

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Parámetros genéticos en cruzas dialélicas en líneas tipo braquíticas de maíz

Por:

Jesus Eduardo Ramirez Ramirez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México
Febrero 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Parámetros genéticos en cruzas dialélicas en líneas tipo braquíticas de maíz

Por:

Jesus Eduardo Ramirez Ramirez

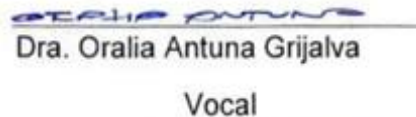
TESIS

Que 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
Febrero 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Parámetros genéticos en cruzas dialélicas en líneas tipo braquíticas de maíz


Por:
Jesus Eduardo Ramirez Ramirez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO


Aprobado 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
Febrero 2024



AGRADECIMIENTOS

Antes que todo, agradezco a DIOS por darme siempre fuerzas para continuar en lo adverso, por guiarme en el camino de lo prudente y darme sabiduría para mejorar día a día mi que hacer profesional.

A la Universidad Autónoma 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.

Quiero agradecer a mi familia que han sido el principal apoyo en momentos de flaqueza y debilidad ya que con sus consejos, enseñanzas y tolerancia me han brindado ese respaldo incondicional para culminar esta etapa de mi vida.

Al Dr. Armando Espinoza Banda por su guía y apoyo en mi proyecto de tesis. Siempre estuvo dispuesto a escuchar, brindar consejos valiosos y compartir su experiencia conmigo.

A la Dra. Oralia Antuna Grijalva y al Dr. Jorge Quiroz Mercado por aceptar ser parte del comité de sinodales.

DEDICATORIAS

A mis queridos padres Jesus José Ramirez López y María Estela Ramirez Olague, por ser mi fuente de inspiración, motivación y confianza. Gracias por enseñarme el valor de la educación y brindarme todo su apoyo para alcanzar mis metas. Esta tesis es una forma de agradecerles por su constante apoyo y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

Les agradezco a mis hermanos por estar siempre en mi vida no sólo aportando buenas cosas, sino también por su gran apoyo en esta fuerte etapa de mi vida donde fueron más los momentos buenos que pasamos que los malos.

Más que mis abuelos, fueron las personas después de mis padres que más se preocupaban por mí. Sus canas son sinónimo de sabiduría. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida, y me encaminaron por el buen sendero.

RESUMEN

Con el objetivo de medir los efectos de aptitud combinatoria general y específica, y conocer el tipo de acción génica en el rendimiento de grano de maíz, se evaluaron cuatro líneas de maíz y sus cruzas posibles. El experimento se estableció en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), las líneas y sus cruzas se evaluaron bajo un diseño de bloques al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. La siembra se realizó el 01 de abril del 2023. La parcela experimental fue de 2.6 m de largo de surco doble con una separación de 0.30 m y a una distancia entre pares de surco de 0.75 m. El espaciamiento entre planta y planta fue de 0.13 m. Basándose en el análisis propuesto por Griffing (1956), se analizaron los datos utilizando el Diseño 4 (el cual sólo incluye las cruzas directas F1). Las cruzas fueron diferentes estadísticamente ($P \leq 0.01$). En ACG se encontró un comportamiento diferente ($P \leq 0.01$), caso contrario en ACE donde no existió diferencia significativa. Las cruzas que superaron a la media general y al resto de los genotipos en el rendimiento de grano, fueron: EN-06-12xEN-05-12 con 10,853 kg ha⁻¹, seguido con un rendimiento promedio de 9692 kg ha⁻¹ en la craza EN-06-16xEN-05-12 y la craza EN-06-16xEN-04-2 con un peso de 8761 kg ha⁻¹

