

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Potencial de rendimiento en híbridos experimentales y comerciales de maíz**

**Por:**

**Belén Guadalupe Rodríguez García**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Torreón, Coahuila, México**

**Diciembre 2023**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**UNIDAD LAGUNA.**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS.**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO.**

**Potencial de rendimiento en híbridos experimentales y comerciales de maíz**

Por:

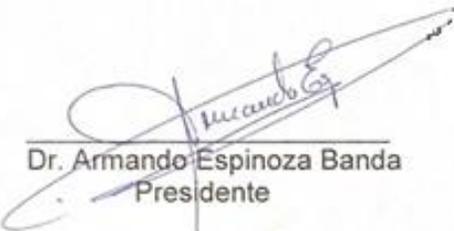
**Belén Guadalupe Rodríguez García**

**TESIS**

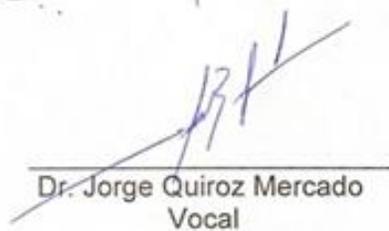
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Aprobada por:

  
Dr. Armando Espinoza Banda  
Presidente

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Vocal

  
Dr. Jorge Quiroz Mercado  
Vocal

  
Dr. Alfredo Ogaz  
Vocal suplente

  
Dr. J. Isabel Márquez Mendoza  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2023.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**UNIDAD LAGUNA.**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**Potencial de rendimiento en híbridos experimentales y comerciales de maíz**

Por:

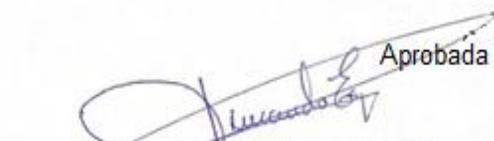
**Belén Guadalupe Rodríguez García**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Armando Espinoza Banda  
Asesor principal

  
Dra. Oralia Antuna Grijalva  
Coasesor

  
Dr. Jorge Quiroz Mercado  
Coasesor

  
Dr. Alfredo Ogaz  
Coasesor

  
Dr. J. Isabel Márquez Mendoza  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.

Torreón, Coahuila, México  
Diciembre 2023



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios:

Por guiarme, incluso en la noche, por orientar mis pasos, por estar a mi lado y no dejarme caer, por eso mi corazón y mi alma estarán llenos de alegría y hasta mi cuerpo vivirá seguro por siempre, tú me enseñas el camino que lleva a la vida, hay mucha alegría en tu presencia; a tu derecha hay placeres que duran para siempre.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:

Por haber quedado seleccionada para poder realizar mis estudios profesionales, y así conocer amigos y compañeros de diferentes estados del país.

Al Dr. Armando Espinoza Banda:

Por haberme aceptado como tesista y confiar en mí, por su apoyo incondicional, su paciencia y por compartir sus conocimientos conmigo.

A la Dra. Oralia Antuna por sus observaciones y consejos brindados.

A el Ingeniero Mauricio Vázquez por su apoyo total y por impulsarme a realizar cosas nuevas, a mi amiga Karla Quintana por su amistad sincera estos últimos años.

## DEDICATORIAS

A mi abuelita:

María Del Refugio Vargas Valles, que desde el cielo me cuida y sé que está orgullosa de mí.

A mis padres:

Andrea García Vargas y Abel Rodríguez Alonso, por apoyarme en todo y no negarme nada, por demostrarme su cariño en diferentes formas, gracias papás, por formarme de esta manera, los quiero con todo mi corazón.

A mi hermano:

Jesús Abel Rodríguez García, por ser mi persona favorita en este mundo y siempre estar al pendiente de mí.

## RESUMEN

El proyecto de investigación se efectuó con el objetivo de cuantificar el rendimiento de grano y rasgos agronómicos de seis híbridos experimentales de maíz en comparación con seis genotipos de origen comercial. El ensayo de investigación se situó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en un diseño en bloques al azar que consta de 12 tratamientos y 3 repeticiones. Se cuantificaron las variables: floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de mazorca (AM), altura de planta (AP), y rendimiento de grano (REN). Los resultados indicaron diferencias estadísticas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables. En cuanto al tiempo de floración masculina y femenina el híbrido Canguro fue de 77 y 78 días respectivamente el más tardío. El híbrido RX717 tuvo días a floración femenina y masculina más cortos con 68 y 67 días respectivamente. En los híbridos experimentales las floraciones ocurrieron a los 72 y 74 días, comportándose como materiales tardíos. El híbrido con mayor expresión en rendimiento de grano fue Antílope con un peso de  $14324 \text{ kg ha}^{-1}$ , superior al resto de los genotipos evaluados.

