

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“CRUZAS DIALÉLICAS DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) EN  
LA LOCALIDAD DE LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por  
JULIAN CHURA CHUQUIJA**

**LIMA – PERÚ**

**2019**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**“CRUZAS DIALÉLICAS DE MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.)  
EN LA LOCALIDAD DE LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por:**

**JULIAN CHURA CHUQUIJA**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

---

**M. Sc. Andrés Casas**

**PRESIDENTE**

---

**Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano**

**ASESOR**

---

**Dr. Félix Camarena Mayta**

**MIEMBRO**

---

**M. Sc. Ricardo Sevilla Panizo**

**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mis padres, Genaro Chura Aracayo y Manuela Chuquija (QEPD), a quienes debo mi formación y por los valores que supieron inculcarme y por sus sabios consejos

A mi esposa Celestina por su amor y comprensión.

A mis hijos Christian, Percy y Roxana; que son la razón de mi vida y motivo de superación.

A mis nietas y nieto Alexandra, Gabriela y Matthew

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso por haberme dado la vida, salud y permitir superarme para alcanzar las metas propuestas.

A mis miembros de jurado examinador.

Mg Sc. Andrés Casas Díaz. Por su disposición y aliento para la culminación de la presente tesis

Mg. Sc. Ricardo Sevilla Panizo. Por sus sugerencias y aportes en la redacción de la tesis

Dr. Félix Camarena Mayta. Por sus sugerencias en la redacción de la tesis

Dr. Raúl Humberto Blas Sevillano, como mi asesor y por su apoyo incondicional.

Al Ing. Gilberto Arquímedes García y al personal de campo del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM, por el apoyo en la realización de la presente investigación.

Al Dr. Javier Arias Carbajal por su apoyo incondicional para que se haga realidad esta investigación

A todas las personas que me apoyaron y alentaron para que esta investigación se haga realidad

## ÍNDICE GENERAL

	Pag.
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1Importancia del Maíz .....	4
2.1.1 -----Origen y Distribución .....	4
2.2Mejoramiento Genético del Maíz .....	5
2.3Cruzas dialélicas .....	6
2.4Aptitud Combinatoria.....	7
2.4 Heterosis .....	10
2.5Interacción genotipo medio ambiente .....	11
III.MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1Material genético experimental .....	12
3.2Localidad de evaluación .....	12
3.3 Diseño experimental.....	12
3.4 Conducción de los ensayos.....	13
3.5 Características evaluadas.....	13
3.5.1 Días a la floración masculina (FMAS).....	13
3.5.2 Días a la floración femenina (FFEM).....	13
3.5.3 Altura de planta (APLT).....	14
3.5.4 Altura de la mazorca (AMZ) .....	14
3.5.5 Índice de inserción de la mazorca (IMZ).....	14
3.5.6 Número de plantas por parcela (NPLT) .....	14
3.5.7 Número de fallas (NF).....	14
3.5.8 Número de mazorcas (NMZ).....	14
3.5.9 Porcentaje de humedad del grano (PH).....	15
3.5.10 Peso de campo (PC) .....	15
3.5.11 Rendimiento de grano al 14% de humedad (RDTO) .....	15
3.6 Análisis estadístico.....	16
3.7 Análisis de aptitud combinatoria .....	18

3.8 Análisis de la heterosis.....	23
IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1 Análisis de variancia combinado.....	24
4.1.1 Rendimiento de grano.....	25
4.1.2 Floración masculina.....	27
4.1.3 Floración femenina.....	29
4.1.4 Altura de planta.....	31
4.1.5 Altura de mazorca.....	33
4.1.6 Índice de inserción de mazorca.....	35
4.2 Análisis de aptitud combinatoria.....	37
4.2.1 Rendimiento de grano.....	38
4.2.2 Floración masculina.....	40
4.2.3 Floración femenina.....	43
4.2.4 Altura de planta.....	45
4.2.5 Altura de mazorca.....	46
4.2.6 Índice de inserción de mazorca.....	48
4.3 Análisis de la heterosis.....	51
4.4 Análisis de los mejores genotipos.....	54
V.CONCLUSIONES.....	54
VI.RECOMENDACIONES.....	55
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
VIII.ANEXOS.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Pag.

<b>Tabla 1:</b> Análisis de variancia individual del diseño de látice triple rectangular 5x6 .....	17
<b>Tabla 2:</b> Análisis de variancia combinado del diseño látice triple rectangular 5x6 .....	18
<b>Tabla 3:</b> Cruzamientos dialélicos, a partir de siete líneas progenitoras del CIMMYT .....	19
<b>Tabla 4:</b> Análisis de varianza de cruzamientos dialélicos, método II, propuesto por Griffing (1956), modelo I .....	21
<b>Tabla 5:</b> Análisis de varianza combinado, de los cruzamientos dialélicos para el método II propuesto por Griffing (1956). Modelo III mixto, considerando años aleatorios y genotipos fijos.....	21
<b>Tabla 6:</b> Análisis de variancia combinado para rendimiento de grano (RDTO) en t ha <sup>-1</sup> , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante los años 2017 y 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	24
<b>Tabla 7:</b> Promedios para rendimiento de grano (RDTO) en t ha <sup>-1</sup> para los años 2017 y 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina .....	26
<b>Tabla 8:</b> Promedios de días a floración masculina durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.....	28
<b>Tabla 9:</b> Promedios de días a floración femenina durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.....	30
<b>Tabla 10:</b> Promedios para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.: Promedios para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.....	32
<b>Tabla 11:</b> Promedios para altura de mazorca (cm) durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.....	34
<b>Tabla 12:</b> Promedios para índice de inserción de mazorca durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina. ....	36
<b>Tabla 13:</b> Análisis de variancia combinado de aptitud combinatoria para rendimiento de grano (RDTO) en t ha <sup>-1</sup> , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante los años 2017 y 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.....	37

<b>Tabla 14:</b> Efecto de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	38
<b>Tabla 15:</b> Efecto de la aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	39
<b>Tabla 16:</b> Efecto de la aptitud combinatoria general para días a floración masculina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	41
<b>Tabla 17:</b> Efecto de la aptitud combinatoria específica para días a floración masculina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	42
<b>Tabla 18:</b> Efecto de la aptitud combinatoria general para días a floración femenina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	43
<b>Tabla 19:</b> Efecto de la aptitud combinatoria específica para días a floración femenina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	44
<b>Tabla 20:</b> Efecto de la aptitud combinatoria general para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	45
<b>Tabla 21;</b> Efecto de la aptitud combinatoria específica para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	46
<b>Tabla 22:</b> Efecto de la aptitud combinatoria general para altura de mazorca (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	47
<b>Tabla 23:</b> Efecto de la aptitud combinatoria específica para altura de mazorca (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	48
<b>Tabla 24:</b> Efecto de la aptitud combinatoria general para índice de inserción de mazorca durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	49
<b>Tabla 25:</b> Efecto de la aptitud combinatoria específica para índice de inserción de mazorca durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina. ....	50
<b>Tabla 26:</b> Heterosis en promedio de progenitores(h) expresado en porcentaje para rendimiento de grano (RDTO), días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta, altura de mazorca (AMZ), inserción de la mazorca (IMZ); en promedio de años 2017 y 2018 de las cruza de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	52
<b>Tabla 27:</b> Heterobeltiosis en promedio de progenitores(h') expresado en porcentaje para rendimiento de grano (RDTO), días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta, altura de mazorca (AMZ), inserción de la mazorca	

(IMZ); en promedio de años 2017 y 2018 de las cruzas de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.....53

## ÍNDICE DE ANEXOS

Pag.

<b>Anexo 1:</b> Análisis de variancia para rendimiento de grano (RDTO) en $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2017 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	62
<b>Anexo 2:</b> Análisis de variancia para rendimiento de grano(RDTO) en $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	62
<b>Anexo 3:</b> Promedios para rendimiento de grano (RDTO) en $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); año 2017 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	63
<b>Anexo 4:</b> Promedios para rendimiento de grano (RDTO) en $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); año 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	64
<b>Anexo 5:</b> Análisis de variancia de aptitud combinatoria para rendimiento de grano (RDTO) en $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2017 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	65
<b>Anexo 6:</b> Análisis de variancia de aptitud combinatoria para rendimiento de grano(RDTO) en $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina. ....	65

## RESUMEN

Los objetivos fueron estimar el efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas endogámicas y sus cruzas en maíz amarillo duro; determinar el valor de la heterosis y la heterobeltiosis de las líneas endogámicas de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, durante los años 2017 y 2018. El material genético estuvo constituido por siete líneas endogámicas provenientes de CIMMYT con los cuales se formaron 21 cruzas directas y se adicionó dos testigos que son los híbridos dobles comerciales EXP-05 y PM-213. El diseño experimental utilizado fue látice rectangular triple 5x6. Para estudiar los efectos de la ACG y ACE se utilizó el diseño dialélico método II propuesto por Griffing (1956) y se determinó la heterosis en promedio de los progenitores ( $h$ ) y la heterobeltiosis ( $h'$ ). La aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) fueron muy importantes para todas las variables estudiadas. La (ACG) fue más importante para las variables días a floración masculina, días a floración femenina y altura de planta. Los híbridos de mayor rendimiento de grano presentaron líneas de alta ACG ambos y alta ACE o al menos una línea de alta ACG y alta ACE. Los híbridos más precoces fueron aquellas que presentaron ACG baja ambas líneas y baja ACE o al menos una línea con baja ACG y los híbridos tardíos fueron al contrario ambas líneas con alta ACG y ACE o al menos una línea con alta ACG y ACE. La Cruza L3xL2 obtuvo el mayor rendimiento de grano con  $10.111 \text{ t ha}^{-1}$  y presentó el mayor efecto de ACE, heterosis en promedio de progenitores y heterobeltiosis.

**Palabras claves:** aptitud combinatoria general y específica, heterosis, maíz amarillo duro

## ABSTRACT

The main objectives were to estimate the general combining (GCA) y specific combining ability (SCA) from inbred line crosses and their cross of yellow corn; determine the heterosis value and heterobeltiosis of inbred lines of yellow corn at La Molina, from 2017 to 2018. The genetic material were conformed by seven CIMMYT inbred lines to build 21 direct crosses and two local controls, identified as two double comercial hybrids EXP-05 y PM-213. The experimental design was rectangular 5x6 triple lattice. The Griffings's diallelic design method III (1956) was used to study the effects of GCA and SCA by determining the mean heterosis of parentals (h) and heterobeltiosis (h'). The GCA and SCA were important to measure selected variables. The GCA was important to days to male flowering, to female flowering and plant height. The highest grain yield hybrids showed high GCA both lines and high SCA or at least high GCA y SCA. The early hybrids were both lines with low GCA y low SCA or at least with one line with low GCA and late hybrids had both lines with high GCA and SCA or at least one line with high GCA and SCA. The L3xL2 cross produced the highest graing yield ( $10.111 \text{ t ha}^{-1}$ ) and showed the the greatest effect of GCA, heterosis on mean parentals and heterobeltiosis values.

**Key words:** general combining aptitud; specific combining aptitud; heterosis; yellow maize

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo duro es uno de los cultivos de mayor importancia económica mundial junto con el arroz y trigo. Se le utiliza en la industria y la alimentación humana y animal. El uso principal del grano de este cultivo es en la utilización para la elaboración de alimentos balanceados para aves y porcinos; también se le utiliza como forraje en la alimentación de la ganadería lechera.

El cultivo de maíz amarillo duro en Perú no cubre la demanda nacional. Es utilizado por las empresas avícolas, porcinas y ganaderas; como insumo principal para la preparación de alimentos balanceados para aves y porcinos y en la ganadería como forraje para la producción de leche. En el año 2018 se produjo 1,265,072 toneladas, sembradas en 256,240 hectáreas con un rendimiento promedio de 4937 kg/ha. En el año 2018 se importó 3,528,415,407 kilos debido a que no se pudo satisfacer la demanda nacional.

Las empresas avícolas necesitan maíz nacional como insumo principal para la crianza de sus aves en las etapas de inicio, lo cual sería cubierto por la producción nacional; debido a que el maíz nacional es de mejor calidad que el maíz importado.

Como no se cubre la demanda nacional es necesario generar nuevos cultivares de alto rendimiento por unidad de área, o incrementar el área sembrada.

Una manera de incrementar los rendimientos de este cereal es utilizar el mejoramiento genético, utilizando la diversidad genética del cultivo, aplicando una metodología apropiada. El rendimiento es un carácter muy complejo debido a su naturaleza cuantitativa, debe ir acompañado simultáneamente por el mejoramiento de otra serie de caracteres de interés agronómico, tales como altura de planta, altura de mazorca, precocidad, resistencia al acame, pudrición de mazorca, prolificidad y cobertura de la mazorca, entre otros. Obtener un nivel aceptable de mejora en cada uno de estos caracteres que condicionan al rendimiento es una tarea muy difícil, por ello, cuando se inicia la selección de un nuevo germoplasma, es

importante conocer el tipo de acción génica presente para cada carácter bajo consideración y, en base a ello, elegir las estrategias de mejoramiento genético más apropiadas.