Palabras clave: *Zea mays*, Líneas, Cruzas, ACG, ACE, Rendimiento de grano

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
I. INTRODUCCION	1
1.1 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Mejoramiento genético	3
2.2 Modelos de Griffing	4
2.3 Cruzas dialélicas	4
III. MATERIALES Y METODOS	7
3.1 Ubicación de campo experimental	7
3.2 Material genético	7
3.3 Diseño y parcela experimental	7
3.4 Siembra	8
3.5 Manejo de cultivo	8
3.6 Control de malezas	8
3.7 Manejo de plagas	9
3.8 Aporque	9
3.9 Fertilización	9
3.10 Riego	9
3.11 Cosecha	10
3.11.2 Rendimiento de Grano (RG)	10
V.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
VI. BIBLIOGRAFIA	17

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1 Líneas y sus cruzas de acuerdo con el modelo IV de Griffing (1956), UAAAN-UL 2023.	7
Cuadro 2. Control de plagas en maíz. UAAAN-UL 2023.....	9
Cuadro 3. Análisis de varianza combinado para el rendimiento de seis híbridos experimentales estimados por el modelo IV Griffing (1956). UAAAN-UL 2023.....	12
Cuadro 4. Efectos de ACG para cuatro líneas endogámicas estimadas por el modelo IV Griffing (1956). UAAAN-UL 2023.	13
Cuadro 5. Efectos de ACE para cuatro líneas endogámicas estimadas por el modelo IV Griffing (1956). UAAAN-UL 2023.....	14
Cuadro 6. Comparación de media para rendimiento de seis híbridos experimentales por el método IV de Griffing (1956). UAAAN-UL 2023.	15

I. INTRODUCCION

México ha tenido un déficit en el mercado del maíz durante muchos años y, como la producción no ha podido satisfacer la demanda nacional, se han visto obligado a aumentar las importaciones del producto, particularmente desde Estados Unidos. (Cámara de Diputados del honorable Congreso de la Union, 2007).

Por lo anterior, la estrategia de los mejoradores de plantas es desarrollar cruza que sean productivas en la producción de semilla y a la vez, que conserve su heterosis en la producción de grano. Esto se puede lograr identificando líneas emparentadas derivadas de una población, pero aun así que tengan buena producción al cruzarlas (Melendres *et. al.*, 2018).

La selección e identificación de este tipo de líneas progenitoras de híbridos de maíz se hace con el uso de varios métodos de mejoramiento y el uso de poblaciones mejoradas o con buenos atributos de calidad agronómica y de aptitud combinatoria (Melendres *et. al.*, 2018).

Una de las metodologías propuestas por Srague y Tatum (1942) involucra los cruces dialélicos, que permite expresar el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas y designar a las que resulten superiores, o no, a las esperadas en relación con el promedio de la ACG de las dos líneas progenitoras. Estas se usan con frecuencia también para estimar efectos y varianzas de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACG) (Rodríguez *et. al.*, 2020).

El objetivo de este estudio fue identificar y seleccionar con base a los efectos de ACG y ACE, las cruzas más sobresaliente para rendimiento de grano.

Objetivos

Determinar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y Aptitud combinatoria específica (ACE) para rendimiento de grano en líneas y sus cruzas.

Detectar el tipo de acción génica presente.

Detectar la mejor combinación híbrida.

1.1 Hipótesis.

Ho. Las líneas evaluadas y sus cruzas presentan diferente amplitud combinatoria general y específica.

Ha. La acción génica más importante será la aditiva y al menos se detectará una craza con alto potencial productivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En el siglo XX y recién en el XXI se lograron grandes resultados en el aumento del rendimiento del maíz y, mediante el proceso de selección que llevó a una reducción del modo de producción, se logró una mayor igualdad en las mejores materias. base utilizando técnicas genéticas (Plucknett *et al.*, 1992).

El consumo humano mundial de cultivos y piensos para el ganado está aumentando rápidamente debido al continuo crecimiento demográfico (Alexandratos y Bruinsma, 2012). Entre los cereales, el mayor consumo es el maíz y el arroz, que en conjunto representan el 94% del consumo total de cereales (Ranum *et al*, 2014).

