

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Comparación de híbridos comerciales y experimentales de maíz

POR

WENDY MORALES JUÁREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Comparación de híbridos comerciales y experimentales de maíz.

POR:

WENDY MORALES JUÁREZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR



DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
Presidente



DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
Vocal



DR. JORGE QUIROZ MERCADO
Vocal



M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
Vocal suplente



DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
TORREÓN, COAHUILA


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DICIEMBRE DE 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Comparacion de hibridos comerciales y experimentales de maíz

POR:

WENDY MORALES JUÁREZ

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL COMITÉ DE ASESORIA COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR EL COMITÉ DE ASESORÍA:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA
Asesor principal


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA
Asesor


DR. JORGE QUIROZ MERCADO
Asesor


M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
Asesor


DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA
COORDINADOR DE LA DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS


COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2022

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme y darme fortaleza de llegar hasta donde el momento estoy y cumplir uno de mis más grandes objetivos.

A la **Universidad Atonóma Agraria Antonio Narro** mi **alma mater** por haberme recibido en su seno, por permitirme formar parte de ella y haberme formado a nivel licenciatura y darme una formación como profesionista.

A mis padres **Rodolfo Morales Lopez** y **Adiflor Juárez Roblero** por haberme brindado su apoyo en el transcurso de mi formación y confiar en mi para lograr este proposito.

A mis **hermanos** por haberme brindado su apoyo incondicional en el lapzo de mi formación.

Al **Dr. Armando Espinoza Banda** por haberme dado la oportunidad de participar en este proyecto, así mismo darme su apoyo y acertadas sugerencias para el presente trabajo; sobre todo por su disposición y paciencia para la finalización del mismo y ser un buen guía para adquirir conocimientos.

A la **Dra. Oralia Antuna Grijalva, Dr. Jorge Quiroz Mercado** y **M.C. José Jaime Lozano García** por aceptar ser parte del comité de sinodales.

Al **Ing. Moises Mauricio López Vázquez** por ser parte fundamental para que se llevara a cabo este experimento y sobre todo por brindarme su apoyo, parte de su conocimiento.

Al **Ing. Marco Arredondo** por estarme brindando su apoyo, buenos aprendizajes, consejos y buenos deseos.

A mis **amigos** Ing. Diana Vanessa Agüero, Ing. Mitzi Mayby Chavez Matus, Ing. Francisco Javier Agüero, Ing. Jesús Soriano por los años de amistad y por todos sus consejos.

DEDICATORIAS

Dedicado a **DIOS** por mostrarme tu infinita bondad, aún en los tiempos de dolor, por regalarme todavía tu aliento de vida para disfrutar de tu creación y un rayo de tu sabiduría, para reconocer su valor.

A uno de mis primeros amores mis padres **Rodulfo Morales Lopez y Adiflor Juarez Roblero** sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer toda una vida de lucha, sacrificio, y esfuerzo constante. Solo quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo, y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo, fue su incondicional apoyo.

Mis Padres Arnulfo Santos Velázquez Hernández, y Ramona Juárez Roblero por estar siempre apoyándome este logro también es de ellos.

A mis hermanos en especial **Danier Morales Juárez** por estar ahí cuando lo e necesitado, por no dejarme sola y brindarme todo su apoyo, y **Axel Morales Juarez** por llenarme de momentos de alegría y su apoyo.

A mis tios y tias Oel, Abel, Idalia, Micaela ,María (qepd), porlo orgullosos que se sienten de mí y su apoyo de manera incondicional. En especial a mi tía Mari, aunque tu partida fue antes y no alcanzaste verme llegar a este momento se lo orgullosa y feliz que te has de sentir.

RESUMEN

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna ubicada en periférico Raúl López Sánchez y carretera Santa Fe, en Torreón Coahuila, México, en el ciclo primavera-verano 2021, como parte del cuerpo académico 033. Objetivo comparar un grupo de híbridos comerciales con un grupo de híbridos experimentales generados por el programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL. El diseño fue bloques al azar con 15 tratamientos y tres repeticiones. La parcela fue un surco de 2 m de largo y 0.75 m entre surco a 0.125 m entre planta y planta. Las variables evaluadas fueron: Floración Masculina (FM), Floración Femenina (FF), Altura de planta (AP), Altura de la mazorca (AMZ), Longitud de mazorca (LMZ), Número Granos por hilera de la mazorca (NGH), Diámetro de la mazorca (DMZ), Número de Hileras de la mazorca (NH), y Rendimiento de Grano (RG). El análisis de varianza fue significativo para 5 variables agronómicas, la diferencia se explica a qué híbridos comerciales y experimentales tienen origen genético muy diferente. El híbrido comercial Antílope fue el de mayor rendimiento ya que presentó el máximo valor de $12775.1 \text{ kg ha}^{-1}$, estadísticamente igual a EN-02-7xEN-06-12, EN-02-7xEN-04-4 y EN-02-4xEN-05-08. Los híbridos con menor rendimiento de grano (EN-02-7xEN-06-16 y EN-02-4xEN-08-6), coincidentemente fueron también de menor altura de planta y mazorca, ya que expresaron el idiotipo braquítico de estructura compacta y hojas erectas, por tal razón el sistema de siembra utilizado no fue el óptimo para expresar su potencial.