En los programas de mejoramiento de maíz que están involucrados en la producción de híbridos, una parte de sus actividades es el desarrollo de líneas endogámicas, las cuales han de ser evaluadas por su potencial de rendimiento y demás caracteres, antes de ser utilizadas en la formación de híbridos, sintéticos y variedades de polinización libre. El verdadero valor de una línea está determinado por su aptitud combinatoria, por su comportamiento en cruces. El conocimiento de la habilidad combinatoria general y específica es importante para el mejoramiento de plantas, debido a que con su conocimiento se puede formar nuevas poblaciones, variedades o híbridos superiores.

La obtención de variedades o híbridos superiores mediante el mejoramiento genético va a incrementar la productividad del cultivo de maíz amarillo duro y de esta manera cubrir su demanda nacional, y generar bienestar a los agricultores que utilicen estas variedades mejoradas, por su mayor rentabilidad.

La habilidad Combinatoria general está relacionada con la acción de genes aditivos y la habilidad combinatoria específica está relacionado con efectos génicos no aditivos siendo el más importante el efecto de dominancia

Uno de los principales objetivos del Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) es generar híbridos de alto rendimiento. En el mercado nacional actualmente se comercializan híbridos simples y triples, por su alto rendimiento, comparado con los híbridos dobles y variedades que aún se siembran, para ello se han introducido líneas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz (CIMMYT) los cuales fueron seleccionados por su comportamiento mediante probadores para la formación de híbridos.

El objetivo general de la investigación es determinar los efectos de la aptitud combinatoria y heterosis de las líneas endogámicas y sus cruces en maíz amarillo duro en la localidad de La Molina. Los objetivos específicos son: estimar el efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) de las líneas endogámicas y sus

cruzas en maíz amarillo duro; determinar el valor de la heterosis y la heterobeltiosis de las líneas endogámicas de maíz amarillo duro

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia del Maíz

El cultivo de maíz es muy importante debido a que es un cereal de mucha importancia económica se le utiliza en la agroindustria, en la alimentación ganadera y humana. Se le cultiva en todas las latitudes del mundo. Y ocupa el segundo lugar en productividad en el mundo después del trigo, el arroz ocupa el tercer lugar (Paliwal, 2001)

En Perú se le cultiva en las tres regiones naturales costa, sierra y selva y tenemos una diversidad de maíces que se le cultiva con un determinado fin; el maíz amarillo duro se le cultiva para la alimentación avícola, porcina y ganadera; donde no cubrimos la demanda que existe en el país por las empresas agroindustriales.

#### 2.1.1 Origen y Distribución

Muchos autores indican que el maíz proviene del teosinte, a través de la selección hecha por el hombre, otros mencionan que ambos se originaron de un mismo ancestro común.

El maíz es uno de los granos alimenticios más antiguos que pertenece a la familia de las “Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género, comúnmente llamadas “teosinte” y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas silvestres parientes de *Zea mays* y son clasificadas como del nuevo mundo porque su centro de origen está en América” (Paliwal, 2001).

Según Wilkes y Goodman (1995) el “maíz surgió aproximadamente entre los años 8000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México”.

## **2.2 Mejoramiento Genético del Maíz**

El mejoramiento de plantas es utilizado para la creación de nuevas variedades mejoradas seleccionando genotipos superiores, utilizando diferentes metodologías de selección para obtener una variedad mejorada.

Las diferentes metodologías están orientadas por el tipo de acción génica y por lo tanto es necesario conocer sus valores para realizar el mejoramiento.

Márquez (1995) indica que “el mejoramiento genético que más interesa al hombre es el de los caracteres cuantitativos métricos o poligénicos. Estos tienen las siguientes cualidades: a) son determinados por muchos genes; b) son de efecto acumulativo; c) su efecto individual es pequeño comparado con el efecto total; y d) son altamente influenciados por el medio ambiente”.

El mejoramiento del cultivo de maíz se inicia con los trabajos de Shull publicado en 1910 que da sus 12 principios sobre el mejoramiento del cultivo de maíz a igual conclusión se llegó con los trabajos de East que llegó a las mismas conclusiones de Shull (Márquez, 1995).

El mejoramiento de maíz paso de variedades a híbridos donde se tiene el concepto de heterosis y el uso de líneas endogámicas para la formación de híbridos. Los primeros híbridos que se produjeron fueron los híbridos dobles que tuvieron buena acogida en la producción del cultivo de maíz. Posteriormente para llegar a incrementar a mayores incrementos en rendimiento se ha utilizado los híbridos triples y actualmente se tiene los híbridos simples con mayor productividad.

### 2.3 Cruzas dialélicas

Es un diseño de apareamiento, caracterizado debido a que las progenies experimentales son obtenidas por todos los apareamientos posibles entre pares de progenitores que generará  $p^2$  cruzas posibles. Las  $p^2$  cruzas se dividen en tres grupos a) las  $p$  líneas progenitoras:  $P_{11}$ ,  $P_{22}$ ,  $P_{33}$  hasta  $P_{ij}$  cruzas b) un grupo de  $p(p-1)/2$  cruzas directas c) un grupo de  $p(p-1)/2$  cruzas recíprocas (Griffing,1956).

Si los progenitores son elegidos en forma aleatoria se estimará los componentes de variancia ACG estimando a la variancia aditiva y ACE a la variancia de dominancia, en cambio cuando los progenitores son elegidos en forma fija se estimarán los efectos que se relacionan con la ACG que relaciona a la acción génica aditiva y la ACE relaciona a la acción génica de dominancia.

Griffing (1956); Vallejo y Estrada (2002) indican como deben de tomarse los progenitores y analizarse para su inferencia el “modelo 1: Llamado también modelo fijo, en el cual los progenitores han sido deliberadamente seleccionados y constituyen, per se, el material sobre el cual se realiza el estudio y no hay una población de referencia sobre la que se hará inferencia de ningún tipo. En estos estudios se estiman efectos genéticos tales como habilidades combinatorias generales y específicas, pero no se pueden determinar componentes de varianzas genéticas y por lo tanto tampoco heredabilidad. modelo 2: Los progenitores constituyen una muestra aleatoria de genotipos pertenecientes a una población de referencia sobre la que se realizarán ciertas inferencias. En este modelo se pueden estimar componentes de varianza y heredabilidad”.

Griffing (1956) propone cuatro métodos para su análisis:

Método 1: incluye los  $p$  progenitores, las cruzas directas y recíprocas, como material genético.

Método 2: compuesto por  $p$  progenitores y cruzas directas, como material genético.

Método 3: considera solo a las cruza directas y recíprocas como material genético.

Método 4: solo está constituido por las cruzas directas como material genético.

El material genético se puede analizar en cualquier diseño experimental, siendo el más utilizado el diseño de bloque completo al azar.

Los cruzamientos dialélicos propuestos por Griffing (1956), permiten identificar las combinaciones superiores de los mejores híbridos y ayuda en la selección de progenitores más promisorios para utilizar en un programa de mejoramiento.

Sprague & Tatum (1942) “propusieron el método que incluye a las cruzas dialélicas y que originó los conceptos de aptitud combinatoria general y específica”. “La aptitud combinatoria significa la capacidad que tiene un individuo o una población, de combinarse con otros, medida por medio de su progenie”

Mastache y Martínez, (2003) manifiestan que las “cruzas dialélicas son utilizados en investigaciones sobre mejoramiento en plantas y animales para obtener información experimental que permita evaluar aspectos genéticos asociados con un conjunto de progenitores según los autores, en el área vegetal, en las últimas cuatro décadas estos diseños han proporcionado información sobre los efectos de aptitud combinatoria general y específica, efectos maternos y recíprocos, además de sus componentes de varianza, importantes para la toma de decisiones en el plan de mejoramiento a seguir y en la selección de materiales para los programas de mejoramiento”.

## **2.4 Aptitud Combinatoria**

Aptitud combinatoria es la capacidad de una línea para transmitir sus características a su descendencia. En un programa de mejoramiento es muy importante conocer, pues nos permite seleccionar progenitores para los cruzamientos.

La aptitud combinatoria general (ACG), según Sprague y Tatum (1942), es el comportamiento promedio de una línea en combinación híbrida y está relacionado con la variancia aditiva. El conocimiento de la aptitud combinatoria general (ACG), permite identificar adecuadamente los progenitores con capacidad para transmitir sus caracteres

deseables a la descendencia, y la aptitud combinatoria específica (ACE) posibilita conocer aquellas combinaciones híbridas F1 sobresalientes, originadas de cruzamientos entre variedades, línea o líneas por variedad. Igualmente, este tipo de análisis facilita información sobre el tipo de acción génica que condiciona la expresión de un carácter, lo cual es básico en la escogencia del método de mejoramiento a seguir (Espitia et. al, 2006).

Según Sprague y Tatum (1942) y Lonquist y Gardner (1961), la aptitud combinatoria específica es más importante cuando el material genético utilizado ha sido previamente seleccionado y se le da mayor importancia a la aptitud combinatoria general en material que no ha sido seleccionado. Sánchez (1971) trabajando con líneas S1 de maíz de la raza Perla, seleccionada por aptitud combinatoria general, encontró que la variancia de la aptitud combinatoria específica fue mayor que la aptitud combinatoria general.

Márquez (1988) indica que la aptitud combinatoria “significa la capacidad que tiene un individuo o una población de combinarse con otros, dicha capacidad media por medio de su progenie. Sin embargo, para que la aptitud combinatoria sentido en el contexto genotécnico debe de determinarse no en un solo individuo de la población sino en varios, a fin de poder realizar selección de aquellos que exhiban la más alta”. Al respecto Hoegenmeyer & 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 epistasis. 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 la varianza genotípica que puede deberse a las desviaciones de dominancia”. “Los efectos de ACE fueron más importantes que los de ACG cuando los materiales fueron sometidos a selección” (Singh & Chaudary 1985).

Al utilizarse los diseños dialélicos “en la estimación de la ACE en un modelo fijo. Si los cuadrados medios de ACE no son significativos, se aceptaría la hipótesis de que el rendimiento de una crusa  $ij$  puede predecirse adecuadamente en base a la ACG. La mejor crusa puede producirse cruzando dos progenitores que tengan las más altas ACG. Si, por otra parte, los cuadrados medios de ACE son significativos se puede tener interés en investigar la naturaleza de las interacciones genéticas que determinan el rendimiento de las

cruzas. La importancia relativa de la ACG y la ACE sería  $2CM_{ACG}/(2CM_{ACG}+CM_{ACE})$ . Mientras más se aproxime este cociente a la unidad, será mayor la predecibilidad basada solo en la ACG” (Márquez, 1988).

Fan et al (2008) indican que “los efectos de ACG de rendimiento de grano de líneas individuales y los efectos de ACE de sus cruces se relacionaron directamente con los efectos de ACG y los efectos de ACE, respectivamente, de los componentes de rendimiento. El mayor número de componentes de rendimiento con efectos de ACG significativamente positivos generalmente condujo a efectos de ACG de rendimiento de grano positivo más altos”.

Palemón et al. (2012) indican que los “efectos negativos de ACG de los progenitores, son deseables si se tiene el propósito de disminuir días a floración masculina, días a floración femenina y altura de mazorca”.

Cervantes-Ortiz et al (2018) concluyen que “los efectos de aptitud combinatoria general (efectos aditivos) fueron más importantes que los de aptitud combinatoria específica en la mayoría de los caracteres agronómicos; aunque en rendimiento de campo y aspecto general de planta destacaron los efectos de tipo no aditivo”. Al estudiar líneas  $S_3$  de maíz menciona que “los efectos de ACG se relacionan con efectos ados que se pueden aprovechar por selección y luego por hibridación; mientras que los efectos de ACE se deben a efectos de dominancia y epistasis, y son utilizados por la hibridación en cruzas de materiales que combinan bien” (Cervantes-Ortiz et al., 2016).

Rodríguez-Pérez et al (2019) reportan los resultados de un análisis dialélico donde “las líneas de mayor ACG obtuvieron el mejor rendimiento de grano, lo cual permitió definir que el aprovechamiento de los progenitores a través del sistema de hibridación es el más indicado para el programa de mejoramiento genético, lo cual indica que sus progenitores son adecuados para formar híbridos intervarietales con alto potencial de rendimiento. Además, las líneas con mayor ACG pueden aprovecharse para beneficiar la producción de semilla de las cruzas sobresalientes, utilizándose indistintamente como hembras o machos”.

García (2018) concluye “que los efectos de la ACG y ACE fueron muy importante para las variables estudiadas rendimiento de grano, días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta y altura de mazorca. Encontró interacción en ACG por años para días a la floración masculina y ACE por años en días a la floración femenina”.

## **2.4 Heterosis**

La heterosis también conocido como vigor híbrido se expresa como el incremento de la F1 en relación a sus progenitores; Poehlman y Sleper (2002) definen a la heterosis o vigor híbrido como “el incremento en tamaño, vigor o productividad de una planta híbrida sobre el promedio o media de sus progenitores”. Paterniani (1973) y Burton (1980) “indican que, desde el punto de vista práctico, el vigor híbrido es importante sólo cuando la descendencia es superior al mejor parental. Cuando una descendencia es superior a la media de los parentales, pero inferior al mejor parental, exhibe heterosis, aunque por definición no tiene un valor práctico”.

