

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Estimación de Aptitud Combinatoria General y Específica de 8 Cruzas Simples de Maíz (*Zea mays*), Mediante el Método III de Griffing

Por:

**EMIR AYEINER ROBLERO BARRIOS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México  
Septiembre del 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Estimación de Aptitud Combinatoria General y Específica de 8 Cruzas Simples  
de Maíz (*zea mays*), Mediante el Método III de Griffing

Por:

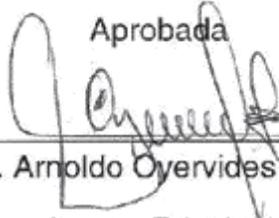
**EMIR AYEINER ROBLERO BARRIOS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada



M.C. Arnoldo Overvides García

Asesor Principal



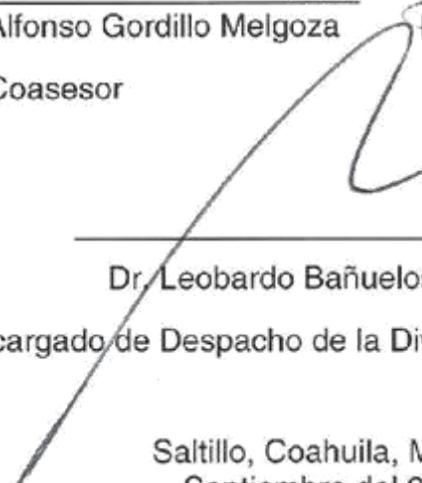
M.C. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza

Coasesor



Dr. Humberto De León Castillo

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Encargado de Despacho de la División de Agronomía

División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Septiembre del 2015

## AGRADECIMIENTO

Antes que todo siempre voy agradecer a un ser superior, a **DIOS** por acompañarme toda la vida, no me queda ni tantita duda que es gracias a él todo lo logrado, gracias por caminar con migo, por darme la mano, por darme sabiduría y paciencia gracias padre. Te amo

A mí gloriosa **ALMA MATER** por haberme permitido formar parte de su gran familia y por haberme apoyado durante toda la carrera, es para mí un orgullo ser parte de esta gloriosa universidad. “ORGULLOSAMENTE BUITRE”

A mis asesores el **Mc. Arnoldo Oyervides García el Doc. Humberto De León Castillo, Mc. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza, Mc. Gustavo Alfonso Burciaga Vera** por haber permitido aceptar ser los que me guiaran en este proyecto y por darme la oportunidad de trabajar con ellos, gracias por todas las enseñanzas recibidas, por la paciencia y sobre todo por el tiempo y dedicación.

**A mis compañeros y amigos de generación CXVII:** *Lalo Pineda, Treviño, Vela, Teodoro Mary, Lety, Vero, Ícela, Víctor, Oscar, Arturo, Enrique, Luis, Constantino, Isidro, Bofo, Gregorio, Bonilla, Willi, Fabián, Mozo, Carrillo, Rafa, Gris, Joel, Jesús, Rodolfo, Tello, Nery, Eleuterio, Andrés, Ricky, Sara, Liz, Melisa, Lisandro, Elver, Juan Gerardo, Lalo Veracruz, Mochis, Jaime, cadenas,* porque sin ustedes esto no hubiera sido tan emocionante, gracias por todos los momentos que quedaron plasmados en mi mete y mi corazón..... **Éxito!!!!!!!**

Sobre todo a mis hermanos que no pensé encontrar lejos de casa a **Eduardo Martínez pineda**, **Manuel Treviño Torres**, **Antonio Vela Colorado** gracias compitas por todo el apoyo recibido, gracias por las palabras de aliento y por siempre apoyarme en todo sin condiciones gracias. Que dios los bendiga siempre

En especial a ti **Dulce corazón** gracias por todo tu apoyo y cariño incondicional que me brindas y por todo ese amor que me das gracias te amo.

A la empresa **Global Seed Genetics** por darme la oportunidad de ejercer mis prácticas profesionales en el cual las experiencias son inolvidables.

A la ing. **Sandra María Álvarez Hoyo**, porque a pesar de ser un total desconocido para usted me brindo el apoyo, gracias por los consejos y por los ánimos que nunca hicieron falta.

A mis a mis amigos que siempre estuvieron empujando con palabras de aliento y que siempre me apoyaron **Víctor santeliz, Fabio, tomas, Huberto, marta, Isidoro**, y a ti primo **Rony** gracias por todo .gracias por todos los momentos que quedaron en mi mente y mi corazón, gracias por acompañarme en este camino

*Y a todas aquellas personas que con sus oraciones participaron siempre en este proyecto, a los que formaron parte de mi vida, pero sobre todo, a quienes llegaron y se quedaron en ella gracias!!!.*

## DEDICATORIA

### **A mis padres**

Ranulfo Roblero Rodríguez Martha Alicia Barrios Alvarado (†).

### **A mi padre**

por darme la oportunidad y empujarme a la mejor opción “estudiar”, gracias por todos tus consejos, por tus buenas enseñanzas, por motivarme a seguir luchando en lograr lo que quiero sin olvidarme de mis valores, de donde vengo y sobre todo del sentido humano, me has enseñado muchas cosas que me sirvieron y me servirán en mi vida, gracias por darme buenos principios y a tener siempre fé, cuando sea grande quiero ser como tú, sencillo humilde, respetuoso y sobre todo trabajador. Te amo

### **A mi madre**

que aunque ya no esté con migo físicamente, siempre estuviste apoyándome espiritualmente, Por ese amor incondicional, por esas manos de consuelo y ese abrazo protector, gracias!!, por la paciencia que tuviste con migo, este triunfo también es tuyo mama porque diste tanto por mí y hoy no pueden ver mis ojos pero en mi alma sigue latiendo tu corazón sé que te hice pasar malos momentos, te llevo en mi mente y en mi corazón y siempre seguirás siendo esa luz que nunca se apagó en amor y paz, y de ahí nunca saldrás, gracias por todo tu amor incondicional que me diste mientras estuviste, gracias a Dios por haber bendecido mi vida con la amada presencia tuya mientras nos fue concedido. Te amo.

## **A mis hermanos**

**Iris, Lisber, Toño, Ayda, Raul, Luisa, Mariela, Lourdes, Eray** por todo el apoyo recibido y por depositar su confianza en mí, gracias por los ánimos que me dieron cuando más lo necesitaba y por los buenos consejos que fueron los que forjaron en mi este triunfo los cuales me ayudaron a terminar este proyecto en mi vida, a ti Raúl porque a pesar de todo me brindaste tu apoyo, los ánimos y el aliento moral que me diste gracias carnal. Los quiero mucho!!!!

## **A mis abuelos**

**Luisa Alvarado Recinos, Sergio Barrios Rivera, Filomena Rodríguez y Flavio Roblero Cifuentes, Rufina Velázquez Escalante** gracias por consentirnos, por los buenos consejos, gracias por las historias contadas por eso es lo que hace que ustedes sean maravillosas y le doy gracias a dios por darme la oportunidad de tenerlos con migo. Abuelos gracias.

## **A mi novia**

aA ti dulce María por todo ese cariño que me has dado gracias por los días de sol y los nublados, por las noches tranquilas y las inquietas, gracias por la sonrisa amorosa y la mano amiga y por no ser solo mi novia si no también mi mejor amiga y mi hermana. **TE AMO.....**

**DIOS LOS BENDIGA A TODOS.....**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	pagina
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>vi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1 Origen del cultivo del maíz	4
2.1 Importancia del maíz en México	4
2.2 Heterosis	5
2.3 Aptitud Combinatoria general y específica	7
2.4 Cruzas dialélicas	9
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>11</b>
3.1 Material genético	11
3.2 Ubicación y descripción de la localidad	12
3.3 Descripción de la parcela experimental	13
3.4 Labores culturales	13
3.4.1 Siembra	13
3.4.2 Fertilización.	14
3.4.3 Control de malezas:	14
3.4.4 Control de plagas:	14
3.4.5 Cosecha	14
3.4.6 Variables evaluadas.	15
3.5 Análisis estadístico	17
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>19</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>35</b>
<b>VI. RESUMEN</b>	<b>36</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>39</b>
<b>VIII. APÉNDICE</b>	<b>43</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

---

<b>Cuadro 3.1.</b> Cruzas simples (CS) que se utilizaron como progenitores en el cruzamiento dialélico .....	11
<b>Cuadro 3.6</b> La estructura del análisis genético combinado del diseño 3 de Griffing se representa en el cuadro .....	18
<b>Cuadro 4.1</b> Medios de análisis de varianza general para cada una de las variables .....	19
<b>Cuadro 4.2</b> Cuadrados medios del análisis de varianza de un cruzamiento dialélico bajo el método 3 de Griffing para 8 CS .....	21
<b>Cuadro 4.3</b> Porcentaje de contribución de efectos aditivos y no aditivos para cada una de las variables .....	21
<b>Cuadro 4.4</b> Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de ocho CS estimadas bajo el modelo 3 de Griffing en nueve variables .....	24
<b>Cuadro 4.5</b> Efecto de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de ocho CS estimadas bajo el modelo 3 de Griffing en nueve variables .....	27
<b>Cuadro 4.6</b> Efectos recíprocos y no maternos de ocho progenitores (CS), obtenidos a través de un diseño dialélico método 3 de Griffing para nueve variables. ....	30
<b>Cuadro 4.7</b> Efectos maternos de progenitores obtenidos a través de un diseño dialélico método 3 de Griffing para nueve variables. ....	33

## I. INTRODUCCIÓN

La mejora genética del maíz es una herramienta de utilidad, para aumentar el rendimiento por unidad de superficie, aunado a otros componentes productivos, así como la nutrición de la planta y protección sanitaria, todo ello para tratar de satisfacer la demanda alimenticia del hombre y sus animales domésticos.

Para generar e identificar un híbrido, con características deseables, los programas de mejoramiento necesitan conocer las reacciones genéticas entre los progenitores, ya que es de gran utilidad para planificar los híbridos, por tales cuestiones, es necesario y de suma importancia contar con información de los efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Especifica (ACE), Estos términos fueron establecidos por Sprague y Tatum (1942) para la elección eficiente de los progenitores que darán origen a los mejores híbridos.

Los efectos genéticos y la heterosis son información muy valiosa que se usa, para determinar el potencial genético de un grupo de progenitores, en un programa de mejoramiento. Así como de las progenies que resultan del cruzamiento entre ellos (Martínez *et al.*, 2005).

En relación a esto, las cruzas dialélicas, se emplean para estimar componentes genéticos de la variación entre las cruzas, así como su capacidad productiva (Martínez, 1983). Entre los métodos para estudiar las cualidades de un conjunto de progenitores, se encuentran los diseños dialélicos propuesto por Griffing (1956), que permiten identificar las combinaciones superiores y de acuerdo a lo anterior, el presente trabajo consistió en la evaluación de las diferentes cruzas experimentales, pertenecientes al programa de mejoramiento genético en el trópico húmedo de México por el Instituto Mexicano del Maíz (IMM), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), con el fin de identificar las cruzas sobresalientes que presenten un buen comportamiento para la región tropical de México.