**Palabras clave:** *Zea mays*, Híbridos experimentales, Híbridos comerciales, Rendimiento de grano, Días a floración

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>iv</b>
<b>I.- INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivo</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2. Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1.- Relevancia del maíz en México</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2.- Programa de fitomejoramiento</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3.- Gen braquíptico br-2</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4.- Hibridación</b> .....	<b>6</b>
<b>2.5.- Tipos de híbridos</b> .....	<b>6</b>
<b>2.5.1.- Cruza simple</b> .....	<b>6</b>
<b>2.5.2.- Cruza doble</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5.3.- Cruza triple o trilineal</b> .....	<b>7</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Ubicación del sitio experimental</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2 Material genético</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3 Diseño y parcela experimental</b> .....	<b>10</b>
<b>3.4 Siembra</b> .....	<b>10</b>
<b>3.5 Manejo de cultivo</b> .....	<b>10</b>
<b>3.6 Control de malezas</b> .....	<b>10</b>
<b>3.7 Aporque</b> .....	<b>11</b>
<b>3.8 Fertilización</b> .....	<b>11</b>
<b>3.9 Riego</b> .....	<b>11</b>
<b>3.10 Cosecha</b> .....	<b>11</b>
<b>3.11 Variables estimadas:</b> .....	<b>11</b>
<b>3.12 Días a Floración Masculina (FM)</b> .....	<b>11</b>

<b>3. 13 Días a Floración Femenina (FF)</b> .....	<b>11</b>
<b>3.14 Altura de la mazorca (AM)</b> .....	<b>12</b>
<b>3.15 Altura de planta (AP)</b> .....	<b>12</b>
<b>3. 16 Rendimiento de Grano</b> .....	<b>12</b>
<b>3.17 Constante de la superficie Cosechada (Csc)</b> .....	<b>12</b>
<b>3.18 Humedad de Campo (HCa)</b> .....	<b>13</b>
<b>3. 19 Factor de humedad (FHU)</b> .....	<b>13</b>
<b>3. 20 Análisis Estadístico</b> .....	<b>13</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>21</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 3.2.1 Genealogía de 12 genotipos de maíz, evaluados en el ciclo primavera-verano 2023 en el campo experimental de la UAAANUL.....</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 4.1. Cuadrados medios de las variables de floración masculina y femenina de seis híbridos experimentales y seis testigos comerciales 2023. ....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadro 4.2. Promedio de la media general y valor de Tukey de híbridos comerciales y experimentales de maíz, evaluados en Torreón, Coah.2023... </b>	<b>16</b>
<b>Cuadro 4.3. Cuadrados medios para caracteres agronómicos y de rendimiento de grano en híbridos comerciales y experimentales, evaluados en el ciclo primavera-verano de 2023 en la UAAANUL. ....</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 4.4. Promedio de altura y valor de Tukey de planta y mazorca en híbridos comerciales y experimentales de maíz, evaluados en la UAAAN. 2023. ....</b>	<b>18</b>
<b>Cuadro 4.5. Promedios de rendimiento de grano en híbridos comerciales y experimentales de maíz evaluados en la UAAAN-UL 2023.....</b>	<b>19</b>

## I.- INTRODUCCION

El maíz representa uno de los alimentos básicos de importancia y populares a nivel mundial (Ortega 2014). A nivel nacional, es el cultivo más importante desde una perspectiva nutricional económica política y social. De acuerdo con Luna *et al.*, 2012, este grano se produce en primavera, verano y otoño e invierno, bajo diferentes condiciones de humedad en seco y riego. La superficie cultivada ronda los 8.5 millones de hectáreas, pero todo el país solo puede producir 22 millones de toneladas de maíz en grano, con un rendimiento medio de 2,8 toneladas/ha (Turrent, 2009).

Las importaciones durante el año 2018 (Espinosa y Tadeo, 2018) se estimó que llegarían a 15 millones de toneladas, convirtiendo a México en el importador número uno en todo el mundo, lo cual no es suficiente para alimentar la demanda del mexicano, lo que en promedio consume por año son 120 kilogramos, por lo que se tienen que importar anualmente de 5 a 6 millones de toneladas de grano de maíz. Chiapas, Puebla, Michoacán, Veracruz y Guerrero son los estados que representan la mayor producción de maíz (Acosta, 2009).

La región Lagunera es una de las regiones lecheras más importante de todo Latinoamérica y se tiene como prioridad el cultivo de forrajes para el abastecimiento de la necesidad para el consumo del ganado bovino para la producción de leche y carne (Palacio, 2014).

