del 2022. Por <https://www.economista.com.mx/opinion/Trigo-y-maiz-por-los-cielos-Que-tan-vulnerable-es-Mexico-20220316-0026.html>
- Guamán, G. R. N., Desiderio, V. T. X., Villavicencio, A. Á. F., Ulloa, C. S. M., y Romero, S. E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47-56.
- Hernández, J. A., Aguirre, U. L. A., Flores, D. M., Cerna, C. E., Landeros, F. J., Ochoa, F. Y. M., y Frías, T. G. A. (2016). Incidencia y severidad de pudrición de mazorcas de maíz genéticamente modificado y convencional en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), 1477-1484.
- Hurtado, R. M., y Alarcón, M. T. R. (2019). Evaluación de nueve híbridos experimentales de maíz amarillo duro (*Zea Mays* L.) en rendimiento de grano, bajo condiciones de Guadalupe-La Libertad 2013. Perú pp. 6-14.

- Lara, M. A. C., y Monter, Á. V. (2002). Potencial osmótico del medio de cultivo con diferentes componentes para la propagación in vitro. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(2), 213-217.
- López, M. F., Chura, C. J., y García, P. G. (2019). Interacción genotipo por ambiente del rendimiento de maíz amarillo en híbridos trilineales, Perú. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 859-872
- Lozano, R. A., Santacruz, V. A., San, V. G. F., Crossa, J., Burgueño, J., y Molina G. J. D. (2015). Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *revista fitotecnia mexicana*, 38(4), 337-347.
- MacRobert, J. F., Setimela, P. S., Gethi, J., y Regasa, M. W. (2015). Manual de producción de semilla de maíz híbrido.
- Montiel, N. O. G., Galena, C. D. A. H., Carrillo, M. G. V., Calderón, A. E., Macias, M. S., Estrada, B. D. J. C., ... y Campos, A. T. (2023). H-568 maíz híbrido nacional para el trópico bajo de México. *agro-divulgación*, 3(3).
- Montoro, A., López, U. R., Mañas, F., Martínez, L., y Sánchez, J. M. (2016, June). Transpiración nocturna en vid. In XXXIV Congreso Nacional de Riegos, Sevilla 2016. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Congreso de riegos, Sevilla 2016 A11.
- Muñoz, W. (2016). "texto básico para profesional en ingeniería forestal. en el área de fisiología vegetal. Loreto-Perú: Departamento de Ecología y conservación de la facultad deficiencias forestales. Perú pp. 12-19.

- Obando, A. E. S. (2019). Caracterización morfológica de maíz blanco harinoso (*Zea mays* L.) material nativo “Chazo” de la provincia de Chimborazo (Bachelor's thesis). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bogotá pp. 30-37.
- Ortiz, R. E. P., e Ibarra, A. D. T. (2012). Efectos heteróticos entre y dentro de fuentes de germoplasma de maíz a través de cruza simples emparentadas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22(2), 219-230.
- Parera, C. A. (2017). Producción de maíz dulce. INTA ediciones. Argentina 978-987-521-873-4.
- Preciado, O. R. E., Terrón, I. A. D., Vázquez, C. M. G., Gómez, M. N. O., y Briones, R. D. (2019). H-388 o, híbrido de maíz trilineal de grano blanco oleoso para el subtrópico de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(3), 309-311.
- Raggio, M., y Moro, N. (2008). Uso de la cámara de presión y los psicrómetros a termocupla en la determinación de las relaciones hídricas en tejidos vegetales. *Revista Internacional de botánica*. 77: 327-350.
- Ramírez, D. J. I., Peña, R. a., Ledesma, M. A., Alemán, T. I., Vidal, M. V. A., Briones, R. d., ... y Bautista, R. E. (2022). H-392: híbrido de maíz de grano blanco para regiones agrícolas del subtrópico y transición de México. *revista fitotecnia mexicana*, 45(4), 523-523.
- Ritchie, S. N. (2002). Como se desarrolla una planta de maíz. Inpofos. 21 p.
- Romero, R. (2018). Transporte de agua. *Fisiología de Cultivos*, INIA La Estanzuela pp. 115-124.