Palabras claves: Maíz, Híbrido, Rendimiento, Braquítico, Variables agronómicas

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
RESUMEN	III
INDICE	IV
INDICE DE CUADROS.....	VI
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Hipótesis	3
II.-REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.2 Híbrido	4
2.3 Tipos de híbridos.....	5
2.3.1 Cruza simple	5
2.3.2 Cruza doble	5
2.3.3 Cruza triple o trilineal.....	5
2.4. Resultados de híbridos experimentales.....	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Localización geográfica del sitio experimental	8
3.3 Material genético.....	8
3.4 Diseño experimental	9
3.5 Parcela experimental	9
3.6 Preparación de terreno	9
3.7 Siembra.....	9

3.8 Aclareo de plantas	9
3.9 Control de malezas.....	9
3.10 Aporque	10
3.11 Fertilización.....	10
3.12 Riego	10
3.13 Cosecha.....	11
3.14 Variables evaluadas	11
3.14.1 Floración Masculina (FM).....	11
3.14.2 Floración Femenina (FF).....	11
3.14.3 Altura de planta (AP).....	11
3.14.4 Altura de la mazorca (AM)	11
3.14.5 Longitud de mazorca (LMZ).....	12
3.14.6 Diámetro de la mazorca (DMZ)	12
3.14.7 Número de Hileras de la mazorca (NHI).....	12
3.14.9 Rendimiento de Grano (RG).....	12
3.14.10 Humedad de Campo (HC).....	13
3.14.11 Peso de Grano (PG)	13
 IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	 15
 V. CONCLUSIONES	 22
 VI. BIBLIOGRAFÍA.....	 23

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Relación de híbridos comerciales y experimentales. UAAAN-UL.....	8
Cuadro 3.2 Control de plagas en maíz. UAAAN-UL 2021.....	10
Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de nueve variables cuantificadas en seis híbridos comerciales y nueve experimentales en el Campo experimental de la UAAAN-UL. 2022.....	16
Cuadro 4.2 Valores medios para días a floración masculina, femenina e intervalo de floración en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.....	17
Cuadro 4.3 Valores medios para altura de planta (AP) y mazorca (AMZ) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.....	18
Cuadro 4.4 Valores medios para diámetro de mazorca (DMZ) y numero de hileras (NH) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.....	19
Cuadro 4.5 Valores medios para longitud de mazorca (LMZ) y número de granos por hileras (NGH) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.....	20
Cuadro 4.6 Valores medios para rendimiento de grano (REN) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.....	21

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos básicos más importantes y extendidos en todo el mundo (Ortega, 2014) y, en México lo es desde el punto de vista alimentario, económico, político y social. Este grano se produce en dos ciclos agrícolas: primavera-verano el avance a enero 2021 registra 5.8 millones de toneladas de hectáreas sembradas, lo cual presenta un incremento de 7.1% y otoño-invierno, se registró 7.9 millones de toneladas, cifra 0.1% mayor respecto del ciclo precedente, con un rendimiento de 5.0 toneladas por hectárea a nivel nacional refiriéndose a producción de grano (SIAP,2021), bajo diversas condiciones agroclimáticas de humedad: seco (temporal), punta de riego y riego (Luna *et al.*, 2012). Los estados con mayor superficie cultivada y producción de maíz son: Sinaloa, Jalisco, México, Chiapas, Puebla, Michoacán, Veracruz y Guerrero (Acosta, 2009).

La Comarca Lagunera se localiza en la parte Norte del país, es una de las cuencas lecheras más importantes de todo Latinoamérica donde el maíz representa el abasto de la demanda de consumo de forrajes del ganado bovino, (Palacio, 2014). Se estima que la siembra de maíz es de 60,000 ha para grano y para forraje, sin embargo, la siembra para forraje prevalece respecto la de grano. Actualmente se ha enfocado más en el estudio para producir más forraje para abastecer la demanda alimentaria animal tomando como referencia el riego por gravedad (Palacio, 2014).

Hay programas de mejoramiento de maíz en los cuales las prioridades que se toman en cuenta para su selección son la digestibilidad, el rendimiento de materia seca y el porcentaje de elote, sin embargo siempre se toma en cuenta por lo regular para mayor producción de materia seca y se pone menos énfasis en otros valores (Hugo, 2014).

Específicamente, en la Comarca Lagunera el rendimiento promedio de maíz grano es de 3.3 Mg ha⁻¹ en riego, (Wong *et al.*, 2007) con una superficie de 1115 ha en su mayoría con híbridos comerciales desarrollados por compañías transnacionales e introducidos en otras áreas del país (Donnet *et al.*, 2012). Una alternativa para elevar la producción de maíz es el uso de variedades mejoradas, entre las que se encuentran los híbridos (Espinosa *et al.*, 2009).

Las compañías de semillas han cubierto con éxito los nichos del campo mexicano que ofrecen mayor rentabilidad para sus actividades de producción y comercialización (Espinosa *et al.*, 2009). Sin embargo, más del 75% del mercado mundial semillero de maíz lo dominan cinco compañías transnacionales y además existen numerosas empresas semilleras regionales y locales (Delgado, 2017) donde se ubican las instituciones públicas de educación superior (Márquez, 2009). Por lo anterior, el propósito del presente trabajo es comparar un grupo de híbridos comerciales con un grupo de híbridos experimentales generados por el programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL.