El cultivo de maíz es importante en el área tropical húmeda de México, donde se siembran anualmente, una superficie de 2.5 millones de ha; de estas, un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 000 ha son sembradas bajo condiciones de riego en esta superficie se recomienda la siembra de híbridos, ya que estos poseen mayor potencial genético sin embargo los materiales que se siembran no son materiales mejoradas si no materiales de la región, el siguiente trabajo fue con finalidad de ofrecer a los productores de la región una opción más para elevar su producción con materiales generados por el Instituto Mexicano de Maíz(IMM).

## 1.1 Objetivos

- Estimar la Aptitud Combinatoria General de 8 cruzas simples.
- Estimar la Aptitud Combinatoria Específica de 8 cruzas simples.
- Estimar efectos recíprocos y maternos de las 8 cruzas simples.
- Determinar rendimiento de las 56 cruzas dobles en comparación a los testigos.

## 1.2 Hipótesis

- Es posible que se pueda identificar cruzas simples superiores que muestren buena aptitud combinatoria general (ACG) y buena aptitud combinatoria específica (ACE)
- En base a la evaluación de su progenie identificar cruzas simples más sobresalientes que muestren buena Aptitud Combinatoria Específica.
- Al menos uno de los progenitores mostrara valores positivos para efectos maternos y no maternos.
- Existirá diferencia entre la craza doble evaluado y el testigo de acuerdo al rendimiento y por lo menos uno será igual o superior al testigo.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 origen del cultivo del maíz**

El maíz (*Zea mays* L.), es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas y cuyo origen, se cree, fue en el centro de México, siendo uno de los granos más antiguos e importantes que se conocen en la producción de alimentos, tanto a nivel mundial como nacional, ya que se derivan de ella, una gran cantidad de productos, aprovechando toda la planta (FAO 2001)

Siendo el maíz blanco el que se utiliza principalmente para la elaboración de tortillas, obteniéndose también aceite e insumos para la fabricación de barnices, pinturas, cauchos artificiales, mieles y jabones entre otros. El maíz de grano amarillo, también se utiliza para consumo humano, sin embargo su principal destino es la alimentación del ganado y la producción de almidones.

### **2.1 importancia del maíz en México**

En México es la principal especie que se cultiva, con una superficie de siembra de alrededor de 7.5 millones de hectáreas, en 2014 la producción nacional de este cereal fue de 23, 273,256.54 millones de toneladas de grano, destacando Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Veracruz, Chiapas

y Guanajuato, como los principales estados productores, con más del 50% de la producción nacional (SIAP, 2014).

EL maíz es el producto agrícola más importado por México de los EEUU, el más cultivado por los agricultores mexicanos, por su importancia en los campos de la economía, la política y la sociedad.

## 2.2 Heterosis

**Wallace y Brown (1956)**, citaron que Darwin observó por primera vez en 1871 a la heterosis y la definió como el exceso de vigor de la  $F_1$  de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores y **Allard, (1960)** mencionó que existen dos hipótesis principales que explican el fenómeno de heterosis: la de dominancia y la de sobre-dominancia. En términos de acción génica, la heterosis se debe principalmente a efectos de interacción entre alelos o dominancia según **Crow, (1999)** y Bruce (1910), sugieren 1) Hipótesis de dominancia, en la que se plantea que el vigor híbrido resulta de la acción acumulativa de genes dominantes individuales en las poblaciones alógamas, que mantienen genes recesivos deletéreos que se encuentran enmascarados en estado heterocigótico y 2) hipótesis de sobredominancia, planteada por **East (1908)** y que establece que el vigor híbrido se debe a la superioridad de los genotipos heterocigóticos (Aa) con respecto a los homocigóticos (AA, Aa).

**Gardner y Eberhart (1966) y Gardner (1967)**, clasificaron los efectos de la heterosis en tres tipos: a) la heterosis media (h) (diferencia entre el promedio de las cruas y el de sus progenitores); b) la heterosis varietal (hj) (heterosis

promedio con que contribuye un progenitor en las cruzas en que participa), y c) la heterosis específica ( $S_{ij}$ ) de cada combinación particular de progenitores.

**Bejarano (2007)**, La máxima expresión de la heterosis (vigor híbrido) se manifiesta en el híbrido simple, también se obtiene mayor uniformidad del híbrido resultante.

**Ramírez (2006)**, Las poblaciones alógamas presentan un alto grado de heterocigosis, esto ofrece la posibilidad de realizar selección contra los genes desfavorables y aumentar la frecuencia de los favorables, modificando así la media de la población hacia el sentido que interese.

**Hallauer y Miranda (1981)** y **Gómez y Valdivia (1988)** mencionaron que para obtener mejor respuesta heterótica, sería conveniente combinar germoplasma proveniente de diferentes áreas de adaptación, bajo el supuesto de que a mayor divergencia genética, habrá mayor heterosis, esto, los Fito mejoradores la usan para formar o enriquecer los patrones heteróticos, pero el manejo de la diversidad genética, debe ser selectiva y dosificada para no tener heterosis negativa.

**Ramírez et al (2007)**, La heterosis es un fenómeno que ocurre cuando el híbrido supera a sus progenitores en características fenológicas de crecimiento y rendimiento, resulta de la interacción de varios factores independientes, aportados por los progenitores que participan en la formación de dicho híbrido. El mejoramiento genético de plantas alógamas como el maíz (*Zea mays* L.), enfatiza la síntesis de híbridos donde se capitaliza al máximo la heterosis.

**Gowen, (1952)**, La heterosis o vigor híbrido es la base del mejoramiento genético por hibridación. **Wallace y Brown (1956)** la definen como el exceso de vigor de la F<sub>1</sub> de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores.

**Ramírez (2006)**, definió heterosis, como la superioridad del híbrido producto de cruzar líneas no consanguíneas entre sí. La observación de este fenómeno, incluso sin conocer bien sus causas, indujo a los primeros mejoradores de plantas a utilizarlo como instrumento de la mejora de plantas.

### **2.3 Aptitud Combinatoria general y específica**

**Ramírez (2006)**, dijo que el éxito en un programa de mejoramiento genético mencionan **Hernández y Molina (1980)**, depende en gran parte del conocimiento del potencial de los progenitores; potencial que generalmente se identifica mediante muchos años de experimentación. La evaluación de la aptitud combinatoria general (ACG) se plantea como una alternativa más rápida para detectar los mejores progenitores.

Los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE), introducidos por **Sprague y Tatum (1942)** citado por **Escorcía G N et al (2009)**, sirven para expresar **Reyes et al., (2004)** el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas y para designar las combinaciones que resultan mejor o peor de lo que se esperaría, en relación con el promedio de la ACG de las dos líneas progenitoras.

Estudios de aptitud combinatoria, tienen suma importancia en cuanto a la identificación de los progenitores potenciales que pueden ser útiles para

producción de híbridos o para el desarrollo de poblaciones compuestas o sintéticas (**Martínez 1983**).

**Hallauer y Miranda (1988)**, La aptitud combinatoria es un concepto usado inicialmente para clasificar líneas por su comportamiento en cruza.

**Márquez (1988)**, definió a la aptitud combinatoria, como la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, capacidad que es medida por medio de su progenie.

**Hoegenmeyer y Hallauer (1976)** señalaron que la aptitud combinatoria específica (ACE) es más importante que la aptitud combinatoria general (ACG) en un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos, ya que con la ACE se puede hacer mejor uso de los efectos no aditivos como la dominancia y la epistásis. Además, la ACG explica la proporción de la varianza genotípica debida a los efectos aditivos de los genes, mientras que la ACE revela la proporción de éste que puede deberse a las desviaciones de dominancia.

**Gutiérrez et al (2004) y Castañón-Nájera et al. (2005)** mencionaron que conocer la aptitud combinatoria de los progenitores, mejora la eficiencia de un programa de mejoramiento. Esto permite seleccionar progenitores con buen comportamiento promedio en una serie de cruzamientos, e identificar combinaciones específicas con un comportamiento superior a lo esperado.

## 2.4 Cruzas dialélicas

Las cruas dialélicas han sido usadas para investigar la herencia de importantes características. Específicamente, las cruas dialélicas fueron diseñadas para investigar la aptitud combinatoria general (ACG) de los progenitores y para identificar los progenitores superiores a ser usados en el desarrollo de híbridos y cultivares **Yan y Hunt, (2002)**. La ACG corresponde al comportamiento promedio de una línea en diversas combinaciones híbridas y la aptitud combinatoria específica (ACE) a las combinaciones específicas con respecto a la ACG de sus padres.

Los diseños dos y cuatro de Griffing han sido utilizados para estimar los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) a partir de sus componentes de varianza **Montesinos et al., (2005)**. Al respecto, **Preciado et al (2005)** señalan que al detectarse efectos mayores en la aptitud combinatoria general, es factible explotar la proporción aditiva de la varianza genética, mediante cualquier variante de selección recurrente; por el contrario, en cruzamientos donde se registra mayor aptitud combinatoria específica, puede implementarse un programa de selección recurrente recíproca o de hibridación.

Un diseño dialélico, según **Layrisse (1981)**, está constituido por todos los cruzamientos posibles entre un conjunto de padres, pero frecuentemente no incluye a los padres o a las cruas recíprocas. Las conclusiones de un análisis dialélico, de acuerdo al autor, dependen del modelo genético-estadístico, de las suposiciones planteadas y del método de selección de los padres.

Los métodos de Griffing son útiles cuando se presenta un número pequeño de líneas, en cambio cuando son un número grande no resulta muy manejable y una de las alternativas para analizar bajo un diseño dialélico, en el cual se presenta un gran número de líneas, es emplear los diseños parciales de cruza dialélicas los cuales ensayan un subconjunto total de cruza que es posible formar entre progenitores básicos **Montesinos et al., (2009)**.

**Griffing (1956)** estableció cuatro métodos de diseños dialélicos para estimar la aptitud combinatoria general y específica de líneas, los cuales son adecuados cuando el número de progenitores es reducido, pero cuando este número se incrementa el procedimiento es más difícil.

Método 1: incluye progenitores, cruzamientos directos, cruzamientos recíprocos, todas las  $p^2$  combinaciones.

Método 2: incluye progenitores y cruzamientos directos, pero no tiene en cuenta los recíproco  $p(p+1)/2$  combinaciones.

Método 3: incluye los cruzamientos directos y recíprocos pero no incluye los progenitores  $p(p-1)$  combinaciones.

Método 4: incluye solamente los cruzamientos directos. No incluye los progenitores ni los cruzamientos recíprocos  $p(p-1)/2$  combinaciones.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material genético

En este trabajo se utilizaron 8 progenitores como cruza simple pertenecientes al programa de mejoramiento tropical del IMM seleccionadas en diferentes investigaciones como las mejores cruza simples de alto rendimiento, con tipo de grano dentado y cristalino.