Vallejo y Estrada (2002) mencionan que “actualmente, algunos investigadores sostienen que no es aceptable considerar a la heterosis sólo como la mayor expresión de los caracteres favorables (heterosis positiva); en otros casos, la heterosis puede presentar una menor expresión (heterosis negativa) de los caracteres favorables, como la precocidad. Hay caracteres en las plantas que en lugar de aumentar (heterosis positiva) se debe disminuir su expresión para un aprovechamiento benéfico de la humanidad”

Zhang et al. (2002) indican que “la heterosis ha sido aplicada ampliamente en el mejoramiento de plantas y ha contribuido de manera significativa al desarrollo de variedades de híbridos de maíz”.

El conocimiento de la heterosis o vigor híbrido, es muy importante en el mejoramiento genético por hibridación. Gaytan y Mayek (2010) concluyen que “la heterosis y heterobeltiosis fueron positivas para rendimiento de grano y de biomasa seca, peso de grano y altura de planta y de mazorca, pero negativa para días a floración y a madurez fisiológica. Los mayores valores correspondieron a la heterosis de los rendimientos de grano y biomasa

seca. Al incrementarse la heterosis aumenta el rendimiento de las cruzas, pero la heterosis disminuye al incrementarse el rendimiento de grano de los progenitores”.

Sevilla y Chura (1995) reportaron que, en una serie de cruzas de germoplasma latinoamericano cruzado por tres probadores, las cruzas sin excepción fueron más precoces que su progenitor más tardío, el macho del híbrido PM-212 de la raza perla y la mayoría mostró heterosis negativa en promedio de los progenitores.

García (2018) reporta la heterosis en promedio de progenitores y sobre el mejor progenitor que son negativas para días a floración masculina y femenina.

## **2.5 Interacción genotipo medio ambiente**

La interacción genotipo medio ambiente es muy importante para el desarrollo de híbridos, debido a que debemos de conocer el comportamiento de cada genotipo y ver su adaptabilidad a diferentes ambientes.

Se busca genotipos que no tengan interacción con el medioambiente, los cuales deben de tener un comportamiento similar en cada ambiente, en promedio de ambientes.

García (2018) encontró “alta significación estadística para las variables rendimiento de grano, días a floración masculina y significación estadística para días a floración femenina en interacción la interacción años por genotipos; no hubo interacción años por genotipo para altura de planta y altura de mazorca”.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Material genético experimental**

El material genético estuvo constituido por líneas endogámicas provenientes del Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT) que fueron seleccionados mediante un probador de estrecha base genética, las líneas seleccionadas fueron siete: L1, L2, L3, L4, L5, L6 y L7 con las cuales se formó 21 cruza directa y se adicionó dos híbridos comerciales PM-213 y EXP-05, constituyendo en total 30 genotipos.

Las líneas probadas provienen de CIMMYT línea L1 (fuente de germoplasma SUWAN1); L2 (fuente de germoplasma AMATL); L3 (fuente de germoplasma población 27, P27); L4 (fuente de germoplasma población 24, P24), L5 (fuente de germoplasma SintAmTSR); L6 (fuente de germoplasma población 45, P45); L7 (fuente de germoplasma EV88SUWAN1 línea reciclada, REC).

#### **3.2 Localidad de evaluación**

La presente investigación se desarrolló en el campo “Chiquero II” de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina, Provincia de Lima, Departamento de Lima, a una altitud de 251 m.s.n.m, latitud Sur 12°05'06'' y longitud Oeste 76°59'07'' durante los años 2017 y 2018.

#### **3.3 Diseño experimental**

El diseño experimental utilizado fue látice rectangular triple 5x6, con tres repeticiones en cada año (2017 y 2018) y luego de comprobar su homogeneidad de variancia de los errores

se realizó el análisis de variancia combinado de años y la comparación de medias mediante la diferencia mínima de significación.

La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 6 m de largo, distanciados a 0.80 m entre surcos con 16 golpes por surco y distanciados a 0.40 m entre plantas. Se sembró 3 semillas por golpes, dejándose al final a dos plantas por golpe; haciendo una densidad de 62 500 plantas/ha.

### **3.4 Conducción de los ensayos**

La siembra se realizó en forma manual, utilizándose un cordel sembrador y sembrando tres semillas por golpe. Las labores agronómicas de abonamiento, deshierbo, riegos y control entomológico fueron realizados de acuerdo a la conducción de un campo comercial de maíz. Previo al aporque y al segundo abonamiento nitrogenado se efectuó la labor de desahíje dejando solo dos plantas por golpe.

En el año 2017 la siembra se realizó el 16 de agosto del 2017 y se cosecho el 31 de enero del 2018 y en el año 2018 se sembró el 27 de agosto y se cosechó el 12 de febrero del 2019.

### **3.5 Características evaluadas**

#### **3.5.1 Días a la floración masculina (FMAS)**

Número de días transcurridos, desde un día después de la siembra hasta la aparición de la flor masculina, cuando más del 50% en plantas estaba emitiendo polen emisión del polen la unidad experimental.

#### **3.5.2 Días a la floración femenina (FFEM)**

Número de días transcurridos, desde un día después de la siembra hasta la aparición de la flor femenina, cuando tenga más del 50 % de plantas el estigma receptivo.

### **3.5.3 Altura de planta (APLT)**

Se midió después haber completado la floración, desde el cuello de la planta hasta el punto de unión de la hoja bandera con el tallo; se tomarán diez plantas al azar dentro de la unidad experimental.

### **3.5.4 Altura de la mazorca (AMZ)**

Se midió desde el cuello de la planta hasta el nudo de inserción de la mazorca superior, en diez plantas al azar que se tomó la altura de planta dentro de la unidad experimental.

### **3.5.5 Índice de inserción de la mazorca (IMZ)**

Relación entre altura de planta con la altura de mazorca.

### **3.5.6 Número de plantas por parcela (NPLT)**

Se contó el total de plantas de la unidad experimental

### **3.5.7 Número de fallas (NF)**

Se contó cada golpe de la unidad experimental en donde se debe considerar:

<u>Número de plantas por golpe</u>	<u>Fallas</u>
2 plantas por golpe	0 fallas
1 planta por golpe	½ falla
0 plantas por golpe	1 falla

### **3.5.8 Número de mazorcas (NMZ)**

Se contabilizó todas las mazorcas cosechadas en la unidad experimental

### 3.5.9 Porcentaje de humedad del grano (PH)

El porcentaje de humedad del grano se determinó en 10 mazorcas cosechadas, tomando al azar y desgranando tres hileras, hasta formar aproximadamente 300 g para ser determinado con un determinador de humedad digital.

### 3.5.10 Peso de campo (PC)

Se pesó todas las mazorcas cosechadas en la unidad experimental utilizando una balanza con aproximación de 100 g.

### 3.5.11 Rendimiento de grano al 14% de humedad (RDTO)

El rendimiento de grano se determinó con: el peso de campo tomado y corrigiendo por fallas y llevando al 14 % de humedad mediante la siguiente relación:

$$\text{RDTO (t ha}^{-1}\text{)} = [10 \text{ m}^2/\text{Área parcela}] \times 0.971 \times Ff \times Fh \times PC \times D$$

Donde:

Factor de contorno: 0.971

Factor de corrección por fallas (Ff)

$$Ff = \frac{N^{\circ} \text{ plantas} - 0.3(\text{fallas})}{N^{\circ} \text{ plantas} - \text{fallas}}$$

Factor de corrección por humedad al 14% (Fh)

$$Fh = \frac{100 - \% \text{ de humedad}}{86}$$

Porcentaje de desgrane (D)

Se utilizará la siguiente relación:

$$D = \frac{\text{Peso de grano}}{\text{Peso de mazorca}} \times 100$$

Peso de campo (PC)

PC= Peso de campo tomado en cada parcela

### 3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico para las variables estudiadas rendimiento de grano, días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca y índice de inserción de la mazorca fue realizado de acuerdo al diseño experimental propuesto. La comparación de medias se realizó con la prueba de diferencia límite de significación (DLS).

El modelo aditivo lineal es el siguiente para cada año:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + \tau_i + BI_{j(k)} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i= 1,2,\dots,g$  genotipos

$j=1,2,\dots k$  bloques incompletos

$k=1,2,\dots,r$  repeticiones.

$Y_{ijk}$  = Observación del i-ésimo genotipo, en el j-ésimo bloque incompleto dentro de la k-ésima repetición.

$M$  = Media general.

$R_k$  = Efecto de la k-ésima repetición

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo genotipo.

$BI_{j(k)}$  = Efecto del j-ésimo bloque dentro de la k-ésima repetición.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error intra bloque incompleto.

**Tabla 1:** Análisis de variancia individual del diseño de látice triple rectangular 5x6

Fuente de variación		GL
Repeticiones	$r - 1 =$	$= 2$
Genotipos	$k^2 + k - 1 =$	$= 29$
Bloques	$rk =$	$= 15$
Error intrabloques	$(r - 1)(k^2 - 1) - k =$	$= 43$
Total	$rk^2 + rk - 1 =$	$= 89$

El análisis de varianza combinado se realizó después de haber probado la homogeneidad de varianza de los errores.

El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_l + R_{k(l)} + \tau_i + (\tau A)_{il} + BI_{j(kl)} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Observación del genotipo i-ésimo, del j-ésimo bloque incompleto dentro de la k-ésima repetición del l-ésimo año.

M = Media general

$A_l$  = Efecto del l-ésimo año.

$R_{k(l)}$  = Efecto de la k-ésima repetición en el l-ésimo año.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo genotipo.

$(\tau A)_{il}$  = Efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo con el l-ésimo año.

$Bl_{j(kl)}$  = Efecto del j-ésimo bloque incompleto de la k-ésima repetición en el l-ésimo año.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Efecto residual o error intra bloque incompleto asociado a la  $Y_{ijkl}$  observación.

**Tabla 2:** Análisis de variancia combinado del diseño látice triple rectangular 5x6

Fuente de variación		GL
Años (A)	$a - 1 =$	1
Repeticiones/A	$a(r - 1) =$	4
Genotipos (G)	$k^2 + k - 1 =$	29
AG	$(a - 1)(k^2 + k - 1) =$	29
Bloques/A	$ark =$	30
Error intrabloques conjunto	$a(r - 1)(k^2 - 1) - k =$	86
Total	$ark^2 + ark - 1 =$	179

### 3.7 Análisis de aptitud combinatoria

Para su análisis se usará el método II propuesto por Griffing (1956), en donde son incluidos los p progenitores y las cruzas directas  $F_1$ . Se tiene  $p(p+1)/2$  genotipos diferentes, como se muestra en la Tabla 3. Constituidos por siete líneas endogámicas provenientes del CIMMYT y sus cruzas directas (21 cruzas), lo que resulta en 28 genotipos.

**Tabla 3:** Cruzamientos dialélicos, a partir de siete líneas progenitoras del CIMMYT

Progenitores (p)	Progenitores (p)						
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
L1	L1xL1	L1xL2	L1xL3	L1xL4	L1xL5	L1xL6	L1xL7
L2		L2xL2	L2xL3	L2xL4	L2xL5	L2xL6	L2xL7
L3			L3xL3	L3xL4	L3xL5	L3xL6	L3xL7
L4				L4xL4	L4xL5	L4xL6	L4xL7
L5					L5xL5	L5xL6	L5xL7
L6						L6xL6	L6xL7
L7							L7xL7

El análisis genético se hizo solo considerando las cruzas directas y lo progenitores, no se tomó en cuenta los testigos. El diseño estadístico utilizado es bloque completo al azar con 3 repeticiones tabla 4.

El modelo aditivo lineal individual fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = u + G_i + G_j + S_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

donde:

$u$  = es la media general

$G_i$  = efecto de la ACG del  $i$ -ésimo progenitor

$G_j$  = efecto de la ACG del  $j$ -ésimo progenitor.

$S_{ij}$  = efecto de ACE entre el  $i$ -ésimo progenitor y  $j$ -ésimo progenitor.

$B_k$  = efecto del  $k$ -ésimo bloque

$E_{ijk}$  = efecto aleatorio del error

El análisis de variancia combinado se realizó después de haberse probado la homogeneidad de variancia de los errores tabla 5.

El modelo aditivo lineal combinado de años es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = u + G_i + G_j + S_{ij} + A_k + (GA)_{ik} + (GA)_{jk} + (SA)_{ijk} + B_l + E_{ijkl}$$

donde:

$u$  = Media general

$G_i$  = Efecto de la ACG del i-ésimo progenitor

$G_j$  = Efecto de la ACG del j-ésimo progenitor.

$S_{ij}$  = Efecto de ACE entre el i-ésimo progenitor y j-ésimo progenitor.