1.1 Objetivos

Comparar un grupo de híbridos comerciales con un grupo de híbridos experimentales generados por el programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL.

1.2 Hipótesis

Se espera que el grupo de híbridos experimentales generados por el programa de mejoramiento genético de la UAAAN-UL, sea igual ó mejor que el grupo de híbridos comerciales.

II.-REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 Importancia en la agricultura

La importancia del cultivo de maíz en la agricultura de México, así como los avances logrados en su producción, un 90% proviene de materiales híbridos, por lo que casi toda la semilla certificada y fiscalizada disponible en el mercado corresponde a este tipo de material (Jiménez y Segovia, 2009). El uso de híbridos 2.5 millones de hectáreas que se siembran cada año; cerca de un millón están comprendidas dentro de los niveles de buena y media productividad y 100 mil hectáreas están bajo condiciones de riego (Macías *et al.*, 2004). Condiciones bajo las cuales los híbridos expresan al máximo su potencial genético, dado por el efecto heterótico de cruzar progenitores de relativa divergencia genética (Gómez, 1986; Vasal *et al.*, 1992).

2.2 Híbrido

La hibridación del maíz es considerada un método genotécnico que tiene como objetivo principal el aprovechamiento de la generación F_1 (Híbrido F_1) que es el resultado de la cruce de dos progenitores con cualquier estructura genética, estos pueden ser variedades de polinización libre, variedades sintéticas, familias y líneas parcial y totalmente endogámicas (Ramírez *et al.*, 2015). En la producción normal de semilla de maíz híbrido, se producen generalmente tres clases de semilla que son: cruza simples, cruza dobles y cruza triples o trilineales (Reyes, 1990).

2.3 Tipos de híbridos

2.3.1 Cruza simple

Se describe como una cruza simple a la descendencia híbrida que se obtiene por cruzamiento de dos líneas autofecundadas y que esta recupera el vigor y la productividad que perdió durante el proceso de endogamia, por tanto, será más productiva y vigorosa que sus progenitores (Poehlman, 1983).

Una cruza simple o híbrido simple es el resultado del cruzamiento entre dos genotipos diferentes, generalmente dos líneas endocriadas (Chávez 1995 y Reyes, 1990).

2.3.2 Cruza doble

Se describe como una cruza doble aquella en la que intervienen cuatro líneas progenitoras: una cruza simple por otra cruza simple, bajo condiciones de aislamiento. Además menciona que el híbrido resultante no es tan uniforme como la cruza simple pero que presenta una semilla más uniforme en cuanto a tamaño y apariencia; además, en mayores cantidades debido a que proviene de progenitores (cruzas simples) altamente productivas (Poehlman, 1983).

2.3.3 Cruza triple o trilineal

Se describe a la cruza triple como la resultante de cruzar un híbrido simple (cruza simple) utilizada como hembra y una línea utilizada como macho. Menciona que esta es una de las cruzas que más utilizan las empresas para la producción de grano (Chavez, 1995).

Rodríguez *et al.* (1997) y Sierra *et al.* (1998) recomiendan la utilización de híbridos formados por tres líneas como una buena alternativa, al aprovechar las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz; al cruzar líneas de relativa divergencia genética con cruza simples de alto rendimiento. Vasal *et al.* (1992) sugieren la utilización de cruza triples en la producción de semilla comercial por su buen rendimiento, facilidad de mantenimiento y reproducción.

2.4. Resultados de híbridos experimentales

Antes de recomendar a los productores un genotipo, se requiere evaluar su respuesta fenotípica en varios ambientes. Por tal motivo en este estudio, se evalúan las características fenotípicas más importantes, como son: altura de planta y mazorca, días a floración masculina y femenina, rendimiento del grano y sus componentes morfológicos, entre otros (Márquez, 2009; Martínez *et al.*, 2018).

Una alternativa para elevar la producción de maíz es el uso de variedades mejoradas, entre las que se encuentran los híbridos (Espinosa *et al.*, 2009). El uso de híbridos ha permitido mejorar los componentes de producción de la mazorca y por ende elevar el potencial productivo del maíz (Zamudio *et al.*, 2015). Además de la selección del híbrido, los usos de prácticas de cultivo adecuadas pueden incrementar el rendimiento (Chura y Tejada, 2014).

El rendimiento de grano es una característica cuantitativa, que está determinada por muchos genes que interactúan (Martínez *et al.*, 2016). La interacción genotipo ambiente y la estabilidad del rendimiento merecen atención primordial, para la evaluación de los genotipos desarrollados en diferentes circunstancias de la producción, por lo que es necesario la integración de los

conceptos de estabilidad para definir el comportamiento de cultivares evaluados a través de ambientes contrastantes (Córdova, 1991).

Bejarano (2003), indicó que el rendimiento de maíz se podría incrementar utilizando híbridos simples mediante el desarrollo de líneas endogámicas más vigorosas y productivas. No obstante, se debe tener en cuenta que la producción de semilla híbrida es más costosa que la multiplicación de la línea pura o de cultivares de polinización abierta. Por lo tanto, el comportamiento de un híbrido debe ser lo suficientemente superior al de otros tipos de cultivares disponibles del cultivo, para que justifique el costo de producción de la semilla híbrida (Ferh, 1987).