Se estima un promedio 60,000 has cultivadas de maíz para grano y para forraje en la Comarca Lagunera, a pesar de ello, los estudios realizado para el

cultivo y progresión de la calidad es negativa ya que la necesidad hídrica es prioritaria para su desarrollo, mientras que los mantos acuíferos están muy rebasados a la demanda, en la actualidad se han dedicado más en el estudio para producir mayor cantidad de forraje para abastecer la demanda alimentaria animal, dando como uso principal el riego por gravedad. (Palacio, 2014).

(Wong *et al.*, 2007) en la región Laguna el rendimiento de maíz para grano oscila entre 3.3 Mg ha<sup>-1</sup> en riego, teniendo una superficie de 1115 hectáreas con híbridos comerciales de diferentes compañías transnacionales también establecidas en diferentes regiones del país (Donnet *et al.* 2012).

El uso de variedades mejoradas es una alternativa para incrementar la producción de maíz, en las que se encuentran los híbridos (Espinosa *et al.*, 2009). Las cuales 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 que existen numerosas empresas semilleras regionales y locales (Delgado, 2017). Basado en lo mencionado anteriormente, el objetivo de este trabajo es comparar el potencial de rendimiento, características agronómicas entre híbridos comerciales e híbridos experimentales originados por el programa genético de la UAAAN-UL 2023.

### **1.1. Objetivo**

Comparar el potencial de rendimiento y características agronómicas entre híbridos comerciales e híbridos experimentales.

### **1.2. Hipótesis**

Ho. Al menos uno de los híbridos experimentales tendrá un potencial de rendimiento mayor o igual al de un híbrido comercial.

Ha. Los híbridos experimentales superarán en potencial de rendimiento a los híbridos comerciales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1.- Relevancia del maíz en México.

La relevancia del maíz en la agricultura en México, así como los avances logrados en su producción, el 90% se deriva de híbridos, esto indica a que toda la semilla certificada y fiscalizada aprovechable corresponde a este tipo de material (Alfaro, 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 (Sierra *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 Montiel, 1986; Vasal *et al.*, 1992).

### 2.2.- Programa de fitomejoramiento.

Los Fitomejoradores generan los progenitores hembra y macho de cada híbrido con el fin de crear progenies con ciertas características, como una madurez específica, resistencia a enfermedades, cierto color de grano, calidad de procesamiento, etc. (MacRobert, 2015).

Antes de recomendar e introducir a los productores un genotipo, se necesita realizar pruebas y ver su comportamiento en diferentes ambientes. Por lo cual, se realizan pruebas para los caracteres fenotípicos más relevantes, incluyendo el

rendimiento del grano y sus componentes morfológicos, entre otros (Márquez, 2009; Martínez *et al.*, 2018).

### **2.3.- Gen braquítico br-2**

Una línea se produce a través de autofecundación y selección hasta obtener plantas aparentemente homocigóticas después de cinco a siete generaciones, esto induce reducción en el vigor de la planta, lo que en ocasiones dificulta la producción de semilla del híbrido (Vargas, 2014).

Actualmente existen varios tipos de enanismo genéticamente en maíz, entre ellos el ms usado el más usado es el braquítico-2 que presenta entrenudos cortos, pero en número igual al de las plantas normales lo que hace que esas sean mucho más bajas que la versión norma (Kempton, 1923).

La herencia de este carácter se comporta como un gen recesivo simple que para manifestarse debe de encontrarse en condición homocigote (Kempton, 1923).

Materiales con el gen br-2 pueden ser de tan altos rendimientos como los normales, puesto que el gen no reduce el número de hojas posibles, si no el largo de entrenudos (Poey, 1973).

MacRobert (2015) indica que las líneas endogámicas son los componentes fundamentales para la formación de híbridos. La autopolinización constante de algunas poblaciones de maíz tiene como efecto producir plantas con una configuración genética fija y uniforme.

## **2.4.- Hibridación.**

La hibridación en maíz se considera un método genotécnico cuyo objetivo principal es utilizar la generación F<sub>1</sub> (Híbrido F<sub>1</sub>) que es la reacción al cruce entre dos progenitores con cualquier estructura genética, pueden ser variedades de polinización libre, variedades sintéticas, familias y líneas total o parcialmente endogámicas (Ramírez *et al.*, 2015).

El uso de materiales híbridos permite mejorar los componentes de producción de la mazorca y como consecuencia elevar el potencial productivo del maíz (Zamudio *et al.*, 2015). Así mismo la selección del híbrido y los usos adecuados de las prácticas agrícolas del cultivo pueden incrementar el rendimiento (Chura y Tejada, 2014).

## **2.5.- Tipos de híbridos.**

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).