2.1 Mejoramiento genético

Según Torres. (2015) al seleccionar los fenotipos es importante antes conocer el elemento del material genético utilizado como progenitores; programas modernos de mejoramiento de maíz, enfatizan el desarrollo de paquetes tecnológicos para la producción de variedades con una alta homogeneidad y un alto despeño productivo, que son algunos de los factores que contribuyen a que las opciones de diversidad genética sean limitadas al desarrollar diferentes cultivos.

Según Maya y Ramírez (2002) existe amplia genética de maíz, esto con fines de determinar el potencial genético para solucionar efectos de condiciones desfavorables como: resistencia al invierno y alto rendimiento.

2.2 Modelos de Griffing.

En todos los aspectos del desarrollo genético de plantas, es importante elegir padres que produzcan buenas combinaciones de cruces de híbridos. Para ello se han propuesto diversos métodos de evaluación, pero los más utilizados son los diseños dialélicos presentados por Griffing (1956).

Griffing en 1956 estableció cuatro métodos dialélicos para evaluar la ACG y dar a conocer líneas compatibles cuando el número de padres es pequeño, pero a medida que este número aumenta, el número de padres se vuelve más, es más difícil (Singh y Stoskopf, 1971).

2.3 Cruzas dialélicas.

Hallauer y Miranda (1981) dicen que los programas de mejoramiento suelen utilizar cruces dialélicos para conseguir información combinatoria de aptitud y parámetros genéticos de recursos genéticos.

El conocimiento de la actividad genética que tiene control de rasgos de importancia económica es crucial para los programas de para mejorar la genética. A través de la capacidad interacción de los padres, el criador hace una mayor eficacia del programa de crianza, permitiéndole seleccionar padres con comportamiento promedio aceptable en una serie de transiciones y reconocer ciertas combinaciones con un efecto mayor al esperado. padres promedio en transición (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Castañón *et al.* (2005) menciona que los cruces dialélicos se utilizan para evaluar el impacto genético de las poblaciones reproductoras y se analizan datos

críticos para definir modelos heterocigotos que proporcionen la fuente de genética para el mejoramiento de criollos o líneas seleccionadas de gran utilidad en un programa de mejoramiento dinámico. En cualquier programa que involucre mejorar la genética, la elección del material genético debe ser decisiones más con más redundancia, ya que determinara el éxito del programa.

Maya y Ramírez (2002) señalan que el éxito de cualquier programa de mejoramiento que tenga como fin el desarrollo de líneas para la formación de híbridos depende de la selección del plasma gramo básico que se considerará en el programa de mejoramiento. Por lo tanto, la selección de cultivares a utilizar a modo de población base en la selección recurrente depende de:

- 1) el desempeño promedio de los cultivares
- 2) la heterosis del cultivar
- 3) la variación genética dentro de la población.

Kamweru *et al.* (2023) cruzaron 21 líneas endogámicas para resistencia a los daños de gusano soldado (*Spodoprtera frugiperda*), observaron efectos positivos y significativos de ACG en RG en siete líneas parentales y CKSBL10153 tiene el valor de ACG más alto para RG y significativo. Efectos de la ACG sobre las características del daño en hojas y espigas.

En la formación de híbridos de maíz, las líneas se obtienen mediante autopolinización controlada, determinando cuáles de las líneas autopolinizadas se pueden combinar en cruces productivos y utilizando los cruces para fines comerciales para la producción de semillas. (Virgen *et al.*, 2014)

Gordillo *et al.* (2022) la selección de padres es esencial para obtener híbridos con rendimiento y calidad, utilizaron el diseño IV de Griffing para análisis y calidad en melón en siete padres de el cultivo de melón, donde ACG y ACE fueron significativas para todas las variables excepto numero de frutos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación de campo experimental.