III. Materiales y métodos

3.1 Localización geográfica del sitio experimental

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), Unidad Laguna, en Torreón, Coah., Méx., el cual se localiza en las coordenadas 103°26 '33" latitud oeste y 25°32 '40" latitud norte, a una altitud de 1,120 m, con clima seco, semicálido, precipitación media anual de 225 mm, temperatura media anual de 20 a 22.3 °C y suelo de textura migajón arcillosa con bajos contenidos de materia orgánica (Palacio, 2014).

3.3 Material genético

El material genético consistió en seis híbridos de maíz de origen comerciales y nueve híbridos experimentales, pertenecientes al programa de mejoramiento de la UAAAN-UL

Cuadro 3.1 Híbridos comerciales y experimentales. UAAAN-UL.

Híbridos Experimentales	Híbridos comerciales
EN-02-4xEN-02-16	Rx717
EN-02-4xEN-05-08	Canguro
EN-02-4xEN-08-6	Berrendo
EN-02-7xEN-03-3	Armadillo
EN-02-7xEN-04-4	Antílope
EN-02-7xEN-06-12	Caribú
EN-02-7xEN-06-16	
Hibrido (L2xL26)	
Hibrido (L1xL28)	

3.4 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con 15 tratamientos y tres repeticiones.

3.5 Parcela experimental

La parcela experimental consistió en un surco de 0.75 m de ancho y 2 m de longitud.

3.6 Preparación de terreno

El manejo fue convencional: un barbecho y un rastreo antes de la siembra.

3.7 Siembra

Se realizó en seco, de forma manual el 19 de marzo de 2021. La distancia de siembra fue de 0.75 m entre surcos y entre plantas 0.12 m con dos semillas por sitio, a una densidad de 106,664 plantas ha⁻¹.

3.8 Aclareo de plantas

El aclareo de las plantas de maíz se realizó a los 20 días después de la siembra, dejando una planta en 21 plantas en cada parcela.

3.9 Control de malezas

Para el control de maleza se utilizó el método químico. Se aplicaron herbicidas con los ingrediente activos: 6-cloro-N2-etil-N4- isopropil-1, 3,5- triazina-2,4-diamina (Atrazina:) y terbutrina: 2-(Tert-butilamino)-4-(etilamino)-6-(metiltio)-S-triazina con la dosis recomendada.

3.10 Aporque

Se realizaron dos aporques, el primero un mes después de la siembra con paso de maquinaria y el segundo se hizo 15 días después de forma manual.

3.11 Fertilización

La fertilización se realizó a través de un inyector Venturi. La dosis de fertilización que se utilizó fue 200-100-00 (NPK). Utilizaron como fuente de nitrógeno Urea y como fuente fósforo Ácido fosfórico.

3.12 Riego

El sistema de riego fue por goteo utilizando cintilla calibre 6000, con emisores a 20 cm y una descarga de 1L h⁻¹. La presión de operación del sistema de riego fue de 15 Lb. La lámina total de riego fue de 59.74 cm.

Cuadro 3.2 Control de plagas en maíz. UAAAN-UL 2021.

Nombre de plaga	Insecticida	Dosis (L ha ⁻¹)
Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Lorsban (Clorpirifos)	0.75 -2
	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125
Pulga Saltona (<i>Chaetocnmaectypa</i>)	Coragen (Clorantraniliprol)	75-125 mL/ha
Araña roja (<i>Tetranychusurticae</i>)	Abamectina	0.5-1.2 L/ha
	Sunfire (Clorfenapir)	250 mL/ha

3.13 Cosecha

Se realizó cuando las plantas alcanzaron madurez fisiológica, la cual se determinó cuando se presentó la capa negra en el grano. Se cosecho todas las mazorcas de la parcela útil

3.14 Variables evaluadas

Las variables agronómicas evaluadas en los mestizos de formas cuantitativas y cualitativas.

3.14.1 Floración Masculina (FM)

La floración se evaluó cuando el 75% de las plantas de las parcelas liberaban polen. Se expresó en días.

3.14.2 Floración Femenina (FF)

Se evaluó cuando el 75% de las plantas, en la parcela habían expuesto los estigmas. Se expresó en días.

3.14.3 Altura de planta (AP)

Se seleccionaron cinco plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la espiga. Se expresó en metros (m).

3.14.4 Altura de la mazorca (AM)

Se seleccionaron cinco plantas al azar y se midió desde la base de la planta hasta la inserción de la mazorca superior. Se expresó en metros (m).

3.14.5 Longitud de mazorca (LMZ)

Se tomaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y se midió con una regla de 30 cm. Se expresó en centímetros (cm).

3.14.6 Diámetro de la mazorca (DMZ)

Se seleccionaron cinco mazorcas al azar de cada parcela y se midió con un vernier digital marca Truper, en la parte media de la mazorca superior. Se expresó en centímetros (cm).

3.14.7 Número de Hileras de la mazorca (NHI)

Se contabilizaron el número de hileras en cinco mazorcas de cada parcela

3.14.8 Número Granos por hilera de la mazorca (NGH)

Este dato se obtuvo tomando cinco mazorcas de cada muestra, y luego se contabilizaron los granos de la hilera por mazorca.