### **2.5.1.- Cruza simple.**

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

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

Los híbridos de cruce simple tienen un alto potencial de rendimiento, por lo cual a pesar de ser la más costosa en la producción, es aceptable (John F. MacRobert, 2015).

### **2.5.2.- Cruce doble.**

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

### **2.5.3.- Cruce triple o trilineal.**

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

Rodríguez (1997) y Sierra *et al.*, (1998) recomiendan la utilización de híbridos formados por tres líneas como una buena alternativa, al aprovechar los beneficios que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz; superar líneas de relativa divergencia genética con cruces simples de alto rendimiento.

Vasal (1994) sugiere la utilización de cruza triples en la producción de semilla comercial por su buen rendimiento, facilidad de mantenimiento y reproducción.

La variable rendimiento de grano es un rasgo cuantitativo y está determinada por muchos genes que interactúan (Martínez *et al.*, 2016). La componente ambiental y genética además de la estabilidad del rendimiento tienen atención prioritaria, en la prueba de los genotipos formados en diferente situación de la producción, por lo que se requiere la integración de los conceptos de estabilidad para definir el comportamiento de cultivares probados en ambientes diferentes (Córdova, 1991).

Los rendimientos del maíz se pueden elevar mediante hibridaciones simples, creando líneas endogámicas con mayor vigor o productividad (Bejarano, 2003). Sin embargo, se debe considerar que la producción de semillas híbridas es más elevada en costo, que la multiplicación de la línea pura o de cultivares de polinización abierta. Por lo tanto el rendimiento de las variedades híbridas debe ser mejor que el de otros cultivares disponibles para compensar el costo de producción de semillas híbridas (Ferh, 1993).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental situado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en Torreón, Coahuila, México, el cual se encuentra localizado geográficamente en las coordenadas entre 24° 30' y 27° LN y entre 102° y 105° LO, a 1150 msnm (Guerrero *et al.*, 2012). El clima es seco, con una precipitación promedio de 225 mm, y temperatura promedio anual de 20 a 22.3 °C.

#### 3.2 Material genético

El material genético utilizado está constituido por 12 genotipos diferentes (Cuadro 3.2.1), de los cuales seis correspondieron a las cruzas entre cuatro líneas endocriadas de maíz y seis híbridos de origen comercial como testigo.

**Cuadro 3.2.1 Genealogía de 12 genotipos de maíz, evaluados en el ciclo primavera-verano 2023 en el campo experimental de la UAAANUL.**

<b>Genotipo</b>	<b>Tipo de material</b>
EN-04-2xEN-05-12	Cruza simple
EN-04-2xEN-06-12	Cruza simple
EN-04-2xEN-06-16	Cruza simple
EN-05-12xEN-06-12	Cruza simple
EN-05-12xEN-06-16	Cruza simple
EN-06-12xEN-06-16	Cruza simple
Antílope	Cruza simple modificada
Armadillo	Cruza simple modificada
Berrendo	Cruza simple modificada
RX717	Cruza simple modificada
Canguro	Cruza simple modificada
Caribú	Cruza simple modificada

### **3.3 Diseño y parcela experimental**

La colocación de los tratamientos en la parcela se hizo bajo un diseño de bloques al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones, con unidades experimentales constituidas por parcelas de surcos dobles con una separación 0.30 m entre surcos y 0.75 m de distancia entre el par de surcos y 2.6 m de largo. La parcela útil fue de 2.73 m<sup>2</sup>.

### **3.4 Siembra**

La siembra fue manual con dos semillas por golpe a 0.13 m entre planta y planta, para una densidad de 146,520 plantas por hectárea.

### **3.5 Manejo de cultivo**

A los 20 días después de siembra se realizó la eliminación de plántulas pares, dejando 20 plantas por parcela.

### **3.6 Control de malezas**

A los cinco días después de siembra, se realizó una aplicación de herbicida pre-emergente con una dosis de 1.0 L ha<sup>-1</sup> usando hierbamina (Sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético); posteriormente a los 17 días se aplicó herbicida a una dosis de 1.5 5 L ha<sup>-1</sup>, utilizando Elumis (mesotrione: 2-(4-Mesil-2-nitrobenzoil)-ciclohexano-1,3-diona (Equivalente a 75 g de i.a./L a 20°C). nicosulfuron: 2-[(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoil) sulfamoil]-N, Ndimetilnicotinamida).

### **3.7 Aporque**

Se realizaron dos aporques, el primero a los 30 días después de la siembra con paso de maquinaria y el segundo se realizó de forma manual a los 45 días.

### **3.8 Fertilización**

Se realizó con la fórmula 250-150-00 con fuente de urea y fosfato monoamónico (MAP).

### **3.9 Riego**

Se instaló un sistema de riego por goteo mediante cintilla calibre 6000 con emisores a una distancia de 20 cm.