**Cuadro 3.1.** Cruzas simples (CS) que se utilizaron como progenitores en el cruzamiento dialélico

CS	ORIGEN
1	0112
2	0114
3	0115
4	0116
5	0117
6	0118
7	0119
8	0120

La formación de las cruza dobles se llevó acabo en el ciclo A de riego del año 2007 en la localidad de Úrsulo Galván del mismo municipio, perteneciente al estado de Veracruz.

Las CS fueron sembradas en un arreglo de padres apareados para facilitar la polinización.

Los cruzamientos entre las CS, se llevaron a cabo en forma directa y recíproca, con la finalidad de estimar los efectos recíprocos que en ellos incluye efectos maternos y no maternos

### **3.2 Ubicación y descripción de la localidad**

El municipio de Úrsulo Galván se encuentra ubicado en la zona centro del Estado de Veracruz en la región llamada del Sotavento, es uno de los 212 municipios de la entidad. Está ubicado en las coordenadas 19°24" latitud norte y 96°22" longitud oeste, y cuenta con una altura de 20 msnm. Recibe su nombre en honor a Úrsulo Galván Reyes, luchador agrario originario de Actopan, Veracruz

El municipio lo conforman 37 localidades en las cuales habitan 5160 personas, es un municipio categorizado como semiurbano.

Úrsulo Galván tiene un clima regularmente cálido tropical y con abundantes lluvias en verano y algunas más en otoño, su suelo es de tipo feozem y vertisol. La región se dedica a la pesca, al campo y a la industria azucarera.

Límites municipales.

Tienes límites territoriales con los siguientes municipios y/o accidentes geográficos, según su ubicación.

Norte; por Actopan, al Sur por La Antigua y Puente Nacional, al Este: Golfo de México y al Oeste: Actopan y Puente Nacional.

### **3.3 Descripción de la parcela experimental**

El establecimiento de los experimentos, se llevó a cabo bajo un diseño de bloques al azar, con dos repeticiones. La parcela experimental, consistió en dos surcos de 4.62 m, donde se sembraron dos semillas por golpe, con una distancia entre golpe y golpe de 22 cm, generando con ello una densidad de población de 21 plantas por surco, para después aclarar a una planta por mata, eliminado así a las fuera de tipo, enfermas, hijuelos, y raquílicas y así dejar 1 planta cada 22 cm, la distancia entre surco y surco fue de 0.85 m lo que arroja una densidad de 54 mil plantas por hectárea.

### **3.4 Labores culturales**

Preparación del terreno: se realizó el desvare o chapeo de la maleza, se barbechó, se dio dos pasos de rastra y surcado del terreno.

#### **3.4.1 Siembra**

la siembra se llevó de manera manual depositando 2 semillas por golpe a una distancia de 22 cm entre planta y planta, obteniendo 21 plantas por surco.

La fecha de siembra se llevó a cabo en Junio del 2007

### **3.4.2 Fertilización.**

La dosis de fertilización que se utilizó fue de 130-100-20 donde al momento de siembra se aplicó el 50% de nitrógeno y el 100 % de fósforo y potasio la otra mitad de nitrógeno se aplicó en el primer cultivo que se le dio al experimento.

### **3.4.3 Control de malezas:**

Se controlaron todas las malezas de hoja ancha como angosta, con herbicidas de pre-emergencia como post-emergentes.

Se realizó utilizando herbicidas a base de Atrazina, aplicando al momento de la siembra para evitar la emergencia de la maleza, para evitar la competencia con el crecimiento del cultivo.

### **3.4.4 Control de plagas:**

Las plagas que se controlaron fueron chicharritas (*Dalbulus maidis*), gusanos cogolleros (*Spodoptera frugiperda*), trozador (*Agrotis ipsilon*), elotero (*Heliothis zea*) y barrenador del tallo (*Diatraea lineolata*), con los productos químicos correspondientes de insecticidas y herbicidas comerciales en la zona.

**3.4.5 Cosecha:** está realizada manualmente en el mes de Diciembre del 2007

### **3.4.6 Variables evaluadas.**

#### Altura de planta.

Se refiere a la distancia que existe entre la parte superior del surco a la base de la espiga, expresada en centímetros,

#### Altura de mazorca.

Se refiere a la distancia que existe entre la parte superior del surco hasta el nudo de inserción de con la mazorca.

#### Acame de raíz.

Se refiere al número de tallos inclinados en mas de 30° expresados en porcentaje.

#### Acame de tallos.

Se refiere al número de tallos quebrados expresados en porcentaje.

#### Floración femenina.

Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela expresaban estigmas dehiscentes.

#### Floración masculina.

Expresado como el número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela expresaban anteras receptivas.

#### Mazorca podridas.

Se consideraron mazorcas podridas aquellas mazorcas que tuvieron más de un 10 % de granos podridos en función del número total de mazorcas, expresado en porcentaje.

Número de plantas cosechadas.

Total de plantas cosechadas de la parcela útil.

Peso de campo.

Corresponde al peso de las mazorcas cosechadas en cada parcela al momento de la cosecha y esta expresada en kilogramos.

Rendimiento. (REND)

Este valor se obtuvo mediante la producción estimada por parcela experimental expresada en  $t\ ha^{-1}$  con una humedad de grano al 15.5 por ciento, este dato se obtuvo al multiplicar el peso seco (PS) por un factor de conversión (FC)

$$PS = (100 - \%H) / 100 * PC$$

**Dónde:**

**%H**= Porcentaje de humedad del grano a la cosecha

**PC**= Peso de campo en Kg.

$$FC = (10,000m^2 / APU * 0.845 * 1000)$$

**Dónde:**

**FC**= factor de conversión

**0.845**= Constante para transformar el rendimiento de peso seco al 15.5 Por ciento de humedad.

**1000**= Constante para obtener el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ .

**10,000**= Valor correspondiente a la superficie de una hectárea en  $m^2$ .

**APU**= Área de parcela útil; resultado de la distancia entre surcos multiplicado por la distancia entre plantas por el número total de plantas por parcela útil.

### 3.5 Análisis estadístico

Los híbridos experimentales se analizaron bajo un diseño de bloques completos al azar, esto para detectar diferencias significativas entre las repeticiones y los híbridos, el cual se hizo bajo el siguiente modelo.

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = variable observada del  $i$ -ésima repetición del  $j$ -ésimo tratamiento.

$\mu$  = efecto de la media general.

$\beta_i$  = efecto de  $i$  – ésima repetición.

$\tau_j$  = efecto del  $j$ - ésimo tratamiento.

$\varepsilon_{ij}$  = efecto del error.

. Auxiliado con el sistema de apareamiento siguiendo el método 3 de Griffing que permitió generar cruzas directas y recíprocas a partir de  $p$  progenitores, originando  $p(p-1)$  genotipos diferentes de un modelo lineal (línea x probador), con la finalidad de detectar diferencias significativas entre líneas, probadores, y su interacción línea por probador, el modelo estadístico empleado para el análisis de varianza fue el siguiente.

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + m_i + m_j + r_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:  $Y_{ijk}$  = Es el valor fenotípico de observado de la crucea  $(i,j)$  en el bloque  $k$

$\mu$  = efecto de la media general

$g_i$  = efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor  $i$

$g_j$ =efecto de la aptitud combinatoria general del progenitor  $j$   
 $s_{ij}$ =efecto de la aptitud combinatoria especifica de la cruza  $(i,j)$   
 $m_i$ =efecto materno del progenitor  $i$   
 $m_j$ =efecto materno del progenitor  $j$   
 $r_{ij}$ =efecto reciproco de la cruza  $(i,j)$   
 $e_{ijk}$ = error experimental

**Cuadro 3.6** La estructura del análisis genético combinado del diseño 3 de Griffing se representa en el cuadro

Fuentes de variación	G.L
Bloques	$r-1$
Cruzas	$p^2-p-1$
ACG	$p-1$
ACE	$p(p-3)/2$
ER	$p(p-1)/2$
MAT	$p-1$
NMAT	$(p-1)(p-2)/2$
Error	

G.L.= grados de libertad, ACG=aptitud combinatoria general, ACE=aptitud combinatoria especifica, ER= efectos recíprocos, MAT= efectos maternos, NMAT= efectos no maternos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de varianza, se encuentran concentrados en el **cuadro 4.1** donde se detectaron diferencias significativas en la fuente de variación híbridos en las variables tales como REN, ACMR Y ACMT, la primera variable mostró ser significativo  $p \leq 0.01$  mientras que las otras dos presentaron una significancia de  $p \leq 0.05$ , esto indica que al menos una de las cruzas difiere de las demás.

En repeticiones, ninguna de las variables presentó significancia estadística, lo cual quiere decir, que para la fuente repeticiones, todas las variables son iguales en su expresión de una repetición a otra y esto se atribuye al buen manejo experimental o a la elección uniforme del terreno.

**Cuadro 4.1** Medios de análisis de varianza general para cada una de las variables

FV	GL	REN	ACMR	ACMT	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
REP	1	614880.20	455.99	24.403	27.69	89.10	1.5089	3.9375	19.723	110.0089
HIB	55	684547.90**	207.99*	32.971*	17.20	240.32	0.6803	1.9167	345.564	212.4452
ERROR	55	173590.56	135.88	19.6036	12.94	194.17	0.5634	1.7738	450.9777	201.9907
TOTAL	111									
MEDIA		2522.7	19.98	4.255	4.77	45.26	55.9	57.4017	211.42	109.3661
CV		16.51	57.77	104.05	75.40	30.78	1.3428	2.3673	10.0437	12.9952

\*, \*\*=Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, C.V.=coeficiente de variación F.V.= Fuente de variación, g.l.= grados de libertad, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD=pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

Para los coeficientes de variación hay valores muy elevados, como son los de las variables ACMR, ACMT, PUD, y FUS, esto se atribuye a que las variables son expresadas en porcentaje, pero se consideran por la experiencia del mejorador responsable que aun así siguen siendo confiables, en cuanto a las variables restantes los coeficientes de variación se reportaron bajos lo cual se puede decir que se dio un buen manejo a los experimentos de campo y permite brindar confianza a la investigación.

Un coeficiente de variación (CV) de 15 % para rendimiento es típico de experimentos en maíz en un diseño de bloques completos al azar, e indica que el experimento en campo estuvo bien conducido. Las variables altura de planta y días a floración, por ser genéticamente menos complejas que el rendimiento, presentan los menores valores de CV, De La Cruz et al (2003).

Para los resultados obtenidos del análisis de varianza de acuerdo al diseño dialélico con base al modelo 2 método 3 de Griffing en el **(cuadro 4.2)** se menciona que para la fuente de variación ACG se muestran valores diferentes de cero ( $p \leq 0.05$ ) para la variable REN, y ACMT, y ( $p \leq 0.01$ ) para las variables PUD y FUS, estas diferencias indican que hay progenitores cuyo efecto es diferente de cero, esto atiende de que hay al menos una cruce simple que combina bien con diferentes cruces simples.