3.14.9 Rendimiento de Grano (RG)

El rendimiento de grano se calculó con la siguiente formula y se expresó en Kg ha^{-1} .

$$RG = PG * CSC * FH/100$$

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

Constante de la superficie Cosechada (CSC)

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

$$CSC = (10000 / 1000) / SC$$

Dónde: SC: superficie cosechada.

3.14.10 Humedad de Campo (HC)

Se tomó una muestra de 250 g de grano por parcela y se colocó en un determinador de humedad marca Dickey-John Mini modelo MT-16, y se expresó en porcentaje (%).

Factor de humedad (FH)

El factor de humedad se utilizó para ajustar la humedad de campo a 14% y fue determinado con la siguiente fórmula:

$$FH = (100 - HC) (100) / 85.5$$

3.14.11 Peso de Grano (PG)

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

Se realizó un análisis de varianza en SAS versión 9.4, (2013) en un diseño de bloques incompletos. Como se muestra a continuación

$$Y_{ijkl} = \mu + R_j + L_i + B/R(k_j) + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Es la respuesta de la i-ésima línea, evaluada en el k-ésimo bloque, en la j-ésima repetición.

u = Es el efecto de la media general

R_j = Es el efecto de la j -ésima repetición

L_i = Es el efecto de la i -ésima línea

B_k = Es el efecto del k -ésimo Bloque

ε_{ijk} = Es efecto del Error experimental

Análisis de varianza. Se realizó un análisis de varianza en SAS versión 9.4, (2013) en un diseño de bloques incompletos. Como se muestra a continuación

$$Y_{ijkl} = u + R_j + L_i + B/R(k_j) + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijkl} = Es la respuesta de la i -ésima línea, evaluada en el k -ésimo bloque, en la j -ésima repetición.

u = Es el efecto de la media general

R_j = Es el efecto de la j -ésima repetición

L_i = Es el efecto de la i -ésima línea

B_k = Es el efecto del k -ésimo Bloque

ε_{ijk} = Es efecto del Error experimental

IV. RESULTADO Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1, se presenta el análisis de varianza de los híbridos comerciales y experimentales.

Fue altamente significativo para las variables AP, AMZ, DMZ, REN, mientras que la variable NH fue significativo ($P \leq 0.05$). La diferencia de esto se debe a que los híbridos comerciales y experimentales tienen origen genético muy diferente.

En contraste con las variables FM, FF, LMZ, NGH las cuales no fueron significativos. Estas similitudes se pueden dar por el tipo de ciclo que se tiene en cada uno de ellos clasificados como intermedio. Y entorno a las diferencias en mazorcas se explica que tanto híbridos comerciales como experimentales tienen mazorcas con mayor DMZ y NH.

Respecto a AP y AM se explican que los híbridos comerciales son de altura normal y los experimentales tienen un fondo braquítico que condiciona a una menor altura. Los coeficientes de variación oscilaron de 2.6% a 16.8%, y se consideraron aceptable.

Gómez y Gómez, 1984; Martínez, 1988; Patel *et al.*, 2001 indican que si el valor del CV supera el 30%, los datos deben ser descartados por la baja precisión que se tuvo.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de nueve variables cuantificadas en seis híbridos comerciales y nueve experimentales en el Campo experimental de la UAAAN-UL. 2022.

F.V	Repetición	Tratamiento	E.E	C.v (%)
G.L	2	14	28	
FM(días)	16.42 *	5.26 n.s	3.7	2.6
FF(días)	33.86 **	5.29 n.s	6.03	3.31
AP (cm)	427.12 n.s	1707.13 **	453.06	12.2
AMZ (cm)	243.91 n.s	1208.33 **	257.94	16.8
LMZ (cm)	2.54 n.s	4.13 n.s	2.85	11.3
NGH	2.56 n.s	27.22 n.s	20.85	13.9
DMZ (mm)	5.15 n.s	28.61 **	7.95	5.8
NH	0.04 n.s	3.8 *	1.53	7.9
REN (kg ha ⁻¹)	1363848.3 n.s	12182362.3**	433233.6	7.1

ns, = No-significativo; *, **=significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad. FM=Floración femenina, FM= Floración masculina; AP=Altura de planta, AMZ=Altura de mazorca, LMZ=Longitud de mazorca, NGH= Numero de granos por hilera, DMZ= Diámetro de mazorca, NH= Numero de hileras, REN=Rendimiento de grano.

En el Cuadro 4.2 se presenta los valores medios de floración masculina y femenina donde se observan diferencias no significativas. En promedio, los híbridos comerciales y experimentales presentaron un intervalo de 71 y 74 días a floración masculina y femenina lo cual se considera un intervalo aceptable, de acuerdo con Bolaños y Edmeades (1990). Indicaron que bajo condiciones normales, se tienen relativamente un intervalo de floración promedio de 2-3 días y un rango máximo cerca de 10 días. Con excepción de los híbridos EN-02-7xEN-03-3, EN-02-4xEN-08-6, Híbrido-2 e Híbrido-1 que presentaron intervalo de 4 a 5 días, el resto registro un intervalo de 0 a 3 días.

Cuadro 4.2 Valores medios para días a floración masculina, femenina e intervalo de floración en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.