### **3.10 Cosecha**

Se realizó de forma manual en el estado de madurez fisiológica, que fue determinado a través de la capa negra en el grano, situado en el pedicelo y humedad del grano.

### **3.11 Variables estimadas:**

#### **3.12 Días a Floración Masculina (FM)**

La floración se cuantificó en días después de la siembra cuando el 75% de las plantas presentaron antesis.

#### **3.13 Días a Floración Femenina (FF)**

La floración se cuantificó en días contados a partir de la siembra cuando el 75% de las plantas presentaron la emergencia de los estigmas.

### 3.14 Altura de la mazorca (AM)

Se cuantificó en cinco plantas al azar de cada una de las parcelas. Se determinó del nivel del suelo hasta la inserción de la mazorca principal de la planta. Se expresó en centímetros.

### 3.15 Altura de planta (AP)

Se seleccionaron al azar cinco plantas de cada parcela. Se cuantificó del nivel del suelo hasta la inserción de la espiga. Expresado en centímetros.

### 3. 16 Rendimiento de Grano

El rendimiento de grano se calculó con la siguiente fórmula y se expresó en Kilogramos/ha<sup>-1</sup>.

$$RG = \frac{PG * Csc * Fhu}{100}$$

Donde: RG: rendimiento de grano, PG: peso de grano, Csc: constante de la superficie cosechada y Fhu: factor de humedad.

### 3.17 Constante de la superficie Cosechada (Csc)

La constante de la superficie cosechada se estima con la formula:

$$Csc = \frac{10000 / 1000}{SCH}$$

Donde:

SCH: Superficie Cosechada.

### 3.18 Humedad de Campo (HCa)

Se utilizó una muestra de 0.250 kg de grano por parcela y se posicionó dentro del determinador de humedad marca Farmex MT-16, y se manifestó en porcentaje.

### 3.19 Factor de humedad (FHU)

El rendimiento de grano se ajustó al 14% de humedad, con la fórmula siguiente:

$$FHU = \frac{(100 - HCa) (100)}{85.5}$$

Donde:

HCa= humedad de campo.

### 3.20 Análisis Estadístico

El paquete estadístico de SAS v.9.0 (2002) fue utilizado para el análisis de datos.

El diseño estadístico fue de bloques al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones.

Modelo estadístico:

$$X_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + e_{ij}$$

Donde:

$X_{ij}$  es un valor típico de la población total

$\mu$  media general.

$\beta_i$  representa un efecto de bloque que refleja el hecho de que la unidad experimental cayó en el i-ésimo bloque.

$\tau_j$  representa un efecto de tratamiento, que refleja el hecho de que la unidad experimental recibió el j-ésimo tratamiento;  $e_{ij}$  es un componente residual que representa todas las fuentes de variación que no sean los tratamientos o los bloques.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una diferencia altamente significativa para días a floración masculina (FM) y femenina (FF) entre los tratamientos, lo cual se explica por la diferencia de origen de ambos grupos de híbridos.

**Cuadro 4.1. Cuadrados medios de las variables de floración masculina y femenina de seis híbridos experimentales y seis testigos comerciales 2023.**

FV	gl	FM (d)	FF (d)
REP	2	0.083 ns	0.194 ns
TRAT	11	17.704 **	19.171**
EE	22	0.265	0.436
CV (%)		1.0	1.0

ns= no significativo, \*\*= altamente significativo al 0.01 de probabilidad, FM: floración masculina y FF: floración femenina

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de medias (Tukey), para las variables FM y FF. En días a floración masculina (FM) se observan cinco grupos, donde el híbrido Canguro fue el más tardío con 77 días y siendo estadísticamente diferente al resto de los híbridos. El híbrido más precoz fue RX717 con 67 días., En los híbridos experimentales, EN-06-16xEN-06-12 fue el menor días a floración masculina y femenina con 72 días. En el segundo grupo se observan cuatro híbridos experimentales y Antílope con floración que oscilan de 74 a 75 días respectivamente.

Para FF, el comportamiento fue muy similar que para FM donde Canguro también fue el más tardío con 78 días diferente significativamente al resto. Lo mismo se observa para el segundo grupo formado por cuatro híbridos experimentales y el

Antílope con un rango de 74 a 76 días. Lo mismo ocurre con Caribú y RX717 en FF, con 68 y 71 días, aunque diferentes ( $P \geq 0.05$ ) fueron los más precoces.

Lo anterior coincide con lo que menciona Espinosa *et al.* (2010) y Espinosa *et al.* (2011) que considera a variedades precoces cuando exhiben floración masculina de 67 a 77 días, variedades intermedias de 78 a 86 días a floración masculina y variedades de ciclo tardío de 87 a más de 100 días a floración masculina.