$A_k$  = Efecto del k-ésimo año

$(GA)_{ik}$  = Efecto de la interacción entre la ACG del i-ésimo progenitor con el k-ésimo año

$(GA)_{jk}$  = Efecto de la interacción entre la ACG del j-ésimo progenitor con el k-ésimo año

$(SA)_{ijk}$  = Efecto de la interacción de la ACE entre el i-ésimo progenitor, j-ésimo progenitor con k-ésimo año

$B_{j(k)}$  = Efecto del j-ésimo bloque en el k-ésimo año

$E_{ijkl}$  = Efecto aleatorio del error

**Tabla 4:** Análisis de varianza de cruzamientos dialélicos, método II, propuesto por Griffing (1956), modelo I

Fuente de variación	de Grados de libertad	Esperados cuadrados medios	
		Modelo I	
Repeticiones	$r - 1$	$\hat{\sigma}_e^2 + g\hat{\sigma}_R^2$	
Genotipos	$g - 1$	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sum G^2/GL_G$	
ACG	$p - 1$	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sum (ACG)^2/GL_{ACG}$	
ACE	$p(p - 1)/2$	$\hat{\sigma}_e^2 + r \sum (ACE)^2/GL_{ACE}$	
Error	$(r - 1)(g - 1)$	$\hat{\sigma}_e^2$	

ACG = Aptitud combinatoria general, ACE = Aptitud combinatoria específica

Tabla 5: Análisis de varianza combinado, de los cruzamientos dialélicos para el método II propuesto por Griffing (1956). Modelo III mixto, considerando años aleatorios y genotipos fijos.

Fuente de variación	de Grados de libertad	Esperados cuadrados medios	
		Modelo mixto	
Años (A)	$(a - 1)$	$\hat{\sigma}_e^2 + g\hat{\sigma}_{R/A}^2 + rg\hat{\sigma}_A^2$	
Repeticiones/A	$a(r - 1)$	$\hat{\sigma}_e^2 + g\hat{\sigma}_{R/A}^2$	
Genotipos(G)	$(g - 1)$	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{GA}^2 + ra \sum (G)^2/GL_G$	
ACG	$(p - 1)$	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{(ACG)xA}^2 + ra \sum (ACG)^2/GL_{ACG}$	
ACE	$p(p - 1)/2$	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{(ACE)xA}^2 + ra \sum (ACE)^2/GL_{ACE}$	
GA	$(g-1)(a-1)$	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{GA}^2$	
(ACG)xA	$(p - 1)(a - 1)$	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{(ACG)xA}^2$	
(ACE)xA	$[p(p - 1)/2][a - 1]$	$\hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_{(ACE)xA}^2$	
Error conjunto	$a(r-1)(g-1)$	$\hat{\sigma}_e^2$	

Los efectos de la ACG de cada parental serán estimados de la siguiente manera:

$$\hat{g}_i = \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..}$$

$$\hat{g}_j = \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}$$

Los efectos de la ACE serán estimados de la siguiente manera:

$$\hat{S}_{ij} = \bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..}$$

Dónde:

$\hat{g}_i$  = es el efecto ACG del i-ésimo genotipo parental  $\hat{g}_j$ : es el efecto ACG del j-ésimo genotipo parental

$\hat{S}_{ij}$  = es la ACE vigente para el cruce entre el i-ésimo y j-ésimo genotipo parental

$\bar{y}_{ij}$  = Promedio observado del resultado de la cruce entre el i-ésimo genotipo al j-ésimo genotipo.

$\bar{y}_{i.}$  = Promedio observado de todos los genotipos donde interviene el i-ésimo genotipo parental.

$\bar{y}_{.j}$  = Promedio observado de todos los genotipos donde interviene el j-ésimo genotipo parental.

$\bar{y}_{..}$  = Promedio observado de todos los genotipos resultantes de la cruce entre parentales.

La importancia relativa de ACG y ACE fue evaluada con la relación siguiente, propuesta por Baker (1978):

$$\frac{[2 * CM_{ACG}]}{[2 * CM_{ACG} + CM_{ACE}]}$$

Donde,

$CM_{ACG}$  = Cuadrado medio de aptitud combinatoria general

$CM_{ACE}$  = Cuadrado medio de aptitud combinatoria específica

Valores de la relación ACG: ACE cercanos a uno, indican que tiene un comportamiento debido a los efectos de ACG.

### 3.8 Análisis de la heterosis

Es estimada por:

**a. Heterosis en promedio de los progenitores (h)**

$$h = \frac{F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \times 100$$

**b. Heterobeltiosis (h')**

$$h' = \frac{F_1 - \text{mejor progenitor}(P_1 \text{ ó } P_2)}{\text{mejor progenitor}(P_1 \text{ ó } P_2)}$$

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis de variancia combinado.

En el análisis de variancia tabla 6 se observa alta significación estadística para genotipos en todas las variables estudiadas, la interacción genotipo por año fue altamente significativa estadísticamente para días a floración femenina y significativo para días a floración masculina, no se encontró significación estadística para las demás variables. El coeficiente de variabilidad varió de 1.28 % a 14.44 % teniendo la mayor variación la variable rendimiento de grano.

Al no encontrarse significación estadística en las interacciones se presentará en promedio de ambos años a excepción de altura de planta y mazorca.

**Tabla 6:** Análisis de variancia combinado para rendimiento de grano (RDTO) en t ha<sup>-1</sup>, días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante los años 2017 y 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados medios					
		RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
Años (A)	1	46.01 *	2944.36 **	3200.45 **	25740.31 **	13430.02 **	0.029 **
Repeticiones/A	4	5.95 **	10.66 **	4.16 *	809.59 **	236.97 *	0.001
Genotipos (G)	29	49.61 **	80.34 **	86.65 **	10370.17 **	4853.18 **	0.017 **
AG	29	1.40	4.87 *	4.16 **	178.83	93.59	0.001
Bloques/A	30	2.86 **	3.92	3.62 **	464.72 **	210.33 **	0.001 **
Error intrabloques conjunto	86	1.00	2.73	1.66	135.27	67.02	0.001
Total	179						
C.V.(%)		14.44	1.68	1.28	6.00	8.03	5.18
Promedio		6.91	98.18	100.87	193.76	101.92	0.517

\* significación al 0.05 de probabilidad, \*\* significación al 0.01 de probabilidad.

#### **4.1.1 Rendimiento de grano**

Esta variable fue altamente significativo para genotipos y no presento interacción genotipo por ambiente tabla 6. Los análisis individuales se presentan en los anexos 1 y 2 en donde genotipos fue altamente significativos estadísticamente.

Los genotipos evaluados en promedio de los años 2017 y 2018 tabla 7 observamos que la variedad EXP-05 ocupó el primer lugar con  $10.937 \text{ t ha}^{-1}$  y es similar estadísticamente a los híbridos simple L3xL2, L4xL3, híbrido doble PM-213, híbridos simples L6xL4 y L3xL1 con 10.311, 9.977, 9.437, 9.415 y  $9.327 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente a una probabilidad de 0.05. Ningún híbrido simple superó al testigo EXP-05 en promedio de años; en cambio el híbrido doble PM-213 fue superado por dos híbridos simples experimentales, pero estadísticamente son iguales al 0.05 de probabilidad.

**Tabla 7:** Promedios para rendimiento de grano (RDTO) en t ha<sup>-1</sup> para los años 2017 y 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina

Genotipo	2017	Genotipo	2018	Genotipo	Promedio
EXP-05	10.681	L4xL3	11.445	EXP-05	10.937
L3xL2	9.866	EXP-05	11.194	L3xL2	10.311
L6xL4	9.400	L3xL2	10.756	L4xL3	9.977
PM-213	9.302	L3xL1	10.607	PM-213	9.437
L6xL2	8.637	L6xL3	10.280	L6xL4	9.415
L6xL1	8.526	L5xL4	9.755	L3xL1	9.327
L4xL3	8.509	PM-213	9.571	L6xL3	9.297
L6xL3	8.315	L6xL2	9.559	L6xL2	9.098
L3xL1	8.048	L6xL4	9.430	L6xL1	8.898
L5xL4	7.821	L7xL2	9.302	L5xL4	8.788
L4xL2	7.702	L6xL1	9.270	L6xL5	8.135
L7xL4	7.466	L6xL5	9.067	L4xL2	8.114
L7xL3	7.206	L5xL3	8.973	L7xL2	7.763
L6xL5	7.203	L7xL1	8.582	L7xL4	7.749
L4xL1	6.951	L4xL2	8.526	L5xL3	7.695
L2xL1	6.911	L5xL1	8.470	L7xL3	7.675
L5xL1	6.646	L7xL6	8.408	L2xL1	7.584
L7xL6	6.556	L2xL1	8.257	L5xL1	7.558
L7xL1	6.458	L7xL3	8.145	L7xL1	7.520
L5xL3	6.418	L7xL4	8.033	L7xL6	7.482
L5xL2	6.306	L4xL1	7.955	L4xL1	7.453
L7xL2	6.224	L7xL5	7.348	L5xL2	6.793
L7xL5	5.484	L5xL2	7.280	L7xL5	6.416
L1	3.569	L1	3.109	L1	3.339
L6	2.715	L6	2.111	L6	2.413
L4	2.712	L4	1.683	L4	2.197
L3	1.952	L7	1.562	L2	1.695
L2	1.865	L2	1.525	L3	1.641
L7	1.499	L3	1.330	L7	1.530
L5	1.309	L5	1.055	L5	1.182
DLS 0.01	2.391	DLS 0.01	2.368	DLS 0.01	2.147
DLS 0.05	1.789	DLS 0.05	1.772	DLS 0.05	1.620

#### 4.1.2 Floración masculina

La variable floración masculina si presentó interacción genotipo por año el cual se observa en la tabla 6. Indicándonos que se debe de analizar en forma separada cada año, debido a que hubo influencia de cada año en los genotipos en esta variable.

En el anexo 1 y 2 podemos observar que hay diferencias significativas estadísticamente para genotipos en el año 2017 y altamente significativa estadísticamente en el año 2018. El coeficiente de variabilidad fue de 2.07% en el año 2017 y 1.06% en el año 2018.

En el año 2017 tabla 8 el híbrido simple L7xL2 fue el más precoz con 90 días y es diferente de los demás genotipos, la línea L3 fue el más tardío y diferente de los demás genotipos, el híbrido simple L4xL1 con 106 días y es similar estadísticamente a los híbridos L3xL1, L4xL3, L6xL3, EXP-05, L5xL3, PM-213, L5xL4, L6xL1, L7xL3 con 105.7, 105.3, 105.3, 104.7, 104.7, 104.3, 103.3, 102.7, 102.3 días respectivamente. En el año 2018 tabla 3 el híbrido más precoz fue L7xL2 con 89 días y es similar estadísticamente a la línea L2, los híbridos simples L6xL2, L7xL5, L7xL6, L7xL1 con 89, 89, 90, 90, 90 días respectivamente; la línea L3 fue el más tardío, el híbrido simple L4xL3 fue el más tardío 99 días y es similar estadísticamente a los híbridos EXP-05, con 98.4 y 97.3 días respectivamente.

La mayoría de los híbridos fueron precoces en ambos años que los testigos EXP-05 y PM-213, el híbrido simple L7xL2 fue el más precoz y el híbrido simple L4xL3 fue el más tardío superando a los testigos.

El híbrido de mayor rendimiento L3xL2 es un híbrido semi precoz con 101 días y el híbrido L4xL3 es el más tardío con 105 días en el año 2017, en cambio en el año 2018 el híbrido L3xL2 con 91 días sigue siendo semi precoz en cambio el híbrido L4xL3 con 99 días es tardío; cómo podemos observar su comportamiento es debido a sus progenitores en donde línea L3 es el más tardío y la línea L2 es semi tardío. En cambio, el híbrido L4xL3 ambas líneas son tardías

**Tabla 8:** Promedios de días a floración masculina durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.

Genotipo	2017	Genotipo	2018	Genotipo	Promedio
L3	111.3	L3	104.8	L3	108.1
L4	106.0	L4xL3	99.0	L4	102.2
L4xL1	106.0	EXP-05	98.4	L4xL3	102.2
L3xL1	105.7	L4	98.3	EXP-05	101.5
L4xL3	105.3	L5xL3	97.3	L3xL1	101.4
L6	105.3	L5	97.1	L5xL3	101.0
L6xL3	105.3	L3xL1	97.1	L4xL1	100.8
EXP-05	104.7	PM-213	96.9	L6	100.8
L5xL3	104.7	L1	96.6	PM-213	100.6
PM-213	104.3	L6	96.3	L6xL3	100.6
L5	104.0	L6xL3	95.9	L5	100.5
L1	103.7	L5xL4	95.8	L1	100.1
L5xL4	103.3	L4xL1	95.7	L5xL4	99.6
L7	103.3	L7xL3	94.9	L6xL1	98.7
L6xL1	102.7	L6xL1	94.8	L7xL3	98.6
L7xL3	102.3	L6xL4	93.8	L6xL4	97.9
L6xL4	102.0	L6xL5	92.9	L6xL5	97.5
L6xL5	102.0	L5xL1	92.8	L7	97.4
L5xL1	102.0	L7xL4	92.5	L5xL1	97.4
L3xL2	101.0	L7	91.5	L7xL4	96.6
L7xL4	100.7	L3xL2	91.3	L3xL2	96.1
L4xL2	100.7	L4xL2	91.2	L4xL2	95.9
L6xL2	99.7	L5xL2	90.9	L5xL2	94.6
L2xL1	98.7	L2xL1	90.5	L2xL1	94.6
L7xL6	98.7	L7xL1	90.4	L6xL2	94.6
L2	98.7	L7xL6	90.3	L7xL6	94.5
L5xL2	98.3	L7xL5	89.5	L7xL1	94.4
L7xL1	98.3	L6xL2	89.5	L2	94.0
L7xL5	98.0	L2	89.4	L7xL5	93.8
L7xL2	90.0	L7xL2	88.6	L7xL2	89.3
DLS 0.01	4.59	DLS 0.01	2.33	DLS 0.01	3.55
DLS 0.05	3.45	DLS 0.05	1.74	DLS 0.05	2.68

### 4.1.3 Floración femenina

Con respecto a esta variable en la tabla 6 observamos que el genotipo interacciona con años, indicándonos que cada genotipo tiene diferente comportamiento en cada año, siendo necesario analizar por cada año.