Origen	FM (días)		FF (días)		IF ₁
EN-02-4xEN-02-16	74	a [†]	75	a	1
CANGURO	73	a	73	a	0
ANTILOPE	73	a	75	a	2
BERRENDO	72	a	74	a	2
ARMADILLO	72	a	72	a	0
EN-02-7xEN-04-4	72	a	75	a	3
CARIBU	72	a	74	a	2
RX717	71	a	71	a	0
EN-02-4xEN-05-08	71	a	73	a	2
EN-02-7xEN-03-3	71	a	76	a	5
EN-02-7xEN-06-12	70	a	72	a	2
EN-02-4xEN-08-6	70	a	74	a	4
HIBRIDO 2	70	a	74	a	4
EN-02-7xEN-06-16	70	a	72	a	2
HIBRIDO1	70	a	75	a	5
MEDIA	71		74		3
Tukey(0.05)	5.8		7.4		

[†] Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente iguales.

En relación con la altura de planta se observa que Berrendo presentó la mayor altura con 208 cm, siendo estadísticamente igual a 12 híbridos donde se agrupan el resto de los híbridos comerciales y cinco experimentales. En contraste dos híbridos experimentales mostraron la menor altura con 127.5 y 119.6 cm.

En AMZ se observa la misma tendencia que para AP, encabezada solamente por Armadillo con 115.2 cm estadísticamente igual a 12 híbridos. Los híbridos experimentales restantes mostraron una AMZ inferior a la media con valores de 54 y 49 cm.

En general se observó que a mayor AP mayor AMZ, lo cual coincide con Machado (2013) quien encontró correlaciones de 0.88 ** entre estas dos variables en maíz harinoso. Esta misma autora señala que es importante determinar la altura óptima de la mazorca o índice de altura de tal manera acercar dicho índice a 0.5 sin detrimento del rendimiento.

De los híbridos evaluados los más cercanos al IOP fueron Rx717 y Canguro con 0.49 y 0.52 respectivamente. El resto se desfaso 5 o más unidades.

Cuadro 4.3 Valores medios para altura de planta (AP) y mazorca (AMZ) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.

Origen	AP (cm)		AMZ (cm)		IOP
BERRENDO	208.0	a [†]	114.6	a	0.55
ARMADILLO	201.9	A	115.2	a	0.57
ANTILOPE	196.4	a	108.5	a	0.55
HIBRIDO 2	184.9	a b	108	a	0.58
RX717	182.6	a b c	89.2	a b c	0.49
HIBRIDO1	182.6	a b c	110.5	a	0.61
EN-02-7xEN-04-4	179.2	a b c	100.8	a b	0.56
EN-02-4xEN-05-08	177.0	a b c	102.9	a	0.58
CARIBU	176.2	a b c	95.0	a b c	0.54
EN-02-4xEN-02-16	172.9	a b c	110.7	a	0.64
EN-02-7xEN-03-3	172.2	a b c	94.6	a b c	0.55
EN-02-7xEN-06-12	168.6	a b c	94.5	a b c	0.56
CANGURO	165.6	a b c	86.0	a b c	0.52
EN-02-7xEN-06-16	127.5	b c	54.0	b c	0.42
EN-02-4xEN-08-6	119.6	c	49.0	c	0.41
MEDIA	174.4		95.6		0.55
Tukey	64.4		48.6		

IOP= Índice óptimo de altura. [†] Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente iguales.

Los híbridos evaluados fueron estadísticamente diferentes para DMZ y NH. Respecto a DMZ el híbrido Armadillo fue superior con 53.2 mm y, estadísticamente igual a los híbridos Caribú, Antílope, Berrendo y EN-02-7xEN-06-12, cuadro 4.4. Para NH, Armadillo muestra el mayor valor con 17.4 hileras, estadísticamente igual a 13 híbridos, con excepción del híbrido experimental EN-02-4xEN-02-16.

Vásquez y Bellorin (2016); Borroel *et al.*, 2018 encontraron una correlación alta y positiva del DMZ con el rendimiento de grano, no así para el NH.

Cuadro 4.4 Valores medios para diámetro de mazorca (DMZ) y número de hileras (NH) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.

Origen	DMZ (cm)		NH	
ARMADILLO	53.2	a [†]	17.4	a b [†]
CARIBU	51.5	a	16.2	a b
ANTILOPE	51.4	a	17.0	a b
BERRENDO	49.9	a b	15.8	a b
EN-02-7xEN-06-12	47.8	a b	14.0	a b
RX717	47.7	a b	15.8	a b
HIBRIDO 2	47.1	a b	16.0	a b
EN-02-7xEN-04-4	46.8	a b	15.0	a b
EN-02-7xEN-03-3	46.4	a b	15.0	a b
EN-02-4xEN-02-16	45.5	a b	13.4	B
EN-02-7xEN-06-16	45.3	a b	14.2	a b
CANGURO	45.0	a b	16.1	a b
EN-02-4xEN-05-08	44.8	a b	14.2	a b
EN-02-4xEN-08-6	42.8	b	15.8	a b
HIBRIDO1	51.9	a	15.4	a b
MEDIA	47.8		15.4	
Tukey (0.05)	8.5		3.7	

[†] Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente iguales.