**Cuadro 4.2. Promedio de híbridos comerciales y experimentales de maíz, evaluados en UAAANUL 2023.**

<b>Tratamientos</b>	<b>FM (d)</b>	<b>FF (d)</b>
Canguro	77 a †	78 a †
EN-06-16xEN-04-2	75 b	75 b
Antílope	74 b	74 b c d
EN-06-12xEN-04-2	74 b	75 b
EN-06-16xEN-05-12	74 b	75 b
EN-06-12xEN-05-12	74 b	76 b
EN-05-12xEN-04-2	72 c	73 c d e
Armadillo	72 c	73 d e f
Berrendo	72 c	72 e f
EN-06-16xEN-06-12	72 c	72 d e f
Caribú	70 d	71 f
RX717	67 e	68 g
<b>Media</b>	<b>72.75</b>	<b>73.5</b>
<b>Tukey</b>	<b>1.52</b>	<b>1.96</b>

Tukey= significativo al 0.05 de probabilidad †= Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad, FM: floración masculina y FF: floración femenina

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para AP y AM y significativas ( $P \leq 0.05$ ) para rendimiento, las diferencias en altura de planta y mazorca se explican posiblemente por la presencia del gen braquítico, lo que hace

que sean de menor altura (Arboleda *et al.*, (1973) comparados con los de altura normal, en este caso los comerciales.

**Cuadro 4.3. Cuadrados medios para caracteres agronómicos y de rendimiento de grano en híbridos comerciales y experimentales, evaluados en el ciclo primavera-verano de 2023 en la UAAANUL.**

<b>FV</b>	<b>GI</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>AM (cm)</b>	<b>REN (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Repetición</b>	2	594.84ns	464.141ns	5518154.6 ns
<b>Tratamientos</b>	11	973.534 **	743.71**	15017549.7*
<b>EE</b>	22	296.59	168.758	4845401.4
<b>CV (%)</b>		7.8	10.7	22

ns= no significativo, \*= significativo, \*\*= altamente significativo, al 0.01 de probabilidad; REN: rendimiento de grano y FM: floración masculina y FF: floración femenina

Respecto a los valores medios de AP se observa que 11 de los 12 híbridos fueron estadísticamente iguales, donde el híbrido Armadillo expresó la mayor altura con 236.76 cm estadísticamente igual a 10 híbridos, donde se incluyen cinco de los seis híbridos experimentales. Este primer grupo presenta valores de AP típicas de los materiales comerciales. Rodríguez *et al.* (2016) encontró una altura promedio de 236 cm en una evaluación de genotipos criollos y comerciales y, la menor altura de 120 cm.

El híbrido experimental EN-06-12xEN-05-12 mostró la menor altura (176.07 cm) significativamente igual a seis híbridos, donde se incluyen los comerciales Caribú y RX717, además de los experimentales EN-06-12xEN-05-12, EN-05-12xEN-04-2, EN-06-12xEN-04-2.

Para altura de mazorca (AM), se observa un promedio de 121.3 cm donde el híbrido experimental EN-06-12xEN-05-12 presentó el promedio más alto con 146.07 cm resultando estadísticamente igual a nueve híbridos. Dentro de este grupo se encuentran los seis híbridos comerciales y cinco experimentales. El híbrido EN-06-12xEN-05-12 fue el de menor altura de mazorca (AM) con 89.8 cm, similar ( $p < 0.05$ ) a cinco híbridos entre los que se encuentran RX717 y Caribú, además de EN-06-12xEN-04-2 y EN-06-12xEN-05-12 con 115.4 y 105.7 cm respectivamente.

Por su altura estos híbridos se pueden clasificar como semi-enanos. De acuerdo con Peña (2019), la altura de planta en los semi-enanos es de aproximadamente dos tercios de los híbridos normales, condición que se cumple para el EN-06-12xEN-05-12.

**Cuadro 4.4. Promedio de altura y valor de Tukey de planta y mazorca en híbridos comerciales y experimentales de maíz, evaluados en la UAAAN-UL 2023.**

<b>Tratamientos</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>AM (cm)</b>
Armadillo	236.76 a†	131.93 ab
Canguro	234.07 a	128.47 ab
EN-06-16xEN-05-12	232.13 a	134.30 ab
Berrendo	231.27 a	128.53 a
Antílope	230.53 a	129.60 ab
EN-06-12xEN-05-12	226.93 ab	146.07 a
EN-05-12xEN0-4-2	222.80 ab	127.50 abc
RX717	216.87 ab	102.13 abc
Caribú	208.07 ab	115.60 abc
EN-06-12xEN-04-2	203.30 ab	115.40 abc
EN-06-16xEN-04-2	201.93 ab	105.73 bc
EN-06-16xEN-06-12	176.07 b	89.80 c
<b>Media</b>	<b>218.4</b>	<b>121.3</b>
<b>Tukey</b>	<b>51.15</b>	<b>38.58</b>

†= Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad (Tukey).