Con respecto a ACE solo se tuvieron diferencias diferentes de cero ( $p \leq 0.01$ ) para la variable PUD estas diferencias indican que al menos uno de los progenitores contribuye significativamente con genes susceptibles en pudrición.

**Cuadro 4.2** Cuadrados medios del análisis de varianza de un cruzamiento dialélico bajo el método 3 de Griffing para 8 CS

F.V	GL	REN	ACMR	ACMT	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
REP	1	614880.2	455.99	24.40	295.58	711.64	1.50	3.93	19.72321	110.00893
CRUZAS	55	684547.9**	207.99*	32.97*	682.98**	617.26*	0.68	1.916	349.98	212.71
ACG	7	803660.71*	256.39	40.70*	1211.86**	1262.61**	1.05	0.88	129.49	131.69
ACE	20	382775.5	145.45	29.80	772.08**	501.85	0.36	1.04	348.91	224.31
EMAT	7	2152714.57**	587.70**	54.61**	546.55	1482.2**	1.18*	2.93	191.08	326.18
ENMAT	21	455516.6	126.91	27.02	1115.41**	374.77	0.73	1.79	472.31	208.56
REC	28	879816.09**	242.11*	33.92*	973.19**	651.63*	0.84	2.08	402.00	237.97

\*, \*\*=Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, C.V.=coeficiente de variación F.V.= Fuente de variación, g.l.= grados de libertad, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD=pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En el **cuadro 4.3** se estimó el porcentaje de contribución de los efectos aditivos y no aditivos para cada una de las variables de acuerdo a la suma de cuadrados del análisis del método 3 de Griffing.

**Cuadro 4.3** Porcentaje de contribución de efectos aditivos y no aditivos para cada una de las variables

EFEECTO	REN	ACMR	ACMT	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
ACG	42.36%	38.16%	32.34%	35.46%	46.82%	50.42%	23.25%	11.50%	17.05%
ACE	57.64%	61.84%	67.66%	64.54%	53.18%	49.58%	76.75%	88.50%	82.95%

ACE=aptitud combinatoria específica, ACG= aptitud combinatoria general, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD=pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca

En el cuadro se pueden observar que para las variables REN, ACMR, ACMT, PUD, FUS, DFH, ALPA, y ALMA los valores son proporcionalmente mayores en ACE esto indica que estas variables son controladas por efectos del tipo no aditivo ,Hoegenmeyer y Hallauer (1976) señalaron que la aptitud combinatoria específica (ACE) es más importante que la aptitud combinatoria general (ACG) en un programa de mejoramiento cuya finalidad sea la obtención de híbridos. En cuanto a DFM los valores son de igual magnitud tanto para efectos aditivos como no aditivo. **Cuadro 4.3.**

En el cuadro 4.2 también se aprecian los efectos maternos, donde las variables REN, ACMR, ACMT Y FUS muestran diferencias significativas al  $p \leq 0.01$  y para la variable DFH se muestra una significancia al  $p \leq 0.05$  y esto quiere decir que las cruzas se comportaran diferentes en cuanto al arreglo del progenitor, es decir la información le sirve al mejorador para toma de decisiones de cómo usar un progenitor como hembra o como macho según los resultados que arroje dicha investigación. **Cuadro 4.2**

En lo que corresponde para la fuente de variación efectos no maternos, se presenta diferencia significativa al  $p \leq 0.01$  para la variable PUD esto se atribuye a que los genes que codifican para esta condición no son citoplasmáticos. **Cuadro 4.2**

En el **cuadro 4.4** se presenta las 8 CS con los efectos de aptitud combinatoria general para cada una, donde se muestra que la mejor craza simple que presento valores positivos más altos fue la 0115 con una aportación de 222.86 kilos sobre la media y se refleja que la mayoría de las cruzas donde está involucrado esta craza supera la media general, es por eso que muestra significancia y el valor de su efecto es estadísticamente diferente de cero, (Martínez 1983). Menciona que el estudio de aptitud combinatoria general y

específica, tienen suma importancia en cuanto a la identificación de los progenitores potenciales que pueden ser útiles para producción de híbridos o para el desarrollo de poblaciones compuestas o sintéticas.

Por otra parte la CS 0115 mostro efectos positivos en ACG para rendimiento, es la misma que presenta valores negativos y con efectos diferentes de cero para las variables; ACMR, ACMT y PUD, FUS, ALPA y ALMA quizá esto contribuye a que no afecte la media de rendimiento por que no presenta problemas con estas variables. **Cuadro 4.4**

Para la CS 0112 que tiene también rendimiento alto muestra efectos negativos para las variables ACMR, ACMT, PUD, lo que indica que de acuerdo a los índices bajos de acame de raíz, tallo y PUD alcanza rendimientos altos, además de contribuir a disminuir a la altura de planta con valores negativos, señalándola también como una de las mejores cruza simples en ACG aunque no muestre significancia. **Cuadro 4.4**

En cuanto a la CS 0117 presenta valores negativos y con efectos deferentes de cero para las variables PUD y FUS, lo cual se atribuye que el rendimiento no se vea afectado de manera indirecta en cuanto a DFH y DFM muestran que tienen precocidad al mostrar valores negativos. **Cuadro 4.4**

Para la CS 0120 que fue una de las peores progenitores al mostrar efectos negativos y estadísticamente significativo ( $p \leq 0.01$ ) para rendimiento, pero en valores negativos indican que esta CS en lugar de aportar al rendimiento esta le quitara a la media general, haciendo que merme el rendimiento, también se muestra para las variables ACMT, PUD y DFM muestra

diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ) esto indica que esta cruce simple no presenta problemas con estas variables al mostrar valores negativos , pero para la variable PUD se muestra diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) esto indica que para esta variable presenta problemas al mostrar valores positivos y que esta heredara a su progenie la PUD con facilidad con el que se cruce. **Cuadro 4.4**

**Cuadro 4.4** Efectos de Aptitud Combinatoria General (ACG) de ocho CS estimadas bajo el modelo 3 de Griffing en nueve variables

CS	$\bar{x}$ REND	REN	ACMR	ACMT	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
0112	2683.60	137.62	-3.985	-1.299	7.434**	8.998**	-0.177	-0.135	-1.718	3.531
0114	1987.65	73.92	2.174	0.273	13.690**	-4.269	-0.177	0.114	-2.885	-1.468
0115	2517.14	222.86*	-4.740*	-2.011**	-5.677**	-5.115	-0.093 *	-0.177	-1.26	-0.302
0116	2510.36	39.65	1.318*	1.643*	-4.178*	-3.915	-0.26	-0.135	-1.677	-3.01
0117	2865.11	120.05	3.872	0.246	-5.310**	-7.031 *	0.031	-0.177	3.531	3.031
0118	2443.33	-95.67	1.25*	-0.104	1.726*	-1.49	0.197	0.031	-0.343	-2.302
0119	2684.35	-175.19	2.640	1.745*	-4.270*	-0.432	0.156	0.114	2.281	0.322
0120	2490.03	-323.2574**	-2.532	-0.492*	-3.413*	13.255 **	0.322 *	0.364	2.072	0.197

\*, \*\*=Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, C.V.=coeficiente de variación F.V.= Fuente de variación, g.l.= grados de libertad, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD=pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En el **cuadro 4.5** se muestran los efectos de aptitud combinatoria específica para 28 cruza dobles el cual para rendimiento podemos observar que las cruza 0112 x 0119 y 0115 x 0117 muestran diferencia significativa al ( $p \leq 0.05$ ) con valores positivos, esto los pone como mejores cruza dobles contribuyendo la primera cruce con  $614.97 \text{ kg ha}^{-1}$  y la segunda con  $519.19 \text{ kg ha}^{-1}$  , Cabe mencionar que en la misma variable la peor cruce doble es la 0112 x 0120 al mostrar diferencia significativa ( $p \leq 0.1$ ) con valores negativos de  $-323.25 \text{ kg ha}^{-1}$

Para la variable ACMR se muestra diferencia significativa  $p \leq 0.05$  con valor negativo para la crusa doble 0114 x 0119 al mostrar valores altos con -10.88%, esto indica que esta no presentara problemas con esta variable.

#### **Cuadro 4.5**

En cuanto a la variable ACMT la crusa doble que muestra diferencia significativa  $p \leq 0.05$  es la crusa 0115 x 0119 mostrando valores negativos esto indica que esta crusa doble no presenta problemas con acame de tallo al mostrar valores negativos de -3.98 por ciento y esta es una de las mejores cruas al tener media igual a 0, en la misma variable se muestra a la crusa 0116 x 0119 como la peor crusa doble teniendo diferencia significativa  $p \leq 0.01$  con valores positivos de 6.756 esto indica que esta presenta problemas muy altos con acame de raíz teniendo repercusión en rendimiento siendo esta una de las cruas dobles que obtuvo las medias más bajas. **Cuadro 4.5**

En la variable PUD las cruas dobles 0112 x 0118, 0114 x 0115, 0114 x 0116, 0114 x 0117, 0114 x 0118, 0114 x 0119 muestran diferencias significativas  $p \leq 0.01$  teniendo valores altos negativos de -12% a -13% esto indica que estas cruas dobles tienen tolerancia a pudrición de mazorca cabe mencionar el progenitor 0114 participa en la mayoría de las cruas, esto indica que esta crusa no presenta problemas con esta variable y lo hereda fácilmente con el que se cruce, y como la peor crusa doble se muestra a la 0112 x 0114 teniendo diferencia significativa  $p \leq 0.01$  teniendo valores altos positivos de PUD.