Para las variables LMZ y NGH no se encontraron diferencias significativas lo cual indica que fueron similares ambos grupos de híbridos. Pero se observa que

EN-02-4xEN-05-08 y EN-02-4xEN-02-16 fueron numéricamente los de mayor expresión en las variables de LMZ y NGH. Estas dos caracteres están asociados entre sí y con en el rendimiento (Martínez *et al.*, 2010; Mendoza *et al.*, 2018; Salas y Borroel, 2018).

Cuadro 4.5 Valores medios para longitud de mazorca (LMZ) y número de granos por hileras (NGH) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.

Origen	LMZ (cm)		NGH	
EN-02-4xEN-05-08	17.3	a [†]	39.2	a [†]
EN-02-4xEN-02-16	15.9	a	36.3	a
RX717	15.7	a	32.3	a
CARIBU	15.7	a	29.8	a
HIBRIDO 2	15.6	a	33.9	a
ANTILOPE	15.1	a	32.6	a
BERRENDO	14.9	a	34.3	a
EN-02-7xEN-03-3	14.9	a	33.6	a
CANGURO	14.8	a	27.0	a
EN-02-7xEN-04-4	14.4	a	33.8	a
EN-02-7xEN-06-12	14.3	a	31.4	a
HIBRIDO1	14.2	a	33.2	a
ARMADILLO	13.5	a	28.8	a
EN-02-4xEN-08-6	13.1	a	34.6	a
EN-02-7xEN-06-16	12.8	a	30.0	a
MEDIA	14.8		32.7	
Tukey	5.1		13.8	

[†] Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.6 se observan los rendimientos medios de los 15 híbridos evaluados, donde la media general fue de 9215.2 kg ha⁻¹, la cual supera a la media nacional y regional que indica el potencial de los materiales evaluados.

En rendimiento de grano (REN), se observaron diferencias altamente significativas, donde el híbrido comercial Antílope presentó el máximo valor de

12775.1 kg ha⁻¹ estadísticamente igual a EN-02-7xEN-06-12, EN-02-7xEN-04-4 y EN-02-4xEN-05-08.

Se observa que el REN en los híbridos del grupo a y b son superiores a la media y el resto de los grupos son inferiores a la media. En relación con los resultados se puede decir que cuatro de los híbridos experimentales fueron iguales a dos comerciales, Antílope y Rx717.

Los híbridos con menor rendimiento de grano (EN-02-7xEN-06-16 y EN-02-4xEN-08-6), coincidentemente fueron también la menor altura de planta y mazorca, ya que expresaron el idiotipo braquítico de estructura compacta y hojas erectas, por tal razón el sistema de siembra utilizado no fue el óptimo para expresar su potencial.

Cuadro 4.6 Valores medios para rendimiento de grano (REN) en seis híbridos comerciales y nueve experimentales. UAAAN-UL 2022.

Origen	REN (kg ha⁻¹)	
ANTILOPE	12775.1	a [†]
EN-02-7xEN-06-12	11701.3	a b
EN-02-7xEN-04-4	11295.1	a b
EN-02-4xEN-05-08	11015.9	a b c
EN-02-4xEN-02-16	10556.1	b c d
RX717	10519.9	b c d
BERRENDO	9090.0	c d e
CARIBU	8919.7	d e f
L2xL26	8884.7	d e f
CANGURO	8660.8	d e f g
EN-02-7xEN-03-3	7664.6	e f g h
EN-02-7xEN-06-16	7180.1	e f g h
EN-02-4xEN-08-6	6981.6	f g h
ARMADILLO	6672.5	g h
L1xL28	6315.4	h
MEDIA	9215.2	
Tukey(0.05)	1992.2	

[†] Medias con la misma letra en cada columna no son estadísticamente iguales.

V. CONCLUSIONES

Los híbridos agromorfológicamente fueron estadísticamente iguales para las variables FM, FF, LMZ y NGH, y diferentes para AP, AM, DMZ y NH.

El híbrido Antílope mostró la mayor altura de planta con 208 cm, en contraste, el híbrido experimental EN-02-4xEN-08-6 presentó la menor altura con 119.6 cm.

Para DMZ, tantos híbridos comerciales y experimentales fueron estadísticamente iguales, con excepción del híbrido EN-02-4xEN-08-6.

Híbridos comerciales y experimentales estadísticamente fueron iguales para NH, con excepción del híbrido EN-02-4xEN-02-16 que registró estadísticamente el menor NH.

En rendimiento, los híbridos comerciales y experimentales fueron significativamente diferentes.