El rendimiento medio de los 12 tratamientos fue de 9993.8 kg ha<sup>-1</sup> con un intervalo de 8689 kg ha<sup>-1</sup>, donde Antílope fue el de mayor expresión con 14324 kg ha<sup>-1</sup> siendo significativamente igual a nueve tratamientos, cinco comerciales y cuatro experimentales. Dentro de estos resultados el híbrido experimental EN-06-12xEN-05-12 fue el más sobresaliente con un porte semi-enano y con 10852 kg ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 4.5. Promedios de rendimiento de grano en híbridos comerciales y experimentales de maíz evaluados en la UAAAN-UL 2023.**

<b>Tratamientos</b>	<b>REN (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
Antílope	14324 a †
Armadillo	11938 ab
Canguro	11533 ab
Caribú	11035 ab
EN-06-12xEN-05-12	10852 ab
Berrendo	10424 ab
RX717	9801 ab
EN-06-16xEN-05-12	8977 ab
EN-05-12xEN-04-2	8935 ab
EN-06-16xEN-06-12	8861 ab
EN-06-12xEN-04-2	7610 b
EN-06-16xEN-04-2	5635 b
<b>Media</b>	<b>9993.8</b>
<b>Tukey</b>	<b>6537.8</b>

†= Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad (Tukey), REN: rendimiento de grano.

## V. CONCLUSIONES

De la evaluación de seis híbridos comerciales y seis experimentales se concluye:

El análisis de varianza detectó diferencias significativas para las variables evaluadas.

- Para días a floración masculina y femenina el híbrido comercial Canguro presentó el ciclo más tardío con 77 y 78 días.
- El RX717 fue el más precoz en FM y FF con 67 y 68 días respectivamente
- La precocidad en los híbridos experimentales osciló entre 72 a 74 días, presentando el mismo comportamiento que los híbridos comerciales: Antílope, Armadillo y Berrendo.
- El híbrido con mayor expresión en la variable de rendimiento de grano fue Antílope con un peso 14324 kg ha<sup>-1</sup>, siendo estadísticamente igual a nueve híbridos, donde sobresale el EN-06-12xEN-05-12.
- Híbridos comerciales y experimentales en lo general fueron similares

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R. (2009). El cultivo de maíz, su origen y su clasificación. *Cultivos tropicales*, 30 (2):113-120.
- Alfaro, Y., Segovia, V. 2009. Formación, evaluación y descripción del híbrido simple de maíz (*Zea mays* L.) amarillo INIA 21. Estado Aragua.
- Arboleda R F, D Sarria V y S Muñoz G (1973) Resultados preliminares de la conversión de maíces normales a braquíuticos. V Reunión de maiceros de Zona Andina Cachabamba, Bolivia. Editado por CIAT. Cali Colombia.
- Bejarano, A. 2003. Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía Trop.* 53 (4): 501-506.
- Cárdenas Marcelo y A. Turrent-Fernández. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6: 1491-1505
- Chávez, J.L. 1995. Mejoramiento de plantas I. ed. Limusa, México. pp: 25, 26-28, 70-74.
- Chura-Chuquija, J. and J. Tejada-Soraluz. 2014. Behavior of yellow corn hybrids in town of La Molina, Perú. *IDESIA (Chile)* 32: 113-118.
- Córdova, O.H.S. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para estimar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a ambientes contrastantes de Centroamérica, Panamá y México. *Agronomía Mesoamericana* 2: 1-10.
- Delgado, R. J. 2017. La Selección del Híbrido de Maíz. Serie Cereales. Núm. 35. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/la-seleccion-del-hibrido-de-maiz> -
- Donnet, L., D. López, J. Arista, F. Carrión, V. Hernández y A. González. 2012. El potencial de mercado de semillas mejoradas de maíz en México. CIMMYT. México. ISBN: 978-607-8263-07-3.
- Espinosa, A., M. Tadeo, A. Turrent, M. Sierra, N. Gómez, y B. Zamudio. 2013. Rendimiento de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México. *Agron. Mesoam.* 24:93-99.
- Espinosa, A., M. Tadeo, N. Gómez, M. Sierra, J. Virgen, A. Palafox, F. Caballero, G. Vázquez, F. Rodríguez, R. Valdivia. 2010. V-54 A, nueva variedad de maíz de grano amarillo para siembras de temporal retrasado en los Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 1:677-680.
- Espinosa-Calderón, A., M. Tadeo-Robledo, A. Turrent-Fernández, N. Gómez-Montiel, M. Sierra-Macías, F. Caballero-Hernández, R. Valdivia Bernal y F.