#### **Cuadro 4.5**

En cuanto a la variable FUS, las cruas dobles que muestran diferencias significativas son 0112 x 0114  $p \leq 0.05$  y la 0112 x 0120  $p \leq 0.01$  con valores positivos altos de 16% para la primera y 31% para la segunda, siendo

estas las peores cruzas dobles, en cuanto a esta variable, cabe mencionar que las cruzas dobles que muestran valores negativos y con significancia en la variable PUD son las que tienen porcentajes bajos para esta variable y es donde participa el progenitor 0114. **Cuadro 4.5**

Para la variable DFM las cruzas dobles no muestran diferencias significativas esto indica que para esta variable todos los efectos son estadísticamente igual a 0, en cuanto a la variable DFH solo la craza 0119 x 0120 mostro una significancia  $p \leq 0.05$  con valores negativo de -1.3809 mostrando así como las más precoz en DFH. **Cuadro 4.5**

Para la variable ALPA la craza doble que mostro efectos de ACE positivo de 20.45 cm y con significancia de  $p \leq 0.05$  fue la 0116 x 0117 y la de menor efecto fue la craza doble 0117 x 0119 con valores negativos de -13.5 cm, en la variable ALMA Las cruzas dobles que mostraron diferencias significativas  $p \leq 0.05$  fueron 0112 x 0120, 0114 x 0120 y con diferencia significativa  $p \leq 0.01$  la craza 0116 x 0120 siendo esta la más baja de todas. **Cuadro 4.5**

**Cuadro 4.5** Efecto de Aptitud Combinatoria Específica (ACE) de 28 cruzas dobles estimadas bajo el modelo 3 de Griffing en nueve variables

CS	$\bar{X}$ REND	REN	ACMR	ACMT	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
0112 X 0114	2657.24	-411.8	7.33	2.353	46.740**	16.861*	-0.047	-0.1309	-0.833	2.32
0112 X 0115	2657.24	-415.75	6.26	1.988	-7.171	-2.18	0.119	0.1607	1.541	-3.84
0112 X 0116	2847.04	241.96	-8.17	-1.536	-7.805	-13.387	0.035	0.369	9.458	7.61
0112 X 0117	3068.47	82.47	-4.83	-0.929	-2.851	-12.213	-0.0059	-0.5892	1.75	2.82
0112 X 0118	2340.90	29.31	4.47	-1.423	-13.026**	-11.1	0.0773	0.4523	-10.62	-6.84
0112 X 0119	2530.70	614.97*	-6.06	-0.241	-6.248	-9.475	-0.1309	0.119	9.25	9.27
0112 X 0120	2319.81	-323.25**	0.99	-0.212	-9.636	31.496**	-0.0476	-0.3809	-10.54	-11.34*
0114 X 0115	1987.65	-4.07	0.63	-0.791	-13.560**	0.729	0.119	-0.3392	-2.29	-5.09
0114 X 0116	2087.83	84.23	3.64	-2.529	-12.926**	-6.667	-0.4642	-0.6309	-10.62	-1.13
0114 X 0117	2309.26	82.91	-1.67	1.087	-13.140**	4.993	0.244	0.4107	-8.33	-8.42
0114 X 0118	2467.43	-54.60	7.84	-2.924	14.792**	4.993	-0.1726	-0.0476	1.041	-0.09
0114 X 0119	1708.22	46.00	-10.88*	0.553	-12.449**	-7.127	-0.1309	0.369	10.41	0.52
0114 X 0120	1265.35	-141.15	-6.89	2.251	-9.455	-4.601	0.4523	0.369	10.62	-13.50*
0115 X 0116	2910.31	156.72	1.57	-0.333	5.753	2.218	0.2023	-0.0892	-9.75	3.94
0115 X 0117	3163.38	519.19*	-2.44	0.15	3.757	0.532	-0.3392	-0.0476	-2.45	4.15
0115 X 0118	2024.56	-308.99	-3.61	0.956	0.633	6.403	-0.0059	-0.0059	6.41	-0.51
0115 X 0119	1613.32	-182.01	-2.46	-3.988*	3.783	4.465	0.2857	0.9107	1.29	0.61
0115 X 0120	2087.83	234.93	0.02	2.019	6.805	-12.17	-0.3809	-0.5892	5.25	0.73
0116 X 0117	1803.12	-388.95	1.94	1.285	6.213	1.59	0.0773	-0.0892	20.45*	-1.88
0116 X 0118	2799.59	230.09	-5.35	-0.396	-0.413	8.695	0.4107	0.2023	-1.91	2.19
0116 X 0119	1708.22	-330.96	2.97	6.756**	5.879	9.415	0.2023	0.369	0.45	4.57
0116 X 0120	1898.03	6.90	3.38	-3.245	3.298	-1.872	-0.4642	-0.1309	-8.08	-15.30**
0117 X 0118	3353.18	236.68	0.58	-1.182	-0.133	0.119	-0.3809	-1.0059	0.37	1.15
0117 X 0119	2467.43	-174.11	4.64	-0.649	4.368	8.124	0.1607	0.4107	-13.5	-6.47
0117 X 0120	1898.03	-358.20	1.78	0.238	1.785	-3.153	0.244	0.9107	1.7	-15.3
0118 X 0119	2404.17	-53.28	3.56	1.796	-2.193	2.182	-0.2559	-0.7976	-2.12	-4.88
0118 X 0120	1961.29	-79.20	-7.51	3.174	0.341	-2.112	0.3273	1.2023	6.83	8.98
0119 X 0120	2161.64	79.39	8.21	-4.225	6.861	-7.585	-0.1309	-1.3809*	-5.79	-3.63

$\bar{X}$  REND media de rendimiento, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD=pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En el **cuadro 4.6** se resumen los Efectos recíprocos estimados a su vez divididos en efectos maternos y no maternos, los efectos maternos se refiere a la dotación citoplasmática que el endospermo recibe, el cual puede tener un efecto en el fenotipo del individuo que desarrolle a partir de ese ovulo y se estiman en base al comportamiento extra nuclear de los progenitores y los efectos no materno se estiman de acuerdo a los efectos genéticos de las cruzas específicas.

En la variable REND las cruzas dobles 0114 x 0115, 0114 x 0120, 0115 x 119, muestran efectos recíprocos con una significancia estadística  $p \leq 0.01$  y las CS 0112 x 0119, 0114 x 0116, 0115 x 0120, 0118 x 0119 muestran efecto recíprocos con una significancia de  $p \leq 0.05$  lo que permite inferir que al menos una crusa reciproca será diferente a las demás. Es decir, que el rendimiento estará asociado de acuerdo al arreglo de los progenitores, bien sabemos que  $i \times j$  dará un rendimiento diferente que  $j \times i$ . **Cuadro 4.6**

La variable ACMR las cruzas dobles 0114 x 0116, 0117 x 0119, 0119 x 0120 mostraron una significancia estadística de  $p \leq 0.01$  y la 0114 x 0117 muestra una significancia estadística de  $p \leq 0.05$  lo cual indica que el acame de raíz se hará presente dependiendo del arreglo de los progenitores y esta información le será útil al mejorador para tomar decisión de cuando y como usar un progenitor. **Cuadro 4.6**

El factor materno se refiere al efecto del genotipo o tejido materno sobre alguna característica de su descendencia, mientras que el componente no materno es la interacción entre factores extra nucleares y nucleares en las cruzas. **Cuadro 4.6**

Para la variable ACMT las cruzas dobles que mostraron diferencias altamente significativa son 0114 x 0117, 0114 x 0119 y la 0114 x 0120 estas primeras se deben a efectos maternos ya que el progenitor 0114 muestra significancia estadística en el cuadro de efectos maternos, mientras que la cruce 0118 x 0120 muestra diferencia significativa y el efecto recíproco se debe a efectos no maternos. **Cuadro 4.6**

Con respecto a la variable PUD las cruzas dobles 0112 X 0114, 0114 x 0118 mostraron diferencias significativas  $p \leq 0.01$  esto indica que el resultado de estas cruzas darán diferente expresión dependiendo al ordenamiento de los progenitores. **Cuadro 4.6**

En cuanto a la variable FUS la cruce doble que muestra diferencia significativa  $p \leq 0.01$  es la 0112 x 0120 y la 0115 x 0119  $p \leq 0.05$ , indicando que los resultados de esta cruce serán diferentes si es en otro orden. **Cuadro 4.6**

Para la variable DFM se muestran diferencias significativas para las cruzas dobles 0112 x 0118, 0116 x 0120 Y para DFH las cruzas 0117 x 0119 y 0118 x 0119 y se debe a efectos no maternos.

Para la variable ALPA la cruce doble 0116 x 0117 muestra diferencia significativa  $p \leq 0.01$  en efectos recíprocos, para esta variable, de acuerdo al criterio del mejorador le será útil dependiendo del objetivo del cultivo que pudiera utilizarse con doble propósito para grano y forraje. **Cuadro 4.6.**

**Cuadro 4.6** Efectos recíprocos y no maternos de 28 cruzas dobles, obtenidos a través de un diseño dialéctico método 3 de Griffing para nueve variables.

CS	REND			ACMR		ACMT		PUD		FUS	
	X REND	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM
0112 X 0114	2657.24	334.79	-226.37	-5.50	0.390	-1.41	-0.25	-73.53**	-59.47**	-6.14	-8.69
0112 X 0115	2657.24	189.8	-19.77	-3.62	-2.40	2.93	1.86	0.81	9.62*	3.08	-1.48
0112 X 0116	2847.04	-94.9	-172.99	1.07	-5.83	-0.16	-0.58	1.61	9.64*	6.59	-1.73
0112 X 0117	3068.47	205.61	377.62	7.80	5.07	2.27	-0.13	0.02	7.88	7.61	-4.04
0112 X 0118	2340.90	-253.07	-288.32	9.02	5.83	1.42	-1.30	0.89	13.34**	6.96	-4.33
0112 X 0119	2530.70	-569.40*	-334.13	2.57	-4.45	1.60	-0.14	-0.64	7.87	4.99	-7.04
0112 X 0120	2319.81	487.68	663.97**	4.04	1.38	2.25	-0.21	2.99	11.10*	48.98**	27.34**
0114 X 0115	2087.83	-727.57**	-375.98	-0.89	-5.57	2.25	-0.50	0.27	-4.96	11.26	9.24
0114 X 0116	2087.83	-632.67*	-149.60	17.43**	4.62	0.41	-1.17	-1.06	-7.09	-3.90	-9.69
0114 X 0117	2309.26	-490.32	242.85	12.83*	4.19	4.39*	0.82	3.84	-2.35	9.84	0.73
0114 X 0118	2467.43	21.08	547.00*	8.75	-0.33	-1.50	-5.40**	-36.18**	-37.79**	12.31	3.56
0114 X 0119	1708.22	-759.21	37.23	9.28	-3.65	5.47**	2.57	1.29	-4.25	3.83	-5.66
0114 X 0120	1265.35	-1265.35**	-527.88*	9.69	1.14	6.28**	3.43	2.91	-3.02	12.22	-6.87
0115 X 0116	2910.31	-1265.35	99.84	6.86	-1.26	-0.61	0.03	0.09	-0.69	5.57	1.80
0115 X 0117	3163.38	-221.43	160.14	5.00	1.04	0.14	-1.20	1.37	0.41	4.51	-2.58
0115 X 0118	2024.56	-316.33	-142.02	2.71	-1.69	3.09	1.42	-0.59	3.03	7.62	0.89
0115 X 0119	1613.32	-775.02**	-330.17	2.79	-5.46	0.00	-0.677	2.44	2.13	17.74*	10.26
0115 X 0120	2087.83	-569.40*	234.93	3.27	-0.59	2.42	1.79	0.46	-0.23	14.45	-2.62
0116 X 0117	1803.12	-490.32	234.93	-4.71	-0.53	3.68	1.69	-2.30	-2.46	-4.58	-7.90
0116 X 0118	2799.59	102.8	145.64	-1.36	2.35	-1.64	-3.96*	-0.19	4.22	0.12	-2.84
0116 X 0119	1708.22	-347.97	-34.59	-8.21	8.33	2.58	1.26	0.13	0.61	15.00	11.29
0116 X 0120	1898.03	-347.97	-93.58	-0.22	4.03	0.54	-0.72	-0.60	-0.51	3.13	-10.17
0117 X 0118	3353.18	569.40*	362.14	-1.44	-1.90	-0.27	-0.6	-3.22	1.36	-3.02	-2.67
0117 X 0119	2467.43	173.98	237.25	16.87**	12.57**	1.71	2.38	-0.45	0.19	-11.33	-11.72
0117 X 0120	1898.03	-63.26	-58.98	-0.96	-0.88	-1.30	-0.59	1.66	6.86	10.59	0.60
0118 X 0119	2404.17	205.61	476.15	1.88	-1.95	-5.06*	-4.06*	-3.86	-7.80	-7.79	-8.53
0118 X 0120	1961.29	-63.26	148.28	5.67	6.21	-6.83**	-5.78**	-3.69	-8.02	13.48	3.14
0119 X 0120	2161.64	110.71	51.73	-15.67**	-11.29*	1.28	1.33	-0.83	-1.23	-1.80	-11.41