- Sánchez, O. I., y Pérez, U. Carril. E. (2014). Maíz (*Zea mays*). *Reduca biología*, 7(2), 151-171.
- Sánchez, R. F. J., Mendoza, C. M., y Mendoza, M. C. G. (2016). Estabilidad fenotípica de cruza simples e híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.). *Revista fitotecnia mexicana*, 39(3), 269-275.
- Sánchez, V. (2019). Plan de desarrollo municipal Tepalcingo, Morelos administración 2019-2021. Tepalcingo somos todos. <https://mir.morelos.gob.mx/records/8CF33E6F078E49EC934D12ABB5483230.pdf>
- Sierra, M. M., Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Espinosa, C. A., Andrés, M. P., Gómez, M. N. O., y Valdivia, B. R. (2016). Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520, en el trópico de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(1), 19-32.
- Simón, M. R., y Golik, S. I. (2018). Cereales de verano. Series: Libros de Cátedra. EDULP. 978-950-34-1658-7.
- Somarriba, R. C. (1998). Granos básicos: texto básico. Facultad de agronomía. 2014 21:51.
- Squeo, F., y Cardemil, L. (2007). Fisiología vegetal. transpiración. Ediciones Universidad de la Serena, Chile. 3:67-84.
- Statistical Analysis System (SAS). 1999. Métodos estadísticos. SAS Institute Inc., Cary, Carolina del Norte.

- Tadeo, R. M., Espinosa, C. A., Chimal, N., Arteaga, E. I., Trejo, P. V., Canales, I. E., ... y Zamudio, G. B. (2012). Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 157-164.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2009). Fisiología vegetal. In *Fisiología Vegetal* (pp. 848-848).
- Vásquez, V. A. E., y Bellorín, U. N. D. (2016). Variación fenotípica y correlación de rendimiento con características morfo-agronómicas en una población de maíz (*Zea mays* L.) variedad NB-6 en la época de primera, Sábana Grande, Managua, 2014 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).Ni.48
- Vázquez, C. M., Preciado, O. R. E., Santiago, R. D., Palacios, R. N., Terrón, I. A., y Hernández, C. A. (2018). Estabilidad del rendimiento y calidad de grano y tortilla de nuevos híbridos de maíz con valor agregado para el subtrópico de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(4A), 509-518.
- Velasco, G. Á. M., García, Z. J. J., Sahagún, C. J., Lobato, O. R., Sánchez, A. C., y Marín, M. I. M. (2019). Rendimiento, componentes de rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a valles altos. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(4), 367-374.
- Zamudio, G. B., Espinosa, C. A., Tadeo, R. M., Encastín, D. J. J., Martínez, R. J. N., Félix, R. A., ... y Turrent, F. 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.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DE XALOSTOC

Secretaría de Docencia

Jefatura de Servicios Académicos

Xalostoc, Cd. Ayala, Morelos a 30 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: **CARACTERIZACIÓN DE GERMOPLASMA HÍBRIDO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) DE GRANO BLANCO PROMISORIO PARA LA REGIÓN ORIENTE SUR DEL ESTADO DE MORELOS**. Que ha realizado el pasante de la **Licenciatura como Ingeniero en Producción Vegetal**, **Ismael Morales Arias**, 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

Dr. David Antonio Moreno Medina

Dr. Antonio Castillo Gutiérrez

Dra. Elizabeth Broa Rojas

Dra. Yessica Flor Cervantes Adame





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:2024-05-30 11:13:51 | FIRMANTE

tGbmudMnUxpY4p9T2sSMcOesW36oU6roS1kiNfqiQQikb4yP5J7UJ/w6WvIWv1Wng+0IVUV6nB0eMZs6XcpbGcWuNeVxZLW3EJPj5FwRj7JYt0WUjQEV1P0X103FZFelwJezZdd9U128BzPh80uTro11tFIK1GMVQFvmukAGz49w4FTouJifiska4Hn6W6WkkR6YIAW2LdDfbqMgpmQfgRXdSdOUC5eQBCI1p5w9ttEPSCP4dXsagNj4Qv021UMAMkCi4dOIYYg5cmEw9574FT8YhYX1Qi2iZnCAhwixWVc8VLcbkz644W7enWHtn6Kcr3izZGQtdskvkWWhpEV+VfnQ==