En el año 2017 y 2018 anexo 1 y 2 observamos que genotipos fue altamente significativa estadísticamente. El coeficiente de variabilidad en el año 2017 fue de 1.22% y en año 2018 de 1.34%.

Al realizar la comparación de medias en el año 2017 tabla 9 observamos que el híbrido simple L7xL2 con 100.0 días fue el más precoz y es similar estadísticamente a los híbridos simples L7xL6, L7xL5, L7xL1, L6xL2, L2xL1 con 100.1, 100.1, 101.5, 101.7 y 102.1 días respectivamente; la línea L5 fue el más tardío con 112.9 días y es similar estadísticamente a las líneas L3 y L4 con 112.4 y 111.5 días respectivamente; el híbridos simple L4xL1 fue el más tardío con 108.3 días y es similar estadísticamente a los híbridos L4xL3, L6xL3, PM-213, L5xL4, L3xL1, L5xL3, con 107.1, 106.8, 106.7, 106.7, 106.6, 106.5 días respectivamente. En cambio, en el año 2018 tabla 4 el híbrido L7xL2 fue el más precoz con 90.3 días y es similar estadísticamente a los híbridos L6xL2, L7xL6, L7xL5 y L2xL1 con 91.0, 91.7, 92.3, 92.3 días respectivamente, la línea L3 con 108.3 días fue el más tardío y es similar estadísticamente a la líneas L5, L4, EXP-05, L4xL3, PM-213 con 104.3 y 103.3, 102.3, 100.3, 100.3 días respectivamente, el híbrido simple L4xL3 con 100.3 días es similar estadísticamente a los híbridos simples L5xL3 y L5xL4 con 99.3 y 99.0 días respectivamente.

El híbrido simple L4xL3 fue el más tardío siendo similar a los testigos y el híbrido simple L7xL2 fue el más precoz.

**Tabla 9:** Promedios de días a floración femenina durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.

Genotipo	2017	Genotipo	2018	Genotipo	Promedio
L5	112.9	L3	108.3	L3	110.4
L3	112.4	L5	104.3	L5	108.6
L4	111.5	L4	103.3	L4	107.4
L4xL1	108.3	EXP-05	102.3	EXP-05	104.0
L6	107.2	L4xL3	100.3	L4xL3	103.7
L4xL3	107.1	PM-213	100.3	PM-213	103.5
L6xL3	106.8	L1	99.7	L4xL1	103.2
PM-213	106.7	L5xL3	99.3	L1	103.1
L5xL4	106.7	L5xL4	99.0	L5xL3	102.9
L3xL1	106.6	L4xL1	98.0	L5xL4	102.9
L1	106.5	L3xL1	97.7	L6	102.3
L5xL3	106.5	L6	97.3	L3xL1	102.1
L2	106.3	L6xL3	97.0	L6xL3	101.9
EXP-05	105.6	L6xL1	96.0	L2	101.0
L7	105.0	L5xL1	95.7	L7	100.0
L5xL1	104.1	L7xL3	95.7	L5xL1	99.9
L6xL5	103.8	L2	95.7	L6xL1	99.8
L7xL3	103.8	L6xL5	95.3	L7xL3	99.7
L6xL4	103.7	L6xL4	95.0	L6xL5	99.6
L6xL1	103.6	L7	95.0	L6xL4	99.3
L5xL2	103.2	L7xL4	94.7	L7xL4	98.7
L7xL4	102.8	L5xL2	93.7	L5xL2	98.4
L3xL2	102.6	L4xL2	93.0	L4xL2	97.8
L4xL2	102.5	L7xL1	92.7	L3xL2	97.7
L2xL1	102.1	L3xL2	92.7	L2xL1	97.2
L6xL2	101.7	L2xL1	92.3	L7xL1	97.1
L7xL1	101.5	L7xL5	92.3	L7xL5	96.7
L7xL5	101.1	L7xL6	91.7	L6xL2	96.3
L7xL6	100.1	L6xL2	91.0	L7xL6	95.9
L7xL2	100.0	L7xL2	90.3	L7xL2	95.2
DLS 0.01	3.07	DLS 0.01	2.81	DLS 0.01	2.77
DLS 0.05	2.29	DLS 0.05	2.12	DLS 0.05	2.09

#### **4.1.4 Altura de planta**

Esta variable no presentó significación estadística para la interacción genotipo por ambiente tabla 6, indicándonos que no tuvo influencia de años los genotipos.

En la tabla 10 observamos en promedio de los años 2017 y 2018 la línea L7 presentó la menor altura de planta con 85.7 cm y es diferente de todos los demás genotipos.

El híbrido simple L7xL1 presentó la menor altura de planta y es similar estadísticamente al híbrido simple L7xL5 con 185.7 cm, pero diferente de los demás genotipos. El híbrido EXP-05 presentó la mayor altura de planta con 256.4 cm y es diferente estadísticamente de todos los demás genotipos; el híbrido simple L6xL3 presentó la mayor altura con 233.2 cm y es similar estadísticamente a los híbridos simples L4xL3, L4xL2, L6xL4, L4xL1, L5xL4, PM-213, L6xL2, L3xL2 con 233.1, 232.3, 227.7, 222.7, 222.7, 221.9, 220.4, 217.7, 216.1 cm respectivamente.

**Tabla 10:** Promedios para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.: Promedios para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.

Genotipo	APLT	Genotipo	APLT	Genotipo	Promedio
EXP-05	250.2	EXP-05	280.7	EXP-05	265.4
L4xL2	222.6	L4xL3	246.8	L6xL3	233.2
L6xL3	220.7	L6xL3	245.7	L4xL3	233.1
L4xL3	219.3	L4xL2	242.0	L4xL2	232.3
L6xL4	217.3	L4xL1	238.7	L6xL4	227.7
L5xL4	216.8	L6xL4	238.1	L4xL1	222.7
L3xL2	210.4	PM-213	232.1	L5xL4	221.9
L6xL2	209.5	L5xL4	227.1	PM-213	220.4
PM-213	208.7	L6xL2	225.9	L6xL2	217.7
L4xL1	206.7	L5xL2	225.2	L3xL2	216.1
L2xL1	205.6	L6xL1	224.8	L6xL1	213.9
L6xL1	203.0	L6xL5	223.5	L2xL1	211.0
L7xL6	199.6	L5xL3	223.0	L6xL5	210.4
L6xL5	197.3	L3xL1	222.8	L5xL3	208.1
L5xL3	193.2	L3xL2	221.8	L5xL2	207.5
L5xL2	189.8	L2xL1	216.5	L7xL6	205.4
L7xL2	188.4	L7xL4	212.2	L3xL1	204.5
L7xL4	187.5	L7xL6	211.2	L7xL4	199.8
L3xL1	186.1	L5xL1	208.8	L7xL2	194.2
L7xL3	181.2	L7xL3	200.0	L5xL1	194.0
L5xL1	179.1	L7xL2	200.0	L7xL3	190.6
L7xL5	173.9	L7xL5	197.4	L7xL5	185.7
L7xL1	158.5	L7xL1	183.4	L7xL1	170.9
L6	147.7	L6	171.8	L6	159.7
L4	144.8	L4	168.2	L4	156.5
L3	125.5	L1	159.5	L1	142.4
L1	125.4	L3	157.5	L3	141.5
L5	110.4	L2	138.8	L2	121.9
L2	105.1	L5	126.7	L5	118.5
L7	69.9	L7	101.6	L7	85.7
DLS 0.01	28.36	DLS 0.01	25.21	DLS 0.01	25.02
DLS 0.05	21.22	DLS 0.05	18.95	DLS 0.05	18.88

#### **4.1.5 Altura de mazorca**

La altura de mazorca no presentó interacción genotipo por año lo cual observamos en la tabla 6, indicándonos que genotipos no fue influenciado por años.

En la tabla 11 la línea L7 presentó la menor altura de mazorca y es similar estadísticamente a las líneas L5, L3, L2 y L4 con 61.2, 63.2, 63.4 y 67.1 cm respectivamente; el híbrido simple L7xL1, presentó la menor altura de mazorca con 104.6 cm y es similar estadísticamente a los híbridos simples L7xL2, L7xL5, L7xL3, L7xL4, L7xL6, L2xL1 con 107.2, 107.9, 109.3, 111.1, 111.1, 116.0 cm respectivamente ; la mayor altura de mazorca lo presentó el híbrido EXP-05 con 171.5 cm y es diferente estadísticamente de todos los demás genotipos; el híbrido comercial PM-213 presentó una altura de mazorca de 140.4 cm y es similar estadísticamente a los híbridos simples L4xL3, L5xL2, L4xL1, L4xL2, L5xL3, L6xL2, L6xL3 con 134.0, 133.7, 131.9, 130.6, 130.3, 130.1, 129.5 cm respectivamente.

**Tabla 11:** Promedios para altura de mazorca (cm) durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.

Genotipo	AMZ	Genotipo	AMZ	Genotipo	Promedio
EXP-05	171.5	EXP-05	171.5	EXP-05	171.5
PM-213	140.4	PM-213	140.4	PM-213	140.4
L4xL3	134.0	L4xL3	134.0	L4xL3	134.0
L5xL2	133.7	L5xL2	133.7	L5xL2	133.7
L4xL1	131.9	L4xL1	131.9	L4xL1	131.9
L4xL2	130.6	L4xL2	130.6	L4xL2	130.6
L5xL3	130.3	L5xL3	130.3	L5xL3	130.3
L6xL2	130.1	L6xL2	130.1	L6xL2	130.1
L6xL3	129.5	L6xL3	129.5	L6xL3	129.5
L3xL1	125.4	L3xL1	125.4	L3xL1	125.4
L6xL5	124.9	L6xL5	124.9	L6xL5	124.9
L5xL1	123.6	L5xL1	123.6	L5xL1	123.6
L6xL1	123.4	L6xL1	123.4	L6xL1	123.4
L3xL2	123.3	L3xL2	123.3	L3xL2	123.3
L5xL4	122.3	L5xL4	122.3	L5xL4	122.3
L6xL4	121.1	L6xL4	121.1	L6xL4	121.1
L2xL1	116.0	L2xL1	116.0	L2xL1	116.0
L7xL6	111.1	L7xL6	111.1	L7xL6	111.1
L7xL4	111.1	L7xL4	111.1	L7xL4	111.1
L7xL3	109.3	L7xL3	109.3	L7xL3	109.3
L7xL5	107.9	L7xL5	107.9	L7xL5	107.9
L7xL2	107.2	L7xL2	107.2	L7xL2	107.2
L7xL1	104.6	L7xL1	104.6	L7xL1	104.6
L6	76.1	L6	76.1	L6	76.1
L1	75.2	L1	75.2	L1	75.2
L4	67.1	L4	67.1	L4	67.1
L2	63.4	L2	63.4	L2	63.4
L3	63.2	L3	63.2	L3	63.2
L5	61.2	L5	61.2	L5	61.2
L7	47.3	L7	47.3	L7	47.3
DLS 0.01	18.36	DLS 0.01	18.36	DLS 0.01	17.61
DLS 0.05	13.74	DLS 0.05	13.74	DLS 0.05	13.29

#### **4.1.6 Índice de inserción de mazorca**

La variable índice de inserción de mazorca no presentó interacción genotipo por año tabla 6.

En promedio de los años 2017 y 2018 tabla 12, el menor índice de inserción de mazorca presentó la línea L4 con 0.39 y es similar estadísticamente a las líneas L3, L6, L7 con 0.40, 0.44, 0.44; el híbrido simple que presenta la menor inserción de mazorca es el híbrido simple L6xL4 con 0.51 y es similar estadísticamente a los híbridos simples L7xL4, L6xL3, L7xL2, L2xL1, L7xL6, L4xL3, L4xL2, L6xL1, L5xL4, L7xL3, L3xL2, L4xL1, L7xL5 con 0.53, 0.53, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.54, 0.55 0.55, 0.55. el mayor índice de inserción de mazorca presentó el híbrido doble EXP-05 con 0.62 y es diferente estadísticamente de todos los genotipos.