Continuación.....4.6

CS	DFM		DFH		ALPA		ALMA	
	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM	Rec	NM
0112 X 0114	0.00	-0.25	-0.25	-0.12	-3.50	1.37	11.25	9.56
0112 X 0115	-0.25	-0.25	-0.25	0.09	-7.50	-3.78	-8.750	-4.12
0112 X 0116	0.00	0.00	0.00	0.12	-12.50	-5.96	-2.50	1.34
0112 X 0117	-0.25	-0.53	-1.50	-0.96	2.50	5.43	-11.25	-6.31
0112 X 0118	1.00	1.03**	0.25	0.81	-13.75	-7.46	-13.75*	-5.62
0112 X 0119	0.75	0.25	0.50	0.12	-3.75	-0.81	-7.50	-6.46
0112 X 0120	0.00	-0.25	-0.25	-0.06	3.75	11.21	6.75	11.62*
0114 X 0115	-0.25	0.00	0.00	0.21	2.50	1.34	0.00	6.31
0114 X 0116	0.00	0.25	0.25	0.25	6.25	7.90	-3.75	1.78
0114 X 0117	0.00	-0.03	0.25	0.65	-16.25	-18.18	-12.50	-5.87
0114 X 0118	-0.75	-0.46	-0.50	-0.06	-6.75	-5.34	-8.00	1.81
0114 X 0119	0.25	-0.00	0.00	-0.50	18.75	16.81	6.25	8.96
0114 X 0120	0.00	-0.00	-0.75	-0.68	-3.75	-1.15	-10.00	-3.43
0115 X 0116	-0.25	-0.25	0.00	-0.21	-11.25	-8.43	-5.00	-5.78
0115 X 0117	0.00	-0.28	0.00	0.18	3.75	2.96	13.75*	14.06*
0115 X 0118	0.00	0.03	0.25	0.46	-3.75	-1.18	-8.75	-5.25
0115 X 0119	0.75	0.25	0.75	0.03	6.25	5.46	5.00	1.40
0115 X 0120	0.25	0.00	0.00	-0.15	-5.00	-1.25	-2.50	-2.25
0116 X 0117	0.75	0.46	0.00	0.40	28.75**	25.15**	-2.50	-1.40
0116 X 0118	0.25	0.28	0.00	0.43	0.00	-0.25	3.75	8.03
0116 X 0119	0.50	-0.00	0.25	-0.25	-15.00	-18.59 *	-3.75	-6.56
0116 X 0120	-0.50	-0.75*	-0.50	-0.43	-13.75	-12.81	-3.75	-2.71
0117 X 0118	-0.75	-0.43	0.75	0.78	7.50	10.84	-6.25	-3.06
0117 X 0119	-0.25	-0.46	-0.25	-1.15*	-3.75	-3.75	3.75	-0.15
0117 X 0120	0.50	0.53	1.00	0.65	3.75	8.28	3.75	3.68
0118 X 0119	0.50	-0.03	2.25	1.31*	-1.25	-4.59	0.00	-7.09
0118 X 0120	0.75	0.46	1.50	1.12	0.00	1.18	6.25	3.00
0119 X 0120	-0.25	0.00	-1.00	-0.43	-10.00	-5.46	-13.75*	-9.90

\*, \*\*=Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

En cuanto a la variable ALMA las cruzas dobles que muestran diferencias significativas son 0112 x 0118, 0115 x 0117, 0119 x 0120 esto se atribuye que los efectos recíprocos el cual al invertir el arreglo los resultados serán diferentes para esta variable. **cuadro 4.6**

En el **cuadro 4.7** se muestran los valores obtenidos para los Efectos maternos el cual la información ayuda al investigador como usar un progenitor si como hembra o macho según el resultado que arroja teniendo en cuenta que los valores negativos afectaría al resultado según la variable.

Para la craza simple 0112 se muestra diferencias significativas para la variable PUD con valor negativo y para FUS valores positivos, esto indica que para la primera variable que aquí se menciona este progenitor sería mejor como hembra al heredar a su progenie tolerancia a pudrición mientras que para la variable FUS sería lo más conveniente usarlo como macho al mostrar valores positivos. **Cuadro 4.7**

La craza simple 0114 muestra diferencias significativas para la variable RED con valores negativos de  $-523.60 \text{ t ha}^{-1}$  esto quiere decir que este progenitor no es conveniente usarlo como hembra al mostrar valores negativos y se puede observar en el cuadro de medias donde este progenitor participa como hembra y obtiene el pero rendimiento, también se muestran diferencias significativas con valores positivos para ACMT, PUD y FUS indicando así que para estas variables esté progenitor tiende a tener problemas al heredar a su progenie afectando así al rendimiento y se comprueba al tener valores negativos, también muestra diferencia significativa para la variable ALMA con valores negativos indicando así que en esta variable tiende a reducir la altura de mazorca. **Cuadro 4.7**

**Cuadro 4.7** Efectos maternos de 8 progenitores obtenidos a través de un diseño dialélico método 3 de Griffing para nueve variables.

CS	REN	ACMR	ACMT	PUD	FUS	DFM	DFH	ALPA	ALMA
0112	37.56	1.92	1.11	-8.47**	9.01**	0.156	-0.187	-4.34	-3.21
0114	-523.60**	7.82**	2.27 **	5.57**	6.46*	-0.093	-0.062	0.53	-4.90*
0115	-172.00	3.14	0.048	0.33	4.44	0.156	0.156	-0.62	1.40
0116	-40.53	-4.98**	0.690	-0.45	0.67	0.1560	-0.062	2.18	0.62
0117	209.57*	-0.80	-1.293	-0.61	-2.64	-0.125	0.343	-1.40	1.71
0118	2.306	-1.26	-1.624*	3.96	-2.28	0.187	0.375	1.93	4.90
0119	272.84**	-5.10**	-0.629	0.03	-3.03	-0.34**	-0.56*	-1.40	-2.18
0120	213.85*	-0.72	-0.580	-0.36	-12.63**	-0.093	0.00	3.12	0.19

\*, \*\*=Significativo al 0.05, 0.01 de probabilidad, REN= rendimiento, ACMR= acame de raíz, ACMT= acame de tallo, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA=altura de planta, ALMA= altura de mazorca.

Para la CS 0115 no presenta deferencia significativa para ninguna variable indicando así que este progenitor se puede utilizar como hembra o como macho al no producir cambios en su descendencia. **Cuadro 4.7**

En cuanto a la CS 0116 solo presenta diferencia significativa en la variable ACMR indicando que este progenitor será mejor usarlo como hembra para esta variable al tener valores -4.98 %. **Cuadro 4.7**

Para la CS 0117 muestra diferencia significativa nada más en la variable REN con valor positivo de 209.57 t ha<sup>-1</sup> indicando así como una de las mejores CS el cual será mejor usarlo mejor como hembra para obtener mejores rendimientos. **Cuadro 4.7**

En cuanto a la CS 0118 solo presenta diferencia significativa en la variable ACMT indicando que este progenitor será mejor usarlo como hembra para esta variable al tener valores -1.624% disminuyendo el porcentaje de acame de tallo. **Cuadro 4.7**

Para la CS 0119 muestra diferencia significativa para las variables REND, ACMR, DFM y DFH en la primera variable tiene valores altos positivos 272.84 t ha<sup>-1</sup> siendo está la mejor CS indicando así que como progenitor será mejor como hembra que como macho además de disminuir el acame de raíz, y de mostrar diferencias significativas en DFM y DFH con valores negativos indicando así que será más precoz con este progenitor. **Cuadro 4.7**

En cuanto al progenitor 0120 muestra diferencias significativas para la variable REND con un valor positivo 213.85 t ha<sup>-1</sup> indicando así también como una de las mejores CS y se comprueba en el cuadro de medias donde participa la CS 0120 como hembra y teniendo uno de los mejores rendimiento, en cuanto a la variable FUS muestra diferencia significativa con valores negativos -12.63% indicando así que para estas variables lo más conveniente será usarlo como hembra ya que en rendimiento es mejor, además de disminuir el porcentaje de fusarium. **Cuadro 4.7**

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la evaluación de la progenie, se identificaron las cruzas simples más sobresalientes en aptitud combinatoria general, donde se muestra que la mejor CS progenitora que presentó valores positivos más altos, fue la 0115, con un efecto de ACG de 222.86, teniendo un rendimiento promedio de 2417.14 kg ha<sup>-1</sup> y esta misma participa en la mayoría de las cruzas de alto rendimiento, donde está involucrada, Cabe mencionar que también esta CS es la misma que presenta valores negativos y con diferencia significativa para las variables; ACMR, ACMT y PUD, FUS, ALPA y ALMA.

También se pudieron identificar malos progenitores en ACG el cual se reporta como el peor a la CS 0120 mostrando valores negativos para rendimiento.

En aptitud combinatoria específica, se concluye que para rendimiento las cruzas dobles 0112 x 0119 y 0115 x 0117 muestran diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con valores positivos siendo estas las mejores cruzas.

Para efectos maternos se concluye que las mejores CS que obtuvieron efectos positivos fueron las cruzas 0119, 0120 la primera en las variables de rendimiento, acame de raíz DFM y DFH la segunda cruza en las variables de rendimiento y fusarium.

## VI. RESUMEN

El trabajo se llevó a cabo en la localidad de Úrsulo Galván del mismo municipio, perteneciente al estado de Veracruz en el ciclo de riego del año 2007, las CS fueron sembradas en un arreglo de parcelas apareados para facilitar la polinización. Los cruzamientos entre las CS, se llevaron a cabo en forma directa y recíproca, con la finalidad de estimar los efectos recíprocos que en ellos incluye efectos maternos y no maternos

Para evaluar efectos de Aptitud combinatoria general, Aptitud combinatoria específica y efectos recíprocos se toma en cuenta, con cuantos progenitores se va a trabajar, cabe mencionar, que si el número de progenitores a evaluar son pocos se utiliza frecuentemente los diseños dialélicos de Griffing. En esta investigación se trabajó con 8 cruza simples como progenitores, auxiliado con el sistema de apareamiento siguiendo el método 3 de Griffing, que permitió generar 56 cruza directas y reciprocas. Con el objetivo de estimar las variancias aditivas y de dominancia para 10 variables y que porcentaje se atribuye a cada variable, se pudo observar que el mayor porcentaje lo tienen los efectos del tipo no aditivo.