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. EL cual se encuentra en las coordenadas 103°26 33" O, 25°32 40" N y una altitud de 1,120 mnsn, teniendo clima seco, semicálido, precipitación media anual de 400 milímetros, temperatura media de 18 a 22.3 °C (INEGI, 2023)

3.2 Material genético.

El material genético fue conformado por seis cruzas simples posibles, entre cuatro líneas de maíz, derivadas del programa de mejoramiento genético del CA033 UAAAN.

Cuadro 3.1 Cruzas simples obtenidas a partir de cuatro líneas de maíz.

Línea	EN-04-2	EN-05-12	EN-06-12	EN-06-16
EN-04-2	(X)	EN-04-2xEN-05-12	EN-04-2xEN-06-12	EN-04-2xEN-06-16
EN-05-12		(X)	EN-05-12xEN-06-12	EN-05-12xEN-06-16
EN-06-12			(X)	EN-06-12xEN-06-16
EN-06-16				(X)

3.3 Diseño y parcela experimental.

Las seis cruzas se evaluaron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, en una parcela experimental de 2.6 m de largo de surco doble con una separación de 0.30 m y a una distancia entre pares de surco de 0.75 m. El espaciamiento entre planta y planta fue de 0.13 m.

Preparación de terreno.

La preparación del terreno se realizó una semana antes de la siembra con las herramientas adecuadas, y se usó el sistema de labranza convencional para maíz.

3.4 Siembra.

La siembra se realizó el día 01 de marzo de 2023, fue de forma manual y en suelo seco, depositando dos semillas por punto a una distancia de 0.13 m entre plantas, para obtener una densidad de 146,520 plantas ha⁻¹.

3.5 Manejo de cultivo.

A los 20 días de después de la siembra, en cada parcela se realizó el aclareo de plantas, dejando 20 por surco.

3.6 Control de malezas.

Se aplicó un herbicida pre-emergente hierbamina (Sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético) con una dosis de un litro por hectárea a los 5 días después de siembra; posteriormente a los 17 días después de siembra se aplicó herbicida selectivo 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) se aplicó a una dosis media de un litro y medio por hectárea. A los 36 días se aplicó el herbicida selectivo Sanson (nicosulfuron: 2-(4,6-dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N,Ndimetilnicotinamida) a una dosis media de un litro por hectárea.

3.7 Manejo de plagas.

En el Cuadro se describe las plagas que se presentaron durante el experimento y su control químico:

Cuadro 2. Control de plagas en maíz. UAAAN-UL 2023.

Plaga	Insecticida	Dosis (L ha ⁻¹)
Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	Lorsban (Clorpirifos)	0.75 – 2
	Coragen (Clorantraniliprol)	75 – 125 mL ha
Araña Roja (<i>Tetranychusurticae</i>)	Abamectina	0.5 – 1.2

3.8 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

3.9 Fertilización.

Se utilizó la fórmula (N-P-K) 250-150-00, con fuente de urea y fosfato monoamónico.

3.10 Riego.

Se utilizó cintilla calibre 6000, con emisores a 20 cm con un gasto de 1L Hr¹.

3.11 Cosecha.

Se realizaron a la madurez fisiológica, la que se determina a través de la capa negra en el grano situado en el pedicelo y humedad del grano. Se cosecharon todas las mazorcas de la parcela.

3.11.1 Variables evaluadas:

3.11.2 Rendimiento de Grano (RG).

Se expreso en kilogramos ha⁻¹. Para estimar el rendimiento de grano se utilizó la siguiente metodología:

$$RG = \frac{Pg * Csc * Fh}{100}$$

donde:

RG = rendimiento de grano

Pg = peso de grano

Csc = constante de la superficie cosechada

Fh = factor de humedad

3.11.3 Constante de la superficie Cosechada (CSC)

La constante de la superficie cosechada se estimó con la siguiente fórmula:

$$CSC = \left(\frac{10000}{1000} \right) / Sc$$

Donde:

Sc: superficie cosechada.