**Tabla 12:** Promedios para índice de inserción de mazorca durante los años 2017 y 2018 en la localidad de La Molina.

Genotipo	IMZ	Genotipo	IMZ	Genotipo	Promedio
EXP-05	0.62	EXP-05	0.62	EXP-05	0.62
PM-213	0.60	PM-213	0.60	PM-213	0.60
L5xL2	0.60	L5xL2	0.60	L5xL2	0.60
L5xL1	0.60	L5xL1	0.60	L5xL1	0.60
L5xL3	0.57	L5xL3	0.57	L5xL3	0.57
L6xL2	0.57	L6xL2	0.57	L6xL2	0.57
L7xL1	0.57	L7xL1	0.57	L7xL1	0.57
L6xL5	0.56	L6xL5	0.56	L6xL5	0.56
L3xL1	0.56	L3xL1	0.56	L3xL1	0.56
L7xL5	0.55	L7xL5	0.55	L7xL5	0.55
L4xL1	0.55	L4xL1	0.55	L4xL1	0.55
L3xL2	0.55	L3xL2	0.55	L3xL2	0.55
L7xL3	0.54	L7xL3	0.54	L7xL3	0.54
L5xL4	0.54	L5xL4	0.54	L5xL4	0.54
L6xL1	0.54	L6xL1	0.54	L6xL1	0.54
L4xL2	0.54	L4xL2	0.54	L4xL2	0.54
L4xL3	0.54	L4xL3	0.54	L4xL3	0.54
L7xL6	0.54	L7xL6	0.54	L7xL6	0.54
L2xL1	0.54	L2xL1	0.54	L2xL1	0.54
L7xL2	0.54	L7xL2	0.54	L7xL2	0.54
L6xL3	0.53	L6xL3	0.53	L6xL3	0.53
L7xL4	0.53	L7xL4	0.53	L7xL4	0.53
L6xL4	0.51	L6xL4	0.51	L6xL4	0.51
L5	0.48	L5	0.48	L5	0.48
L1	0.48	L1	0.48	L1	0.48
L2	0.45	L2	0.45	L2	0.45
L7	0.44	L7	0.44	L7	0.44
L6	0.44	L6	0.44	L6	0.44
L3	0.40	L3	0.40	L3	0.40
L4	0.39	L4	0.39	L4	0.39
DLS 0.01	0.07	DLS 0.01	0.07	DLS 0.01	0.06
DLS 0.05	0.05	DLS 0.05	0.05	DLS 0.05	0.04

## 4.2 Análisis de aptitud combinatoria

En la tabla 13 del análisis de variancia combinado de aptitud combinatoria en su fuente de variación se observa que cruza, aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) presentaron alta significación estadística para todas las variables estudiadas, no se encontró interacción cruza por años en ninguna de las variables, se observa alta significación estadística para días a floración femenina en la interacción años por ACG y solo significativo estadísticamente para días a floración masculina en la interacción años por ACE.

La relación aptitud combinatoria general (ACG): aptitud combinatoria específica (ACE) fue mayor para días a floración masculina 0.96, días a floración femenina 0.89 y altura de planta 0.62, la menor relación se tuvo para rendimiento de grano 0.26, altura de mazorca 0.38 y índice de inserción de mazorca 0.47.

**Tabla 13:** Análisis de variancia combinado de aptitud combinatoria para rendimiento de grano (RDTO) en  $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante los años 2017 y 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios					
		RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
Años(A)	1	46.14	2817.52 **	3146.01 **	23766.69 **	12236.80 **	0.027 *
Bloques/A	4	6.13 **	9.65 *	3.51	703.66 *	230.28	0.001
Cruza ( C)	27	48.13 **	81.93 **	88.40 **	9641.67 **	4210.61 **	0.015 **
ACG	6	10.53 **	290.33 **	212.48 **	8165.70 **	1538.37 **	0.008 *
ACE	21	58.87 **	22.39 **	52.95 **	10063.37 **	4974.11 **	0.018 **
AxC	27	1.47	4.94	3.02	189.04	99.33	0.001
AxACG	6	1.01	1.48	7.28 **	165.78	133.05	0.002
AxACE	21	1.60	5.93 *	1.80	195.68	89.69	0.001
Error conjunto	108	1.51	3.22	2.13	214.33	103.25	0.001
Total	167						
C.V.(%)		18.37	1.83	1.45	7.70	10.28	5.81
Promedio		6.69	97.96	100.65	190.21	98.86	0.51
ACG:ACE		0.26	0.96	0.89	0.62	0.38	0.47

\* significación al 0.05 de probabilidad, \*\* significación al 0.01 de probabilidad

#### 4.2.1 Rendimiento de grano

La aptitud combinatoria general y específica fue altamente significativa tabla 13 en el análisis de variancia combinado de años, en los análisis individuales anexo 5 y 6 también se encontraron significación estadística.

Al estimar los efecto de ACG tabla 14 en promedio de los años 2017 y 2018, se observa que la línea L6 presento el mayor valor con 0.474 seguido de la línea L3 con 0.329, los menores valores fueron para las líneas L7 con -0.612 y L5 con -0.573 al respecto se puede indicar que las líneas con efectos positivos tienen una alta contribución en la expresión de rendimiento de grano y en sus progenies, los efectos aditivos son más importantes; su capacidad de combinación al ser utilizadas como hembras o machos según sea la mejor combinación en sus cruzamientos y el resto de las líneas muestran baja capacidad de combinación debido a sus valores negativos concordando con lo afirmado por (Rodríguez et al. 2016, Cervantes et al. 2016, Cervantes et al. 2018).

**Tabla 14:** Efecto de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Progenitores	Año		Promedio
	2017	2018	
L1	0.225	0.227	0.226
L2	-0.025	-0.197	-0.111
L3	0.163	0.496	0.329
L4	0.436	0.099	0.267
L5	-0.697	-0.448	-0.573
L6	0.621	0.327	0.474
L7	-0.722	-0.502	-0.612

Con respecto a la estimación de los efectos de la aptitud combinatoria específica (ACE) se observa en la tabla 15 el mayor efecto lo tuvo la cruce L3xL2 con 3.122, seguido de las cruces L4xL3, L6xL4, L5xL4 con 2.721, 2.479, 2.385, todos los efectos fueron positivos.

Las mejores cruzas entre las diferentes líneas estudiadas se deben a la ACG y la ACE que están muy relacionadas lo cual concuerda con Fan et al (2008) quienes indican que los efectos de ACG de rendimiento de grano de líneas individuales y los efectos de ACE de sus cruces se relacionaron directamente con los efectos de ACG y los efectos de ACE. Ávila et al. (2009) mencionan “que una craza simple es de alto rendimiento si sus líneas progenitoras son de alta ACG o si el efecto de ACE es alto y al menos uno de sus progenitores es de alta ACG”.

**Tabla 15:** Efecto de la aptitud combinatoria específica para rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ ) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Cruzas	Año		Promedio
	2017	2018	
L2xL1	0.761	0.906	0.833
L3xL1	1.441	2.584	2.013
L4xL1	0.426	-0.133	0.147
L5xL1	0.859	1.099	0.979
L6xL1	1.221	0.961	1.091
L7xL1	0.724	1.695	1.209
L3xL2	3.210	3.033	3.122
L4xL2	0.891	1.198	1.044
L5xL2	0.941	1.090	1.016
L6xL2	1.961	2.267	2.114
L7xL2	1.411	2.455	1.933
L4xL3	1.659	3.783	2.721
L5xL3	0.609	1.230	0.919
L6xL3	1.240	1.660	1.450
L7xL3	1.504	1.180	1.342
L5xL4	2.045	2.725	2.385
L6xL4	2.749	2.210	2.479
L7xL4	1.180	1.241	1.210
L6xL5	1.198	1.936	1.567
L7xL5	0.591	1.176	0.883
L7xL6	0.806	1.471	1.138

El híbrido simple L3xL2 presentó el mayor efecto en ACE 3.122 y también obtuvo el mayor rendimiento de grano con 10.311 t ha<sup>-1</sup>, similar resultado se observa con híbrido simple L4xL3. Podemos concluir que los mayores efectos de la ACE están muy relacionados con el mayor rendimiento de grano.

#### **4.2.2 Floración masculina**

En la tabla 13 fue altamente significativo estadísticamente para cruza, aptitud combinatoria general, aptitud combinatoria específica no se encontró significación estadística para cruza por año, pero presentó significación estadística para años por ACE. En los análisis individuales anexo 4 y 5 se observa fue altamente significativo estadísticamente para aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica para el año 2017 y 2018.

Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) tabla 16 observamos que los efectos más pequeños fueron para las líneas L2 y L7 con -3.394 y -2.376 que son favorables para obtener plantas precoces y los efectos más altos fueron para las líneas L3 y L4 con 3.550 y 1.513 que son favorables para obtener plantas tardías que transmitirían a sus progenies al respecto Palemón et al.(2012) indican que los “efectos negativos de ACG de los progenitores, son deseables si se tiene el propósito de disminuir días a floración masculina”.

Con respecto a los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) tabla 17 las cruzas L7xL2 con -2.861 y L3xL2 con -2.120 presentan los menores efectos para tener plantas precoces en cambio los efectos positivos de mayor valor que presentan las cruzas L4xL1 con 0.972 y la cruza L6xL1 con 0.139 generan plantas tardías.

**Tabla 16:** Efecto de la aptitud combinatoria general para días a floración masculina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Progenitores	Año		Promedio
	2017	2018	
L1	0.466	0.302	0.384
L2	-3.423	-3.365	-3.394
L3	3.392	3.709	3.550
L4	1.503	1.524	1.513
L5	-0.016	0.302	0.143
L6	0.503	-0.143	0.180
L7	-2.423	-2.328	-2.376

**Tabla 17:** Efecto de la aptitud combinatoria específica para días a floración masculina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Cruzas	Año		Promedio
	2017	2018	
L2xL1	-0.435	-0.472	-0.454
L3xL1	-0.250	-1.213	-0.732
L4xL1	1.972	-0.028	0.972
L5xL1	-0.509	-1.472	-0.991
L6xL1	-0.361	0.639	0.139
L7xL1	-1.769	-1.176	-1.472
L3xL2	-1.028	-3.213	-2.120
L4xL2	0.528	-0.694	-0.083
L5xL2	-0.287	0.194	-0.046
L6xL2	0.528	-0.694	-0.083
L7xL2	-6.213	0.491	-2.861
L4xL3	-1.620	-0.102	-0.861
L5xL3	-0.769	-0.880	-0.824
L6xL3	-0.620	-1.435	-1.028
L7xL3	-0.694	-0.583	-0.639
L5xL4	-0.213	0.306	0.046
L6xL4	-2.065	-1.250	-1.657
L7xL4	-0.472	-0.398	-0.435
L6xL5	-0.546	-1.028	-0.787
L7xL5	-1.620	-2.176	-1.898
L7xL6	-1.472	-1.065	-1.269

Como hubo interacción de ACE por años, no podríamos concluir en promedio de años sino por cada año en donde en el año 2017 el más precoz fue el híbrido L7xL2 que presentó el menor efecto de ACE con -6.213 en cambio en el año 2018 el híbrido simple L7xL2 fue el más precoz, pero presenta un efecto de ACE de -1.065, el menor efecto lo tuvo el híbrido L3xL2 con -3.213 en su ACE pero no es el más precoz.

### 4.2.3 Floración femenina

Esta variable no presentó interacción cruza por años tabla 13, en su fuente de variación fueron altamente significativos estadísticamente cruza, aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE) y la interacción años por ACG.

Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) tabla 18 observamos que las líneas L7 y L2 con -2.429 y -2.280 presentan los más bajos efectos que generan plantas precoces, en cambio los efectos altos nos generan plantas tardías las líneas L3 con 2.646 y L4 con 1.701 generan progenies tardías lo que concuerda con Palemón et al. (2012), en cambio las líneas con efecto altos como la línea L3 con 2.646 y L4 con 1.701 proporcionarían plantas tardías en su progenie.

**Tabla 18:** Efecto de la aptitud combinatoria general para días a floración femenina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Progenitores	Año		Promedio
	2017	2018	
L1	-0.127	0.122	-0.003
L2	-1.646	-2.915	-2.280
L3	2.095	3.196	2.646
L4	1.614	1.788	1.701
L5	1.132	1.492	1.312
L6	-0.794	-1.101	-0.947
L7	-2.275	-2.582	-2.429

Los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) tabla 19 más bajos presentan las cruza L3xL2 con -3.347, L7xL5 con -2.669, L6xL4 con -2.403 nos proporcionarían plantas precoces y las cruza L4xL1 con 0.986 y la cruza L6xL1 con 0.134 serán plantas tardías.

Igual que la floración masculina no se puede concluir en promedio de años debido a la interacción que existió de ACG por años, siendo necesario indicar que en el año 2017 el más

precoz fue el híbrido simple L7xL2 con 90 días y no presenta efecto más bajo de ACE, el híbrido simple L6xL4 tuvo el menor efecto con -2.796 pero no es el más precoz. En el año 2018 el híbrido simple L3xL2 presentó el menor efecto con -3.935 pero no es el más precoz.

**Tabla 19:** Efecto de la aptitud combinatoria específica para días a floración femenina durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Cruzas	Año		Promedio
	2017	2018	
L2xL1	-1.204	-1.194	-1.199
L3xL1	-0.278	-1.972	-1.125
L4xL1	2.204	-0.232	0.986
L5xL1	-1.982	-2.269	-2.125
L6xL1	-0.389	0.657	0.134
L7xL1	-1.574	-1.194	-1.384
L3xL2	-2.759	-3.935	-3.347
L4xL2	-1.944	-2.194	-2.069
L5xL2	-1.796	-1.232	-1.514
L6xL2	-1.204	-1.306	-1.255
L7xL2	-1.722	-0.491	-1.107
L4xL3	-2.352	-0.972	-1.662
L5xL3	-1.537	-1.676	-1.607
L6xL3	0.056	-1.417	-0.681
L7xL3	-1.463	-1.269	-1.366
L5xL4	-1.389	-0.602	-0.995
L6xL4	-2.796	-2.009	-2.403
L7xL4	-1.315	-0.861	-1.088
L6xL5	-1.648	-1.380	-1.514
L7xL5	-2.500	-2.898	-2.699
L7xL6	-1.241	-0.972	-1.107

#### 4.2.4 Altura de planta

La altura de planta en el análisis de variancia combinado de la habilidad combinatoria tabla 13, se observa en su fuente de variación alta significación estadística para cruza, aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE) y no se encontró significación estadística para la interacción cruza por año, años por ACG y años por ACE.