Se evaluaron las 56 cruza dobles que se generaron con las cruza directos y reciprocas, con las cuales se pudo seleccionar los mejores progenitores que tuvieran buenos atributos, para ACG, se muestra a la mejor CS progenitora 0115 mostrando diferencias significativa. Para ACE se señala a

las mejores cruzas 0112 x 0119 y 0115 x 0117, en cuanto a efectos maternos, se obtuvieron las siguientes mejores CS progenitoras 0119, 0120 y la 0117 para rendimiento, también son las mismas que muestran valores negativo para las demás variable como ACMR, ACMT, PUD, y FUS.

Se determinaron también las mejores cruzas dobles para rendimiento en comparación a los testigos, donde la 0120 x 0114 supera al testigo con 253.07 kg, 0119 x 0112 con 126.54 kg y 0117 x 0115 con 63.27 kg

PALABRAS CLAVES: Aptitud combinatoria general y específica, efectos recíprocos, cruzas dialelicas.

Correo electrónico; Emir Ayeiner Roblero Barrios,  
[EMIR\\_123\\_MEN@hotmail.com](mailto:EMIR_123_MEN@hotmail.com)



## VII. LITERATURA CITADA

- Aguirre A. 2007. Pérdida del rendimiento de Maíz por daño del barrenador Neotropical *Diatraea lineolata* (Walker) y *Fusarium spp* en Veracruz México. Tesis ingeniero agrónomo. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Allard R W (1960) Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. New York. London 485 p.
- Bruce, A.B. 1910. The Mendelian theory of heredity on the augmentation of vigor. *Crop Sci* 32:677-682.
- Bejarano A. 2007. Híbridos simples: una alternativa para el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Venezuela. Resumen. FONAIAP – CENIAP-IIA. V jornadas científicas de maíz.
- Crow J F (1999) Dominance and over dominance. *In*: J G Coors, S Pandey, (eds). Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. pp:49–54.
- Castañón-Nájera, G., L. Latournerie-Moreno y M. Mendoza-Elos (2005). Macro de SAS-IML para analizar los diseños II y IV de Griffing. *Universidad y Ciencia* 21: 27-35.
- Cruz, Efraín de la, Gutiérrez, Emiliano, Palomo, Arturo, Rodríguez, Sergio. Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la comarca lagunera *Revista Fitotecnia Mexicana [en línea]* 2003, 26 (octubre-

diciembre): Fecha de consulta: 2 de septiembre de 2015 Disponible en: <<http://tuxchi.redalyc.org/articulo.oa?id=61026409>> ISSN 0187-7380

Escorcia-Gutierrez, Nérída; Molina-Galan, José D; Castillo-Gonzalez, Fernando y Mejía-Contreras, José A. Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. *Rev. fitotec. mex* [online]. 2010, vol.33, n.3 [citado 2015-09-02], pp. 271-279 . Disponible en:

<[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802010000300012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000300012&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0187-7380.

FAO 2001 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s00.htm#toc> Consultado el 26 de julio 2015.

Gardner, C.O. and Eberhart S., A. 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22: 439-452. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-47572000000400028](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47572000000400028)

Gutiérrez del R., E., A. Espinoza B., A. Palomo G., J. Lozano G. y O. Antuna G. (2004). Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27 (Núm. Especial 1): 7-11.

Layrisse. 1981. Análisis de un cruce dialélico de 10 líneas de maní *Arachis hypogaea* provenientes de cinco centros suramericanos de diversidad, en la generación F2. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Trabajo de ascenso. Mimeografiado (Ven). 917 pag.

Márquez S., F. 1988. Genotecnia Vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo II. AGT editor, México. pp. 129-209.

Madison, WI. pp:69-80 Dos Santos M, L Pollak, C A Patto P, P Evaristo O G, L A Peternelli, S Netto P, L Lurenço N (2000) Incorporating different

proportions of exotic maize germplasm into two adapted populations. Gen. & Mol. Biol. 23:445-451.

Martínez, GA. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. Colegio de Posgraduados, México. 251 pag.

Miranda F J B (1999) Inbreeding depression and heterosis. In: Genetics and Exploitation of Heterosis. J G Coors, S Pandey (eds). ASA-CSSA-CIMMYT.

Montesinos, L. O. A; Martínez, G. A; Mastache, L. A. A y Rendón, S. G. 2005. Mejor predictor lineal e insesgado para aptitud combinatoria específica de los diseños dos y cuatro de Griffing. Rev. Fitotec. Mex. 28 (4):369–376.

Montesinos, L.A.O., Á.A Mastache A., I. Luna S.,C. M. Hernández. Y G. Hernández L. 2009 mejor predictor lineal insesgado familiar de aptitud combinatoria general en experimentos parciales de cruzas dialélicas con efectos maternos. Agric. Téc. Méx v. 35 n.3.

Ramírez, D. J. L., M Chuela B, V A Vidal M, J Ron P, F Caballero H., Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. Revista Fitotecnia Mexicana, 30, 453-461, 2007.

Reyes, L., D., Molina G, J.D, Oropeza R., M.A. y Moreno P., E. C. 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza tuxpeño. Rev. Fitotec. Mex. 27(1):49-56.

SIAP-SAGARPA 2014 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> consultado 28 de julio 2015

SIAP-SAGARPA 2014 Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y

Alimentación. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> consultado 28 de julio 2015

Sprague G F, L A Tatum (1942) General vs specific combining ability in single crosses of corn. J. Amer. Soc. Agron. 34:923.

Gowen J W (ed) (1952) Heterosis. Iowa State College Press, Ames. 552 pag.

Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9:436–493.

Hallauer A R, J B Miranda F (1988) Quantitative Genetics in Maize Breeding. 2nd Ed. Iowa State University Press. Ames, IA. 468 pag.

Hoegenmeyer, TC; Hallauer, AR. 1976. Selection among and within full-sib families to develop single crosses of maize. Crop Sci.16:76-80.

Jinks J L, B I Hayman (1953) The analysis of diallel crosses. Maize Genet. Coop. Newslet. 27:48.

Wallace H A, W L Brown (1956) The great grand father of hybrid corn: *In*: Charles Darwin. Corn and its Early Fathers. The Michigan State University Pres. 134 pag.

Yan W, L A Hunt (2002) Biplot analysis of diallel data. Crop Sci. 42:21.

## VIII. APÉNDICE

**Cuadro 8.1** Comparación de medias de las cruzas para cada una de las variables

REN		ACMR		ACMT		PUD		FUS	
Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media
<b>0120 X 0114</b>	3796.05	0120 X 0114	3.03	0114 X 0118	0.00	0120 X 0117	0.00	1	23.91
<b>0119 X 0112</b>	3669.52	0119 X 0114	4.63	0115 X 0112	0.00	0120 X 0112	0.00	0115 X 0114	27.35
<b>0117 X 0115</b>	3606.25	0120 X 0118	5.52	0117 X 0112	0.00	0117 X 0114	0.00	0119 X 0115	28.44
<b>1</b>	3542.98	0117 X 0112	7.23	0118 X 0112	0.00	0117 X 0115	0.00	0114 X 0116	28.51
<b>115 X 0114</b>	3542.98	0116 X 0112	8.07	0120 X 0112	0.00	0119 X 0115	0.00	0120 X 0115	28.78
<b>0117 X 118</b>	3353.18	1	8.73	0115 X 0114	0.00	0118 X 0119	0.00	0117 X 0112	29.41
<b>0116 X 0114</b>	3353.18	2	9.13	0120 X 0114	0.00	1	0.98	0116 X 0120	29.41
<b>2</b>	3332.09	0120 X 0115	9.46	0118 X 0115	0.00	0117 X 0118	1.67	0117 X 0114	31.11
<b>0117 X 0114</b>	3289.91	0116 X 0114	9.68	0119 X 0115	0.00	0115 X 0112	2.38	0117 X 0115	31.14
<b>0119 X 0114</b>	3226.64	0119 X 0112	10.00	0115 X 0119	0.00	0116 X 0112	2.44	0119 X 0114	31.61
<b>0120 X 0115</b>	3226.64	0118 X 0115	10.18	0120 X 0119	0.00	0114 X 0118	2.63	0116 X 0112	32.37
<b>0115 X 0117</b>	3163.38	0112 X 0116	10.21	0118 X 0120	0.00	0115 X 0117	2.75	0116 X 0117	33.33
<b>0119 X 0115</b>	3163.38	0120 X 0112	10.42	2	0	0115 X 0114	2.78	0116 X 0115	34.88
<b>0112 X 0117</b>	3068.47	0116 X 0115	11.28	1	0.45	0112 X 0114	2.94	0117 X 0118	35.84
<b>0116 X 0112</b>	3036.84	0117 X 0114	11.52	0119 X 0114	1.35	0117 X 0119	2.94	0116 X 0114	36.32
<b>0116 X 0115</b>	2973.57	0119 X 0120	11.66	0120 X 0115	1.35	0116 X 0117	3.03	0117 X 0119	36.59
<b>0115 X 0116</b>	2910.31	0117 X 0115	11.67	0117 X 0114	1.47	0114 X 0115	3.34	0118 X 0112	36.71
<b>0118 X 0112</b>	2847.04	0119 X 0115	12.63	0120 X 0116	1.62	0117 X 0120	3.34	0117 X 0120	36.71
<b>0112 X 0116</b>	2847.04	0118 X 0112	12.70	0117 X 0115	2.50	0118 X 0120	3.57	0119 X 0120	37.11
<b>0116 X 0118</b>	2799.59	0112 X 0115	13.90	0118 X 0119	2.63	0116 X 0120	3.71	0119 X 0116	37.33
<b>0117 X 0116</b>	2783.77	0119 X 0117	14.27	0116 X 0120	2.71	2	3.83	2	37.71
<b>0117 X 0112</b>	2657.24	0112 X 0119	15.15	0115 X 0117	2.78	0119 X 0117	3.85	0114 X 0119	39.27
<b>0112 X 0114</b>	2657.24	0115 X 0118	15.61	0112 X 0118	2.86	0118 X 0112	3.85	0114 X 0112	39.27
<b>0112 X 0115</b>	2657.24	0116 X 0118	15.84	0119 X 0112	2.86	0112 X 0115	4.00	0120 X 0114	39.43
<b>0118 X 0115</b>	2657.24	0115 X 0120	16.01	0112 X 0116	2.90	0114 X 0116	4.13	0118 X 0115	39.44
<b>0118 X 0114</b>	2625.60	0118 X 0120	16.86	0115 X 0116	2.94	0119 X 0114	4.29	0118 X 0119	39.73
<b>0118 X 0116</b>	2593.97	0114 X 0115	17.16	0117 X 0118	2.94	0116 X 0115	4.41	0120 X 0117	39.75
<b>0120 X 0116</b>	2593.97	0115 X 0119	18.21	0117 X 0120	2.94	0115 X 0116	4.60	0115 X 0117	40.16
<b>0112 X 0119</b>	2530.70	0118 X 0116	18.56	0119 X 0120	3.00	0115 X 0118	4.69	0119 X 0112	41.36
<b>0114 X 0118</b>	2467.43	0116 X 0119	18.70	0116 X 0112	3.23	0112 X 0119	4.88	0118 X 0120	41.36
<b>0117 X 0119</b>	2467.43	0115 X 0114	18.95	0116 X 0114	3.23	0115 X 0119	4.88	0118 X 0117	41.89
<b>0119 X 0116</b>	2404.17	0118 X 0114	19.48	0114 X 0115	3.45	0120 X 0116	4.92	0117 X 0116	42.50
<b>0118 X 0119</b>	2404.17	0112 X 0114	20.00	0118 X 0117	3.49	0116 X 0118	5.55	0120 X 0118	43.43
<b>0112 X 0118</b>	2340.90	0115 X 0112	21.14	0117 X 0116	3.75	0112 X 0118	5.64	0112 X 0117	44.63