3.11.4 Análisis dialélico

Basándose en el análisis propuesto por Griffing (1956), se analizaron los datos utilizando el Diseño 4 (el cual sólo incluye las cruza directas F1). Bajo el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + y_k + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor fenotípico observado de la cruza con progenitores i y j

μ = Media general

g_i, g_j = Efecto de ACG del progenitor i o j

s_{ij} = Efecto de ACE de la cruza (ij)

y_k = Efecto de la k - ésima repetición

e_{ijk} = Error experimental

$$i = 1, 2, \dots, p \qquad p = 4$$

$$j = 1, 2, \dots, p \qquad r = 3$$

$$k = 1, \dots, r \qquad i < j$$

V.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1 se puede observar que los tratamientos fueron diferentes estadísticamente ($P \leq 0.01$). Lo cual indica que existe variabilidad entre los tratamientos evaluados, coincidiendo con Jiménez *et al.*, (2017) quienes encontraron diferencias significativas entre genotipos para rendimiento de grano y demás variables evaluadas.

Para la fuente de variación, ACG se encontró un comportamiento diferente ($P \leq 0.01$), caso contrario en ACE donde no existió diferencia significativa. En lo que respecta al comportamiento de las líneas, se observa que esto permitirá hacer selección, tomando en cuenta aquellas que expresen mayor ACG (Cueto, 2014).

Cuadro 4.1. Análisis de varianza en el modelo IV de Griffing (1956) para rendimiento de grano de seis cruzas simples de maíz

FV	gl	RG (kg ha⁻¹)
Repeticiones	2	24,309.8ns
Tratamientos	5	10,805,202.6**
ACG	3	5,796,023.7**
ACE	2	310,514.5ns
EE	10	236,403.5
Total	17	

*,**= significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente, ns= no significativo; RG= rendimiento de grano.

Aptitud combinatoria

En aptitud combinatoria general (ACG) se observan que los mejores efectos positivos fueron en las líneas EN-05-12 y EN-06-12 con valores de 917.3 y 821.7

respectivamente; sin embargo, EN-04-2 y EN-06-16 se ubicaron con valores negativos de -1,515.5 y -223.2 respectivamente (Cuadro 4.2).

Los resultados indican que las líneas más sobresalientes tienen una alta contribución de alelos superiores, que se expresaron en el rendimiento de grano y también se puede observar que los efectos aditivos son los de mayor importancia; por lo cual podrán incluirse en un programa de mejora genética de maíz (De la Cruz *et al.*, 2005; Preciado *et al.*, 2005; Guillén *et al.*, 2009).

Cuadro 3.2 Valores estimados de aptitud combinatoria general (ACG) de cuatro líneas de maíz, en el modelo IV Griffing (1956).

Línea	ACG
EN-04-2	-1,515.8
EN-05-12	917.3
EN-06-12	821.7
EN-06-16	-223.2

En el Cuadro 4.3, se muestra los valores de aptitud combinatoria específica (ACE) de las seis cruzas de maíz, observándose que las mejores combinaciones para la variable de rendimiento de grano fueron en EN-06-12xEN-05-12, EN-06-16xEN-05-12 y EN-06-16xEN-06-12, con valores positivos de 4,338.7, 2,133.5 y 1,106.5 respectivamente. La craza EN-06-16xEN-04-2 expresó el efecto menor y negativo de ACE con -4,356.3, seguido de EN-05-12xEN-04-2 con -1,885.8 y EN-06-12xEN-04-2 con un valor de -1,336.9.

Se observa que los progenitores que intervinieron en las cruzas de mayor ACE, también presentaron efectos altos de ACG, lo cual indica que son adecuados para la formación de híbridos con alto potencial de rendimiento, o para

derivar líneas que al cruzarse tengan una buena combinación entre ellas (Rodríguez *et al.*, 2020).

Cuadro 4.3 Valores estimados de aptitud combinatoria general específica (ACE) de seis cruzas de maíz, en el modelo IV de Griffing (1956).