Los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) tabla 20 menores fueron para las líneas L7 con -22.190 y la línea L5 con -6.049 que generan plantas de porte bajo y las líneas L4 con 14.316 y la línea L6 con 12.688 generaran plantas de porte alto.

**Tabla 20:** Efecto de la aptitud combinatoria general para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Progenitores	Año		Promedio
	2017	2018	
L1	-2.667	-0.312	-1.490
L2	-0.001	-0.871	-0.436
L3	-0.167	6.488	3.160
L4	14.814	13.818	14.316
L5	-5.601	-6.497	-6.049
L6	14.722	10.655	12.688
L7	-21.101	-23.279	-22.190

Al estudiar los efectos de aptitud combinatoria específica (ACE) tabla 21 en altura de planta los efectos más bajos se encontraron en las cruza L7xL1 con 1.506, L6xL1 con 10.728 y la cruza L3xL1 con 11.039 que será las plantas de porte bajo, en cambio las cruza L7xL2 con 30.252, L4xL2 con 28.980, L2xL1 con 28.302, L6xL3 con 27.361, L7xL5 con 27.282 serán de porte alto.

Para altura de planta está muy relacionado los efectos de ACE con la altura de planta podemos observar que la planta de porte bajo que es el híbrido L7xL1 con 171 cm presenta el menor efecto de ACE; las plantas que presentan mayor efecto de ACE son las más altas.

**Tabla 21;** Efecto de la aptitud combinatoria específica para altura de planta (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina

Cruzas	Año		Promedio
	2017	2018	
L2xL1	41.021	15.582	28.302
L3xL1	7.521	14.557	11.039
L4xL1	24.873	23.060	23.967
L5xL1	13.621	13.542	13.582
L6xL1	9.132	12.323	10.728
L7xL1	-1.879	4.890	1.506
L3xL2	20.021	14.116	17.069
L4xL2	31.040	26.919	28.980
L5xL2	19.788	30.434	25.111
L6xL2	20.966	14.016	17.491
L7xL2	38.455	22.049	30.252
L4xL3	26.707	24.427	25.567
L5xL3	14.121	20.908	17.515
L6xL3	28.299	26.423	27.361
L7xL3	22.621	14.723	18.672
L5xL4	26.973	17.645	22.309
L6xL4	23.651	11.494	17.572
L7xL4	10.307	19.527	14.917
L6xL5	13.232	17.275	15.254
L7xL5	29.488	25.075	27.282
L7xL6	29.899	21.690	25.794

#### 4.2.5 Altura de mazorca

En el análisis de variancia combinado de la habilidad combinatoria tabla 13, para esta variable se observa en su fuente de variación alta significación estadística para cruza, aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE) y no se encontró significación estadística para la interacción cruza por año, años por ACG y años por ACE.

Con respecto a sus efectos de aptitud combinatoria general (ACG) tabla 22 podemos indicar que las líneas L7 con -11.091 y la línea L3 con 0.015 generarán progenies de porte bajo en la posición de su mazorca en la planta, en cambio las líneas L6 con 6.011, L4 con 3.152 darán progenies de plantas de porte alto en la posición de la mazorca en la planta.

**Tabla 22:** Efecto de la aptitud combinatoria general para altura de mazorca (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Progenitores	Año		Promedio
	2017	2018	
L1	-0.688	2.106	0.709
L2	1.638	0.688	1.163
L3	-1.743	1.773	0.015
L4	3.194	3.110	3.152
L5	-1.269	1.351	0.041
L6	8.009	4.014	6.011
L7	-9.140	-13.042	-11.091

El efecto de aptitud combinatoria específica (ACE) tabla 23 que se presentan en las cruzas L7xL1 con 5.773, L7xL4 con 7.964, L6xL1 con 8.255 serán de porte bajo la posición de la mazorca en la planta; en cambio las cruzas que presentan un efecto alto de ACE como las cruzas L5xL2 con 21.438, L4xL2 con 20.494, L4xL3 con 20.275, L6xL2 con 19.618 presentaran plantas con la posición de la mazorca en la planta en la parte más alta.

Podemos concluir que los efectos de ACE de menor efecto tiene relación con la menor altura de mazorca y los efectos de mayor ACE tienen mayor altura de mazorca.

**Tabla 23:** Efecto de la aptitud combinatoria específica para altura de mazorca (cm) durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Cruzas	Año		Promedio
	2017	2018	
L2xL1	20.893	6.980	13.936
L3xL1	6.507	14.061	10.284
L4xL1	13.337	18.157	15.747
L5xL1	16.300	12.150	14.225
L6xL1	7.689	8.820	8.255
L7xL1	4.504	7.043	5.773
L3xL2	11.115	11.680	11.397
L4xL2	21.511	19.476	20.494
L5xL2	15.974	26.902	21.438
L6xL2	21.530	17.706	19.618
L7xL2	23.844	11.461	17.653
L4xL3	18.059	22.491	20.275
L5xL3	8.856	18.683	13.769
L6xL3	13.911	16.920	15.416
L7xL3	19.893	14.709	17.301
L5xL4	13.585	11.813	12.699
L6xL4	11.807	9.950	10.879
L7xL4	2.122	13.806	7.964
L6xL5	11.937	14.309	13.123
L7xL5	13.252	14.332	13.792
L7xL6	14.474	12.135	13.305

#### 4.2.6 Índice de inserción de mazorca

El índice de inserción de la mazorca que es una relación de la altura de mazorca entre altura de planta nos indica exactamente la posición exacta de la mazorca en la planta, lo más deseable es que sea menor de 0.50 que es el punto medio de la planta.

Al realizar el análisis de variancia combinado para habilidad combinatoria tabla 13, para esta variable se observa en su fuente de variación alta significación estadística para cruza, aptitud combinatoria general (ACG), aptitud combinatoria específica (ACE) y no se encontró significación estadística para la interacción cruza por año, años por ACG y años por ACE.

En lo referente a los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) en la tabla 24 observamos que las líneas L4 con -0.020 y la Línea L3 con -0.010 presentarán progenies con posición de mazorca más bajos en la planta y las líneas L5 con 0.016 y la línea L1 con 0.010 presentarán en su progenie plantas con la posición de mazorca más altas.

**Tabla 24:** Efecto de la aptitud combinatoria general para índice de inserción de mazorca durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Progenitores	Año		Promedio
	2017	2018	
L1	0.004	0.015	0.010
L2	0.002	0.003	0.003
L3	-0.011	-0.010	-0.010
L4	-0.021	-0.020	-0.020
L5	0.008	0.023	0.016
L6	0.007	-0.005	0.001
L7	0.010	-0.007	0.002

Con respecto a los efectos de la aptitud combinatoria específica (ACE) tabla 25 podemos indicar que las cruzas L7xL5 con 0.005, L2xL1 con 0.005, L7xL6 con 0.006, L7xL4 con 0.007 presentaran plantas con posición de la mazorca baja en la planta; mientras que las cruzas L6xL2 con 0.057, L7xL3 con 0.051, L5xL2 con 0.049 presentaran plantas con posición más alta en la planta.

En general se puede observar que las cruzas que presentan un menor efecto de ACE presentan mazorcas insertados cercanos al punto medio de la planta, en cambio los mayores efectos de ACE tienen una inserción de mazorca por encima del punto medio de la planta. El conocimiento de donde está insertado la mazorca en la planta es muy importante, porque

mazorcas ubicadas después del punto medio de la planta generan el acame o tumbado de plantas.

**Tabla 25:** Efecto de la aptitud combinatoria específica para índice de inserción de mazorca durante los años 2017 y 2018 y en promedio en la localidad de La Molina.

Cruzas	Año		Promedio
	2017	2018	
L2xL1	0.013	-0.002	0.005
L3xL1	0.021	0.034	0.028
L4xL1	0.011	0.028	0.020
L5xL1	0.053	0.028	0.040
L6xL1	0.018	0.009	0.014
L7xL1	0.044	0.031	0.038
L3xL2	0.020	0.029	0.025
L4xL2	0.040	0.033	0.037
L5xL2	0.045	0.053	0.049
L6xL2	0.063	0.051	0.057
L7xL2	0.036	0.010	0.023
L4xL3	0.033	0.053	0.043
L5xL3	0.017	0.040	0.028
L6xL3	0.002	0.021	0.011
L7xL3	0.055	0.046	0.051
L5xL4	0.007	0.017	0.012
L6xL4	0.006	0.021	0.013
L7xL4	-0.015	0.030	0.007
L6xL5	0.030	0.025	0.027
L7xL5	-0.007	0.017	0.005
L7xL6	-0.002	0.014	0.006

### 4.3 Análisis de la heterosis

La heterosis en promedio de los progenitores (h) se presenta en la tabla 26 y la heterobeltiosis (h') se presenta en la tabla 27.

Para la variable rendimiento de grano (RDTO) la heterosis varió de 169.24% a 518.29% la cruza L3xL2 con 518.29% presentó la mayor heterosis seguido por las cruzas L5xL3, L5xL4, L4xL3 con 445.29, 420.12, 419.89 % respectivamente; la heterobeltiosis vario de 123.22% a 508.41% la cruza L3xL2 con 508.41% presentó la mayor heterobeltiosis seguido por las cruzas L5xL3, L7xL3, L7xL2, L4xL3 con 369.04, 367.82, 358.06, 354.02% respectivamente. Para la variable días a floración masculina la mayor heterosis fue con la cruza L3xL2 con 1.11% y la mayor heterobeltiosis fue la cruza L4xL1 con -0.01%. La variable días a floración femenina la mayor heterosis promedio fue la cruza L4xL1 con -1.98% y la mayor heterobeltiosis con la cruza L6xL1 con -0.03%. Para altura de planta la mayor heterosis promedio fue con la cruza L7xL2 con 87.02% y la mayor heterobeltiosis con la cruza L4xL2 con 0.90%. Para altura de mazorca la mayor heterosis fue con la cruza L7xL2 con 126.87% y la mayor heterobeltiosis con la cruza L5xL2 con 1.16%. Para índice de inserción de mazorca la mayor heterosis fue con la cruza L6xL2 con 31.46% y la mayor heterobeltiosis con la cruza L6xL2 con 0.28% similar a la cruza L5xL1 con 0.28%.

**Tabla 26:** Heterosis en promedio de progenitores(h) expresado en porcentaje para rendimiento de grano (RDTO), días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta, altura de mazorca (AMZ), inserción de la mazorca (IMZ); en promedio de años 2017 y 2018 de las cruzas de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Cruza	RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
L2xL1	201.34	-2.84	-4.71	59.64	86.44	19.38
L3xL1	274.64	0.62	-4.31	44.02	78.87	24.82
L4xL1	169.24	0.35	-1.98	48.97	79.03	20.95
L5xL1	234.38	-1.38	-5.66	48.65	87.53	26.30
L6xL1	209.40	-0.69	-2.79	41.56	67.29	18.46
L7xL1	208.87	-2.95	-4.41	49.82	84.52	24.59
L3xL2	518.29	1.11	-7.59	64.07	108.81	28.58
L4xL2	316.93	1.00	-6.17	66.84	106.07	27.18
L5xL2	372.29	0.31	-6.07	72.57	119.19	29.58
L6xL2	342.95	0.28	-5.22	54.58	98.92	31.46
L7xL2	381.39	-2.59	-5.32	87.02	126.87	23.86
L4xL3	419.89	-2.82	-4.76	56.42	97.90	27.76
L5xL3	445.29	-3.39	-6.01	60.05	104.88	26.26
L6xL3	358.71	-3.59	-4.17	54.80	83.81	20.42
L7xL3	384.07	-4.58	-5.20	67.76	113.43	27.50
L5xL4	420.12	-1.28	-4.77	61.38	90.92	19.25
L6xL4	308.41	-2.13	-5.25	43.98	65.41	16.73
L7xL4	315.74	-2.81	-4.78	64.98	89.86	15.96
L6xL5	352.61	-1.55	-5.57	51.26	83.30	22.12
L7xL5	373.10	-3.49	-7.28	81.79	106.58	15.58
L7xL6	279.45	-3.23	-5.18	67.36	90.66	16.85

**Tabla 27:** Heterobeltiosis en promedio de progenitores ( $h'$ ) expresado en porcentaje para rendimiento de grano (RDTO), días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta, altura de mazorca (AMZ), inserción de la mazorca (IMZ); en promedio de años 2017 y 2018 de las cruzas de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Cruza	RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
L2xL1	127.15	-0.06	-0.06	0.48	0.70	0.15
L3xL1	179.37	-0.06	-0.07	0.44	0.69	0.18
L4xL1	123.22	-0.01	-0.04	0.42	0.78	0.15
L5xL1	126.37	-0.03	-0.08	0.36	0.74	0.28
L6xL1	166.50	-0.02	-0.03	0.34	0.58	0.18
L7xL1	125.23	-0.06	-0.06	0.20	0.49	0.24
L3xL2	508.41	-0.11	-0.12	0.53	1.01	0.26
L4xL2	269.25	-0.06	-0.09	0.90	0.87	0.25
L5xL2	300.81	-0.06	-0.09	0.70	1.16	0.24
L6xL2	277.03	-0.06	-0.06	0.36	0.73	0.28
L7xL2	358.06	-0.08	-0.06	0.59	0.99	0.20
L4xL3	354.02	-0.05	-0.06	0.49	0.86	0.27
L5xL3	369.04	-0.07	-0.07	0.47	1.00	0.18
L6xL3	285.29	-0.07	-0.08	0.46	0.65	0.15
L7xL3	367.82	-0.09	-0.10	0.35	0.81	0.20
L5xL4	299.92	-0.03	-0.04	0.42	0.76	0.12
L6xL4	290.16	-0.04	-0.08	0.43	0.57	0.12
L7xL4	252.65	-0.05	-0.08	0.28	0.53	0.10
L6xL5	237.13	-0.03	-0.08	0.32	0.61	0.20
L7xL5	319.20	-0.07	-0.11	0.57	0.78	0.15
L7xL6	210.06	-0.06	-0.06	0.29	0.48	0.16

La heterosis en promedio de progenitores y heterobeltiosis fueron positivos para rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca y índice de inserción de mazorca; en cambio se obtuvo valores negativos para días a floración masculina y femenina lo cual concuerda con (Sevilla y Chura, 1995; García, 2018).