El híbrido comercial Antílope presentó el mayor rendimiento de grano con 12775.1 kg ha⁻¹ estadísticamente igual a tres híbridos experimentales.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2009). El cultivo de maíz, su origen y su clasificación. *Cultivos tropicales*, 30 (2):113-120.
- Jiménez, Y. A., & Segovia, V. S. (2009). Formación, evaluación y descripción del híbrido simple de maíz (*Zea mays* L.) amarillo INIA 21. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(3), 499-508.
- Bejarano, A. (2003). Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía tropical*, 53(4), 61-69.
- Bolaños, J., & Edmeades, G. O. (1990). La importancia del intervalo de la floración y el índice en el mejoramiento para la resistencia a sequía en Maíz tropical. *Agronomía mesoamericana*, 1(1), 45-50.
- Borroel García, V. J., Salas Pérez, L., Ramírez Aragón, M. G., López Martínez, J. D., & Luna Anguiano, J. (2018). Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 423-429.
- Chávez, J.L. 1995. Mejoramiento de plantas I. Editorial Limusa, México.
- Chura Chuquija, J., & Tejada Soraluz, J. (2014). Behavior of yellow corn hybrids in town of La Molina, Perú. *IDESIA*, 32(1), 113-118.
- Córdova, H. S. (1991). Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centro América Panamá y México. *Agronomy Mesoamerican*, 01-10.
- Delgado, R.J. 2017. La selección del híbrido de maíz. INTAGRI. México.
- Donnet, M. L., López, D., Arista, J., Carrión, F., Hernández, V., & González, A. (2012). *El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México*. CIMMYT.
- Espinosa, A., Tadeo, M., Turrent, A., & Gómez, N. (2009). El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*, 92(092).
- Ferh, W. R. (1987). Principles of cultivar development: theory and technique. *New York*.

- Gómez, M. N. (1986). Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Rev. Fitotecnia Mexicana*, 8(1), 3-19.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. John Wiley & sons
- Gordon, R., Camargo, I. 2015. SELECCIÓN DE ESTADÍSTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRECISIÓN EXPERIMENTAL EN ENSAYOS DE MAÍZ. Panamá. *Agron. Mesoam.* 26(1):55-63.
- Hugo, P. D. (2014). Comparación de híbridos de maíz de alto potencial forrajero. Tesis de licenciatura UAAAN, 14-16.
- Luna Mena, B. M., Hinojosa Rodríguez, M. A., Ayala Garay, Ó. J., Castillo González, F., & Mejía Contreras, J. A. (2012). Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 1-7.
- Machado, V. (2013). Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati Morotí. *Investigación Agraria*, 15(2), 75-81
- Márquez-Sánchez, F. (2009). De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II: la hibridación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 6(2), 161-176.
- Martínez, G. (1988). *Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría* (No. As1092). Trillas
- Martínez, M., Ortiz, R., Ríos, H., & Acosta, R. (2010). Analysis of correlations in Cuban populations of maize. *Cultivos Tropicales*, 31(2), 82-91.
- Martínez, S.J., N. Espinosa P., A.L. Ramírez, C., R. Camas G. y Y. Villegas A. 2018. Expresión fenotípica y estabilidad en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 5(1):1-12.
- Martínez-Sánchez, J., Paz, N. E., & Aparicio, Y. V. (2016) INTERACCIÓN GENOTIPO-AMBIENTE EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVO DE CHIAPAS1 [GENOTYPE BY ENVIRONMENT INTERACTION IN CHIAPAS MAIZE LANDRACES].
- Mendoza-Pedroza, S. I. (2018). COMPORTAMIENTO DE COMPONENTES AGRONÓMICOS Y SU PRODUCTIVIDAD EN HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays* L.). *Agro Productividad*, 11(5), 93-99.
- Ortega, I. S. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*, 7(2).
- Palacio V. Hugo. (2014). Comparación agronómica de 12 híbridos de maíz de alto potencial forrajero con un testigo regional. Tesis de licenciatura UAAAN.
- Patel, J. K., Patel, N. M., & Shiyani, R. L. (2001). Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof—An empirical study. *Current Science*, 81(9), 1163-1164.

- Poehlman, J.M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa octava reimpresión. México D.F.
- Ramírez-Díaz, J. L., Ledesma-Miramontes, A., Vidal-Martínez, V. A., Gómez-Montiel, N. O., Ruiz-Corral, J. A., Velázquez-Cardelas, G. A., & Nájera-Calvo, L. A. (2015). Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(2), 119-131.
- Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo, Editorial AGTSA. México, D.F.
- Rodríguez, M. F. A., Sierra, M. M., Cano, R. O., & Castañón, N. G. (1997). Three way crosses as an alternative for producing maize in Veracruz, México. *The International Symposium about the Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. México city, México*, 238.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2021. Balanza disponibilidad-consumo Maíz Blanco. Dirección de Análisis Estratégico. Boletín Técnico.
- Macías, M. S., Sánchez, F. M., Bernal, R. V., Orellana, H. C., Gutiérrez, R. L., & Rubio, A. P. (2004). Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agricultura Técnica en México*, 30(2), 169-181.
- Sierra Macias, M., Rodríguez Montalvo, F. A., & Cano Reyes, O. (1998). Threeway maize hybrids using the simple cross of H-513, CML247XCML254 and LRB-14XD-539 as tester. *Memoria Científica (Mexico)*.
- Vasal, S. K., Srinivasan, G., Crossa, J., & Beck, D. L. (1992). Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early-maturity maize germplasm. *Crop science*, 32(4), 884-890.
- Vásquez Videa, A. E., & Bellorin Umanzor, 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).
- Wong-Romero, R., E. Gutiérrez-del Río, A. Palomo-Gil, S. A. Rodríguez-Herrera, H. Córdova-Orellana, A. Espinoza Banda y J. J. Lozano-García. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Revista. Fitotecnia. Mex.* (30): 181-189.
- Zamudio-González, B., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Encastín-Dionicio, J. J., Martínez Rodríguez, J. N., Félix-Reyes, A. & Turrent Fernández, 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.