- Rodríguez-Montalvo. 2009. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93: 118-125.
- Ferh, W. R. 1993. Principles of cultivar development. Theory and technique. Ames. Iowa 50.011 USA. p. 115-119.
- Gómez Montiel, Noel. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* 8(1): 3-19.
- Kempton, J. (1923). Inheritance Of Dwarfing of Maize. Washington, D.C.: Journal of Agriculture Research.
- Luna, B. M., Hinojosa, Ma. A., Ayala, O. J., Castillo., y Mejía, J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35 (1): 1-7.
- MacRobert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.
- Márquez, S.F. 2009. De las variedades criollas de Maíz a los híbridos transgénicos-II: La hibridación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 6(2): 161-176.
- Martínez, M., Ortiz. R., Ríos., Acosta, R. 2010. Análisis de las correlaciones en poblaciones cubanas de maíz. La Habana, Cuba. *Cultivos tropicales* 31(2): 82-91.
- Martínez, S.J., N. Espinosa P. y Y. Villegas A. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 3(1): 38-48.
- 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.
- Ortega, I. S. (2014). Maíz I (*Zea mays*). REDUCA (Biología), 7(2). <https://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739>
- Palacio V. Hugo. (2014). Comparación agronómica de 12 híbridos de maíz de alto potencial forrajero con un testigo regional. Septiembre 12, 2014, de Repositorio UAAAN.
- Parra, Y. Salinas-Moreno y L. A. Nájera-Calvo. 2015. Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38(2): 119-131.
- Peña, R E (2019) Evaluación de Híbridos de Maíz Semi-enanos y Convencionales, Bajo Diferentes Dosis de Agua y Nitrógeno en Invernadero. Tesis de Maestría. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, Jalisco.
- Poehlman, J.M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa octava reimpresión, México D.F. pp: 86-88, 270-277, 426,427.

- POEY D.F. 1973. Otra jornada en la revolución verde: Maíces Enanos en México. *Agricultura de las Américas* 1973 No. 3: 20 y otras.
- Ramírez-Díaz, J. L., A. Ledesma-Miramontes, V.A. Vidal-Martínez, N. O. Gómez-Montiel, J. A. Ruiz-Corral, G. A. Vázquez-Cardelas, J. Ron-Parra, Y. Salinas-Moreno y L. A. Nájera-Calvo. 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, Ed. A.G.T. S.A – México, D.F. pp: 43-45, 114.
- Rodríguez Larramendi, Luis., Guevara Hernández, Francisco., Ovando Cruz, Jesús., Marto González, Juan R., & Ortiz Pérez, Rodobaldo. (2016), "crecimiento e índice de cosecha de variedades locales de maíz (zea mays l.) en comunidades de la región frailesca de chiapas, México." *Cultivos Tropicales*, Vol. 37, núm.3, pp.137-145 [Consultado: 15 de Noviembre de 2023]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193246976015>
- Rodríguez, F.; Sierra, M.; Cano, O.; Castañón, G. 1997. Tree way crosses as an alternative for producing Maize in Veracruz, México. In: J. G.
- SAS (2002). *Statistical Analysis System. User's guide version 9.0: Statistics*. SAS Institute Inc, Cary, NC
- Sierra, M.; Rodríguez, F.; Cano, O. 1998. Híbridos trilineales de maíz A. usando como probadores las cruzas simples H-513, CML247 x CML254 y otras.
- Turrent Fernández, Antonio (2009) El potencial productivo del maíz. *Ciencias*, Universidad Nacional Autónoma de México. México Núm. 92 - 93, pp. 126-129.
- Vasal, Surinder, Ganesan Srinivasan, José Crossa, y David Beck. 1992. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. *Crop Sci*. 32(4): 884-890.
- Wong-Romero, R., E. Gutiérrez-del Río, A. Palomo-Gil, S. A. Rodríguez-Herrera, H. Córdova-Orellana, A. Espinoza Banda y J. J. LozanoGarcía. 2007. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Fitotec. Mex*. 30: 181-189.
- Zamudio-González, Benjamín, Espinosa-Calderón, Alejandro, Tadeo-Robledo, Margarita, Encastín-Dionicio, Juan José, Martínez Rodríguez, Juan Nelson , Felix-Reyes, Amelia , Cárdenas Marcelo, Alma Lili y Turrent Fernández Antonio . Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2015;6(7):1491-1505.[fecha de Consulta 26 de noviembre de 2023]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263142146006>.