Cruza	ACE
EN-05-12xEN-04-2	-1,885.8
EN-06-12xEN-04-2	-1,336.9
EN-06-16xEN-04-2	-4,356.3
EN-06-12xEN-05-12	4,338.7
EN-06-16xEN-05-12	2,133.5
EN-06-16xEN-06-12	1,106.5

Comportamiento promedio de rendimiento de grano

Las cruzas que superaron a la media general y al resto de los genotipos en el rendimiento de grano, fueron: EN-06-12xEN-05-12 con 10,853 kg ha⁻¹, seguido con un rendimiento promedio de 9692 kg ha⁻¹ en la craza EN-06-16xEN-05-12 y la craza EN-06-16xEN-04-2 con un peso de 8761 kg ha⁻¹.

El comportamiento genético de las cruzas se observó en los valores promedio de la variable de rendimiento de grano, esta respuesta es debido principalmente al carácter heredado de los progenitores para obtener híbridos superiores a través de los cruzamientos (Esquivel *et al.*, 2013). Se observa también que dos cruzas que tuvieron la mayor expresión en la variable medida, también fueron las que presentaron los mejores efectos positivos de ACG y ACE, concordando estos resultados con Guerrero *et al.* (2011).

Cuadro 4.4 Promedio de rendimiento de grano de seis cruzas simples de maíz

Cruzas	RG (kg ha⁻¹)
EN-06-12xEN-05-12	10852a [†]
EN-06-16xEN-05-12	9692ab
EN-06-16xEN-04-2	8761 bc
EN-06-12xEN-04-02	7610 cd
EN-05-12xEN-04-02	6965 de
EN-06-16xEN-06-12	5635 e
Media	8252.5
Tukey	1378.9

*; **= significativo al 0.01 y 0.05 de probabilidad [†]= Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.; RG= Rendimiento de grano

IV. CONCLUSIÓN

El análisis estadístico presentó diferencias significativas para los tratamientos ($P \leq 0.01$). En la fuente de variación ACG se encontró un comportamiento diferente ($P \leq 0.01$), caso contrario en ACE donde no existió diferencia significativa.

Las líneas progenitoras EN-05-12 y EN-06-12 presentaron los mayores efectos positivos de ACG, lo cual indicaría que podría ser utilizadas para la formación de híbridos sobresalientes para una buena respuesta en el rendimiento de grano. Estos progenitores también estuvieron involucrados en las mejores cruzas con valores sobresalientes en los efectos de ACE, indicando una buena interacción entre ellas para combinarse.

Las cruzas que superaron a la media general y al resto de los genotipos en el rendimiento de grano, fueron: EN-06-12xEN-05-12 con 10,853 kg ha⁻¹, seguido con un rendimiento promedio de 9692 kg ha⁻¹ en la craza EN-06-16xEN-05-12 y la craza EN-06-16xEN-04-2 con un peso de 8761 kg ha⁻¹.