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



[0JTSdqi6](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/sSI7BjNfo6kWBXKgzvmvnGPwIhPrRZ72>



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

ELIZABETH BROA ROJAS | Fecha:2024-05-30 11:27:51 | FIRMANTE

al7sUP34/L+uZv/16u0rMODflugaiJHgQpTIOXZT+9DkiDceVeo4Xt0HJbPaS4xvpHRBmLsvX2vW1KqPGsklY5nXAWJ2/Ree/32xyllFwJTp0k1tCYKwRvVds0Mbo2lwy4173xBk8LFIJkoi3k3Tg7z6Na3ke1boqAgY0O8JciLEqbnK+ihdt6QmmLL94fHDsHtzMF/cC26ejOIOYEhPwX5uS5wDW85uXPMllZYlc4bDI/farpUvVNhws6sU1qluyMAEkqeWr2H08VLQLcilJhjeehWBzf7shejBzhd+1b2dP8b3AeD6DwjmBmg4iyXcCPaT5OGeX8rF8Xxy8Nr62g==

DAVID ANTONIO MORENO MEDINA | Fecha:2024-05-30 12:06:40 | FIRMANTE

MdPPN06v6kKIAO1pzKHElrY7ymKfDYVyan03BmOgjmmWaBy+XAqviSs8X3t8+gvZshjI9sHSPtBj+EdSVf6ZpBZ9alaMv9oZ/8UhsZEnk7NzefvS1fgufFAalcCe5LJvT9QK5MSA4xH/71p5a1T+HtOXiqmPrG0dhLOiOp/NrH+1z3/S2xxa/R81oaSQHtdudX7ZjU8kZ6Mz8SBEamFsilCwBllz+9+QCCp3HTdbezLZXDeF67rc9YZIOkAnEzd5bgTT4NtjxRY4NTJgZd36jWCEa5cQh8tX65PWT7RszCc4DP3fzZo1c7iKTnHR2DbFSqRiaa7qcdDFq5SUSPg==

YESSICA FLOR CERVANTES ADAME | Fecha:2024-05-30 13:00:16 | FIRMANTE

iYeK6WwQjyko1rnqkuyHdUd25Bhp64yNV/xemNem6oCj+sOQw1MY6jPWjN6JPgfYu2kp2tyotMjvS0QnP8D8e5i6c4pSd2AwgeMx1DYQHffhpc9MnLytfeaZCoy68SSdiy7L+nnpVwZYdlc/ddzOAj3i7Aiiex/1UZTaMLxxAMP1na+85goeLQq1ogP2u14Kau/fdA4fYBbK0ZHM0mxaiff6v//SmDZUnYiv/MtnYYfY6Vicb9o2c100dB0K2npPJHwi3Tyx34gqRj14F3harVrMnOUczYmd5oS0I9uuoeeznYcek0cjin4x1qDUvt777n6ltJOVfxVkvJjk49Gkw==

ANTONIO CASTILLO GUTIERREZ | Fecha:2024-05-30 13:52:30 | FIRMANTE

qCTIYX/cRDHFRE5z73lW7mwqGXyKluHmSHISCgcViGpmTkwACX1e/QjDzJMjgruNoGLrgx1bzcMwxwVejgdYRXZxe5MB3NkTHgVc+DA4GDT9tOMlxK4+Ydi0DOc/qL9utJxEL E1UifSnzCPo9g2jMYy9/AWvXgd/dAfFiuZSYaB9D7fHSV/izTlIfmgqrrYxR1earFSNVaJjGMxjOX/v4yqIIBKHU1O4Dq0vLtEd4mwsUEpFv7jDiQlyFZ4Fh48AuUsMk0GTZloEQjuQqf q8a9UqJd/3fhfEEv85tUx9gxOw8S4JEXvJTeemjd0l++6DWigiwFbVBYLGGZ7HA6602w==

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



OQfM5UoDG

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/TvfcgCatndjOsfaXSsY5xKIOzW8onZaL>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029