<b>0112X 0120</b>	2319.81	0115 X 0117	21.67	0116 X 0118	3.75	0112 X 0116	5.67	0112X0120	45.31
<b>0114 X 0117</b>	2309.26	0116 X 0120	21.93	0119 X 0117	3.88	0120 X 0115	5.86	0112 X 0116	45.56
<b>0115 X 0112</b>	2277.63	0117 X 0120	22.14	114 X 0112	4.00	0118 X 0115	5.89	0115 X 0112	45.89
<b>0118 X 0117</b>	2214.36	0120 X 0116	22.38	0114 X 0116	4.06	0119 X 0116	5.91	0115 X0116	46.03
<b>0114 X 0112</b>	2203.82	0116 X 0117	22.41	0112 X 0114	4.17	0118 X0116	5.93	0114 X 0118	49.64
<b>0119 X 0120</b>	2161.64	0114 X 0120	22.43	0116 X 0115	4.17	0119 X 0112	6.16	0114 X 0115	49.87
<b>0119 X 0117</b>	2119.46	0112 X 0117	22.84	0112 X 0117	4.55	0116 X 0119	6.17	0118 X0116	50.44
<b>0114 X 0116</b>	2087.83	0114 X 0119	23.19	0118 X 0114	4.57	0116 X 0114	6.26	0112 X 0118	50.64
<b>0120 X 0118</b>	2087.83	0120 X 0117	24.07	0112X 0120	5.50	0120 X 0114	6.52	0116 X 0118	50.68
<b>0114 X 0115</b>	2087.83	0117 X 0118	24.25	0120 X 0117	5.56	0115 X 0120	6.79	0114 X 0117	50.81
<b>0115 X 0120</b>	2087.83	0115 X116	25.00	0112 X 0115	5.87	0114 X 0119	6.87	0112 X 0119	51.35
<b>0120 X 0117</b>	2024.56	0119 X 0118	25.56	0112 X 0119	6.06	0119 X 0120	7.29	0120 X 0116	51.60
<b>0115 X 0118</b>	2024.56	0112X0120	26.00	0115 X 0118	6.19	0117 X 0116	7.63	0120 X 0112	52.03
<b>0119 X 0118</b>	1992.93	0118 X 0117	27.13	0115 X 0120	6.19	0114 X 0117	7.69	0112 X 0115	52.05
<b>0120 X 0119</b>	1992.93	0114 X 0112	27.50	0118 X0116	7.05	0119 X 0118	7.74	0120 X 0119	54.31
<b>0118 X 0120</b>	1961.29	0118 X 0119	29.32	0117 X 0119	7.32	0117 X 0112	7.85	0115 X 0118	54.69
<b>0116 X 0120</b>	1898.03	0112 X 0118	30.76	0114 X 0117	10.26	0112 X 0117	7.91	0119 X 0118	55.32
<b>0117 X 0120</b>	1898.03	0117 X 0116	31.83	0116 X 0117	11.11	0118 X 0117	8.11	0115 X 0120	57.69
<b>0116 X 0117</b>	1803.12	0119 X 0116	35.14	0119 X 0116	11.82	0120 X 0119	8.62	0119 X 0117	59.26
<b>0120 X 0112</b>	1708.22	0114 X 0117	37.18	0114 X 0119	12.31	0120 X 0118	10.95	0118 X 0114	62.52
<b>0114 X 0119</b>	1708.22	0114 X 0118	40.01	0114 X 0120	12.58	0114 X 0120	12.34	0112 X 0114	62.71
<b>0116 X 0119</b>	1708.22	0120 X 0119	43.98	0119 X 0118	12.76	0118 X 0114	27.78	0114 X 0120	63.87
<b>0115 X 0119</b>	1613.32	0114 X 0116	44.56	0120 X 0118	13.67	0114 X 0112	100.00	0115 X 0119	63.93
<b>0114 X 0120</b>	1265.35	0117 X 0119	48.02	0116 X 0119	16.99	0112X0120	102.86	0116 X 0119	67.34

Continuación..... Cuadro 8.1

DFM		DFH		ALPA		ALMA	
Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media	Genealogía	Media
114 X 116	55	119 X 118	55	116 X 117	262.5	115 X 117	130
117 X 116	55	1	55	114 X 119	240	117 X 112	130
114 X 118	55	112 X 117	55	1	231	119 X 112	130
117 X 118	55	118 X 114	55	116 X 112	230	120 X 114	130
118 X 112	55	118 X 117	56	119 X 116	227.5	2	126
119 X 112	55	116 X 114	57	119 X 112	225	112 X 114	125
116 X 114	55	114 X 116	57	120 X 114	225	117 X 120	125
116 X 120	55	115 X 116	57	117 X 118	222.5	118 X 120	122.5
115 X 116	56	117 X 116	57	120 X 115	222.5	116 X 112	120
119 X 116	56	115 X 117	57	117 X 120	222.5	120 X 119	120
112 X 117	56	116 X 117	57	120 X 118	220	118 X 117	117.5
115 X 117	56	114 X 118	57	117 X 114	220	120 X 117	117.5
119 X 118	56	117 X 118	57	118 X 115	220	115 X 112	117.5
116 X 112	56	119 X 112	57	115 X 119	220	118 X 112	117.5
112 X 114	56	112 X 114	57	120 X 119	220	119 X 116	115
119 X 114	56	115 X 114	57	118 X 120	220	117 X 114	115
112 X 115	56	112 X 115	57	2	219	116 X 115	115
114 X 115	56	114 X 115	57	120 X 116	217.5	118 X 115	115
117 X 115	56	116 X 115	57	112 X 117	217.5	112 X 116	115
119 X 115	56	117 X 115	57	115 X 112	217.5	112 X 119	115
120 X 115	56	118 X 115	57	112 X 119	217.5	114 X 119	115
112 X 116	56	120 X 115	57	114 X 120	217.5	115 X 119	115
118 X 116	56	115 X 120	57	118 X 114	217	11	114
120 X 116	56	116 X 120	57	115 X 117	215	120 X 115	112.5
114 X 117	56	118 X 116	58	120 X 117	215	117 X 116	110
120 X 117	56	119 X 116	58	115 X 118	212.5	116 X 118	110
115 X 118	56	120 X 117	58	119 X 118	212.5	120 X 118	110
120 X 118	56	115 X 118	58	117 X 112	212.5	117 X 119	110
115 X 112	56	116 X 118	58	118 X 112	212.5	114 X 120	110
117 X 112	56	120 X 118	58	115 X 120	212.5	118 X 114	108.5
120 X 112	56	115 X 112	58	114 X 112	211.5	112 X 117	107.5
115 X 114	56	116 X 112	58	116 X 115	210	116 X 114	107.5
117 X 114	56	118 X 112	58	118 X 119	210	116 X 119	107.5
116 X 115	56	120 X 112	58	118 X 116	207.5	115 X 120	107.5
118 X 115	56	117 X 114	58	118 X 117	207.5	114 X 112	107.5
114 X 119	56	119 X 115	58	119 X 117	207.5	115 X 116	105
117 X 119	56	112 X 116	58	116 X 118	207.5	116 X 117	105

<b>115 X 120</b>	56	117 X 119	58	114 X 115	207.5	117 X 118	105
<b>119 X 120</b>	56	120 X 119	58	117 X 115	207.5	119 X 115	105
<b>112X120</b>	56	114 X 120	58	119 X 115	207.5	118 X116	102.5
<b>114 X 112</b>	56	119 X 120	58	117 X 116	205	119 X 117	102.5
<b>118 X 114</b>	56	112X120	58	112 X 116	205	119 X 118	102.5
<b>116 X 117</b>	57	120 X 116	58	114 X 116	202.5	115 X 114	102.5
<b>118 X 117</b>	57	114 X 117	58	114 X 118	202.5	119 X 114	102.5
<b>119 X 117</b>	57	119 X 117	58	112 X 114	202.5	114 X 115	102.5
<b>116 X 118</b>	57	112 X 118	58	115 X 114	202.5	117 X 115	102.5
<b>120 X 114</b>	57	117 X 112	58	119 X 114	202.5	118 X 119	102.5
<b>112 X 119</b>	57	119 X 114	58	112 X 115	202.5	112X120	101.5
<b>116 X 119</b>	57	112 X 119	58	112X120	202	114 X 116	100
<b>118 X 119</b>	57	114 X 119	58	117 X 119	200	112 X 115	100
<b>120 X 119</b>	57	116 X 119	58	119 X 120	200	119 X 120	99.5
<b>114 X 120</b>	57	114 X 112	58	120 X 112	197.5	114 X 118	97.5
<b>112 X 118</b>	57	120 X 114	59	116 X 119	197.5	115 X 118	97.5
<b>115 X 119</b>	57	115 X 119	59	116 X 114	190	120 X 116	95
<b>117 X 120</b>	57	118 X 119	59	116 X 120	190	120 X 112	95
<b>2</b>	57	117 X 120	60	115 X116	187.5	114 X 117	90
<b>118 X 120</b>	58	2	60	114 X 117	187.5	112 X 118	90
<b>1</b>	58	118 X 120	61	112 X 118	185	116 X 120	87.5

REN=rendimiento, ACMR=acame de raíz, ACMT=acame de tallo, PUD= pudrición de mazorca, FUS= porcentaje de fusarium, DFM= días a floración macho, DFH= días a floración hembra, ALPA= altura de planta, ALMA= altura de mazorca.