VI. BIBLIOGRAFIA.

- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision.
- Cámara de Diputados del honorable Congreso de la Unión. (2007). Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. México: El mercado del maíz y la agroindustria, 06-10.
- Castañon-Najera, G., Latournerie-Moreno, L., Mendoza-Elos, M. 2005. Macro de SAS-IML para analizar diseños II y IV de Griffing. Universidad y Ciencia. 21(41): 27-35.
- Cueto Flores, H. H. (2014). Selección y predicción de híbridos y estimación de parámetros genéticos en las cruzas posibles de ocho líneas de maíz.
- De la Cruz, L. E.; Rodríguez, H. S.; Estrada, M. A. B. y Mendoza D. P. J. 2005. Análisis dialélico de líneas de maíz QPM para características forrajeras. Univ. Cienc. 21(41):19-26.
- Esquivel G., F. Castillo, J.M. Hernández, A. Santacruz, G. García, y J.A. Acosta. 2013. Aptitud combinatoria en maíz con divergencia genética en el Altiplano Mexicano. Rev. Mex. Cienc. Agric. 4(1):5-18.
- Gordillo Melgoza, Francisco Alfonso & Borrego-Escalante, Fernando & Lozano Cavazos, Carlos & Torres, Valentín & Montejo, Neymar & Rodríguez, María & Benavides-Mendoza, Adalberto. (2022). Impact of Iodine Biofortification on Greenhouse Melon (*Cucumis melo* L.) Growth and Production. International Journal of Plant & Soil Science. 34. 1729-1741. 10.9734/IJPSS/2022/v34i232597.
- Griffing B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Australian journal of Biological Sciences 9:463-493.
- Guerrero Guerrero, C., Espinoza Banda, A., Palomo Gil, A., Gutierrez del Rio, E., Zermeno González, H., & González Castillo, M. (2011). Aptitud combinatoria del rendimiento y sus componentes en dos grupos de líneas de maíz. Agronomía Mesoamericana vol.22 n.2 .
- Guillen de la Cruz, P., Cruz Lázaro, E. d., Castañon Najera, G., Osorio Osorio, R., Brito Manzano, N. P., Lozano del Río, A., & López Noverola, U. (2009). Aptitud combinatoria general y específica de germoplasma tropical de maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 1, 101-107.
- Gutiérrez, R. E.; Palomo, G. A.; Espinoza, B. A. y De la Cruz, L. E. 2002. Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. Rev. Fitotec. Mex. 25(3):271-277.

- Hallauer A R, B Miranda J (1981) Quantitative Genetic in Maize Breeding. Iowa State University Press. Ames, Iowa. pp: 268- 368.
- Kamweru, Isaac & Beyene, Yoseph & Bruce, Anani & Makumbi, Dan & Adetimirin, Victor & Rez-Rodríguez, Paulino & Toledo, Fernando & Crossa, Jose & Prasanna, Boddupalli & Gowda, Manje & Tao, Dayun & Akromah, Richard & Ay, Bruce & Vo, Adetimirin & Rez-Rodríguez, Pé & Bm, Prasanna & Gowda,. (2023). Genetic analyses of tropical maize lines under artificial infestation of fall armyworm and foliar diseases under optimum conditions. *Frontiers in Plant Science*. 14. 1086757. 10.3389/fpls.2023.1086757.
- Maya LJB, Ramírez DJL (2002) Respuesta de híbridos de maíz a la aplicación de potasio en diferentes densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(4): 333–338.
- Melendres-Martínez, J. I., Valdivia-Bernal, R., Lemus-Flores, C., Medina Torres, R., García-López, M., Ortiz-Caton, M., ... & Tadeo-Robledo, M. (2018). Estimación de parámetros genéticos de maíz bajo mejoramiento por selección recíproca recurrente. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1327-1337.
- Plucknett, D. L., & Horne, M. E. (1992). Conservation of genetic resources. *Agriculture, ecosystems & environment*, 42(1-2), 75-92.
- Preciado, O. E. R.; Terrón, I. A. D.; Gómez M. N. O. y Robledo, G. E. I. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. *Agron. Mesoam.* 16(2):145-151.
- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the new York academy of sciences*, 1312(1), 105-112.
- Rodríguez Pérez, G., Treviño Ramírez, J. E., Ojeda Zacarias, M. D. C., Cervantes Ortiz, F., Avila Perches, M. A., & Gámez Vázquez, A. J. (2020). Parámetros genéticos y aptitud combinatoria de líneas de maíz para grano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(8), 1867-1878.
- Singh I D, N C Stoskopf (1971) Harvest index in cereals. *Agron. J.* 63:224-226.
- Sprague G F, L A Tatum (1942) General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 34: 923-932.
- Vélez Torres, M. (2015). Rendimiento de cruza simples de líneas de maíz de ACG contrastante y su predicción mediante SNPs.
- Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Avila-Perches, M. A., Espinosa-Calderón, A., Arellano-Vázquez, J. L., & Gámez-Vázquez, A. J. (2014). Producción

de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 323-335.