#### 4.4 Análisis de los mejores genotipos

La cruza L3xL2 tuvo el mayor rendimiento de grano con 10.311 t ha<sup>-1</sup> esta cruza presentó la mayor heterosis promedio (h) con 518.28% y mayor heterobeltiosis (h') con 508.41%, también presentó el mayor efecto de aptitud combinatoria específica (ACE) con 3.322 y la línea L3 presentó un efecto de 0.329 de aptitud combinatoria general (ACG) y la línea L2 presentó un efecto de aptitud combinatoria general (ACG) de -0.111, al respecto diversos autores indican que una buena cruza de alto rendimiento no se da solo con líneas que tengan alto efecto de ACG sino también con líneas que tengan uno alto efecto de ACG y la otra línea bajo efecto de ACG. Caballero y Cervantes (1990), manifiestan “que al menos un progenitor debe expresar efecto positivo de ACG para que su cruza manifieste alto potencial de rendimiento de grano”; tal como ocurre con la cruza L3xL2 “cuando ambos progenitores presentan efectos positivos de ACG se espera que la cruza sea de alto potencial de rendimiento” (Reyes *et al.*, 2004). “Adicionalmente, se puede mencionar que no necesariamente el efecto de ACG de ambos progenitores debe ser positivos para que una cruza exprese alto rendimiento, concordando en este sentido algunos de los resultados obtenidos con lo señalado por” (Escorcía *et al.*, 2010).

Es semi precoz con 95 días de floración masculina y con un índice de inserción de mazorca de 0.53 cercano al punto medio de la planta y un tamaño de planta de porte intermedio con 216.1 cm la cruza L3xL2.

La cruza L4xL3 también presentó un alto rendimiento con 9.977 t ha<sup>-1</sup> ambas líneas presentaron efectos positivos de aptitud combinatoria general (ACG) donde la línea L3 tuvo un efecto de 0.329 y la línea L4 un efecto de 0.267; concordando con lo manifestado por (Reyes *et al.*, 2004) y su cruza presentó una aptitud combinatoria específica (ACE) de 2.721 y una heterosis promedio de 419.89 y su heterobeltiosis fue de 354.02.

## V. CONCLUSIONES

Con la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La aptitud combinatoria general (ACG) y la aptitud combinatoria específica (ACE) fueron muy importantes para todas las variables estudiadas. La aptitud combinatoria general (ACG) fue más importante para las variables días a floración masculina, días a floración femenina y altura de planta.
- Los híbridos de mayor rendimiento de grano presentaron líneas de alta ACG ambos y alta ACE o al menos una línea de alta ACG y alta ACE.
- Los híbridos más precoces fueron aquellas que presentaron ACG baja ambas líneas y baja ACE o al menos una línea con baja ACG y los híbridos tardíos fueron al contrario ambas líneas con alta ACG y ACE o al menos una línea con alta ACG y ACE.
- La craza L3xL2 obtuvo el mayor rendimiento de grano con  $10.111 \text{ t ha}^{-1}$ , y presentó el mayor efecto de ACE, heterosis en promedio de progenitores y heterobeltiosis.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda probar en más ambientes para tener mejores conclusiones sobre los genotipos estudiados

Probar las mejores cruzas simples en varios ambientes para ser difundido como una nueva variedad mejorada.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila PM, Rodríguez HS, Vázquez BM, Borrego EF, Lozano RA, López BA (2009) Aptitud combinatoria y efectos recíprocos en líneas endogámicas de maíz de valles altos del centro de México. *Agricultura Técnica en México* 35: 285 – 293
- Baker, R. J. 1978. Issues in diallel análisis. *Crop Sci.* 18 (4):533-536 p
- Burton G.W. 1980. Utilization of hybrid vigor. In D.R. Wood (ed.) *Crop Breeding* pp 89 - 107 Am. Soc. Agron. Madison, WI
- Caballero, H.F., y Cervantes, T. 1990. Estudio genético y taxonómico de poblaciones de maíz de la raza Tuxpeño. *Agrociencia* 1(2):43-64
- Cervantes-Ortiz, F., J. Hernández-Esparza, J.A. Rangel-Lucio, E. Andrio-Enríquez, M. Mendoza-Elos, G. Rodríguez-Pérez, et al. 2016. Aptitud combinatoria general y específica en la calidad de semilla de líneas S3 de maíz. *Rev. Fit. Mex.* 39(3):259-268.
- Cervantes-Ortiz, F.; Hernández-Esparza, J.; García-Rodríguez, J.; Rangel-Lucio, J.; Andrio-Enríquez, E.; Mendoza-Elos, M.; Rodríguez-Pérez, G. y Rodríguez-Mercado, D. 2018. Aptitud combinatoria general y específica de caracteres agronómicos en líneas de maíz (*Zea mays* L.) de baja endogamia. *Chilean journal of agricultural & animal sciences.* 34(1), 33-42 p
- Escorcía, G. L.; Molina, G. J. D.; Castillo, G. F. y Mejía, C. J. A. 2010. Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruas simples de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(3):271-279.

- Espitia Camacho, M. M., Vallejo Cabrera, F. A., & Baena García, D. (2006). Efectos heteróticos y habilidad combinatoria para el rendimiento por planta en Cucurbita moschata DUCH. Ex Poir. (U. N. Medellín, Ed.) Revista Facultad Nacional de Agronomía, 59(1), 3105-3121
- Fan, X. M., H. M. Chen, J. Tan, C. X. Xu, Y. D. Zhang, L. M. Luo, Y. X. Huang, and M. S. Kang. 2008. Combining abilities for yield and yield components in maize. Maydica 53: 39-46.
- Fan, X. M., Y. D. Zhang, W. H. Yao, Y. Q. Bi, L. Liu, H. M. Chen, and M.S. Kang. 2013. Reciprocal diallel crosses impact combining ability, variance estimation and heterotic group classification. Crop Sci. 54: 89-97
- García, V. 2018. Habilidad combinatoria y heterosis en cruzas de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la localidad de La Molina. Tesis Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 62p
- Gaytan, R. y Mayek, N. 2010. Heterosis en híbridos de cruzamientos entre progenitores de valles altos x tropicales. Investigación y Ciencia, 18(48),. 4-8 p
- Griffing, B. 1956. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems. Australian Journal of Biological Sciences, 9(4), 463 - 493.
- Hoegenmeyer, T.C.J; Hallauer, A.R. (1976). Selection among and within full-sib families to develop single crosses of maize. Crop Sci. 16:76-80.
- Lonquist, J. H., and Gardner; C. O. 1961. Heterosis in intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures. Crop Sci. 1(3): 179-183p

- Manjarrez, M., Palemón, F., Gómez, N., Espinosa, A., Rodríguez, S., Damián, A., Hernández, E., Cruz, B. 2014. Aptitud combinatoria general y específica de maíces normales y de alta calidad de proteína. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 5(7):1261–1273
- Márquez, .F. (1988). *Genotecnia Vegetal*. Tomo II. Primera edición. Editor AGT. México. 563 pp.
- Márquez, F. (1995). *Métodos de mejoramiento genético del maíz*. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición. México. 77p
- Mastache, L., y Martínez, A. 2003. Un algoritmo para el análisis, estimación y predicción de experimentos dialélicos balanceados. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:191-200
- Palemón, F., Gómez, N., Castillo, F., Ramírez, P., Molina, J., Miranda, S. 2012. Potencial productivo de cruzas intervarietales de maíz en la región semicálida de Guerrero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 3(1):157–171
- Paliwal, R. L. 2001. Introducción al maíz y su importancia. *El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción* (págs. 424).
- Paterniani E. 1973. Recent studies on heterosis. In: R .Moav (ed.) *Agricultural genetics* pp: 1 - 22. John Wileysons, New York
- Pohlman; J. M.y Sleper, D. A. (2003). *Mejoramiento genético de las cosechas*. Segunda edición. Traducción del inglés por Guzmán, M. y Hernández, M. A. México, Limusa. 511 p.
- 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.

- Rodríguez-Pérez, G., Zavala-García, F., Treviño-Ramírez, J., Ojeda-Zacarías, C., Mendoza-Elos, M., Rodríguez-Herrera, S. y Cervantes-Ortiz, F. 2016. Aptitud combinatoria y heterosis entre líneas de dos tipos de maíz para grano. *Interciencia*, 41(1):47-54
- Rodríguez-Pérez, G., Zavala-García, F., Treviño-Ramírez, J., Ojeda-Zacarías, C., Mendoza-Elos, M., Cervantes-Ortiz, F., Gámez-Vázquez, A., Andrio-Enríquez, E., Torres-Flores, J. 2019. Estimación de componentes genéticos en líneas endogámicas de maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia* 53(2): 245-258.
- Sánchez, C.A. (1971) Cruzas dialélicas de líneas S1 de la población perla de maíz para estimar aptitud combinatoria general y específica. Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Sevilla R., J. Chura. 1995. Germoplasma selecto de maíz de Latinoamérica para mejorar el rendimiento y otros caracteres agronómicos de los híbridos peruanos. En: III Reunión Latinoamericana y XVI Reunión de la Zona Andina de Investigadores en Maíz. 803-824p.
- Singh, R.K.; Chaudary, B.D. (1985). *Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers. New Delhi, India. 319 pp.
- Sprague, G. F. and Tatum, L.A. (1942). General vs specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron.* 34:923-932.
- Vallejo, C. F. y S. E Estrada. 2002. *Mejoramiento genético de plantas*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 402 p.
- Wilkes H G y Goodman M M. 1995. *Mystery and missing links: The origin of maize*. Maize Genetic Resources, Maize Program Special Report; Taba, S. (editor), México, DF, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)

- Zhang, S., X. Li., L. Yuan., M. Li., Z. Peng. 2002. Heterotic groups and exploitation of heterosis methodology, strategy, and use in hybrid maize breeding in china. *In*: Srinivasan G., P. H. Zaidi., B. M. Prasanna., F. Gonzalez and K. Lesnick. (ed.) Proceeding of the Eighth Asian Regional Maize Workshop. Bangkok, Thailand, 5-8 Agust. Mexico, D. F. CIMMYT. pp. 474-481

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1:** Análisis de variancia para rendimiento de grano (RDTO) en  $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2017 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Fuente de Variación	Cuadrados medios						
	GL	RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
Repeticiones	2	5.83 **	14.01	5.34 *	1104.47 **	451.91 **	0.001
Genotipos	29	20.67 **	43.98 *	36.27 **	5868.81 **	2372.48 **	0.008 **
Bloques	15	2.53 *	5.87	4.92 **	721.03 **	296.79 **	0.001
Error intrabloques	43	1.02	4.46	1.65	136.13	72.64	0.001
Total	89						
C.V.(%)		15.74	2.07	1.22	6.42	9.14	5.09
Promedio		6.41	102.22	105.09	181.80	93.28	0.504

\* significación al 0.05 de probabilidad; \*\* significación al 0.01 de probabilidad

**Anexo 2:** Análisis de variancia para rendimiento de grano(RDTO) en  $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Fuente de Variación	Cuadrados medios						
	GL	RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
Repeticiones	2	6.06 **	7.30 **	2.98	514.69 *	22.02	0.002
Genotipos	29	30.34 **	41.23 **	54.54 **	4680.19 **	2574.29 **	0.010 **
Bloques	15	3.18 **	1.97 *	2.31	208.44	123.88 *	0.002 *
Error intrabloques	43	0.98	0.99	1.68	134.42	61.40	0.001
Total	89						
C.V.(%)		13.31	1.06	1.34	5.64	7.09	5.26
Promedio		7.42	94.13	96.65	205.72	110.56	0.529

\* significación al 0.05 de probabilidad; \*\* significación al 0.01 de probabilidad

**Anexo 3:** Promedios para rendimiento de grano (RDTO) en t ha<sup>-1</sup>, días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); año 2017 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Genotipos	Rendimiento grano	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca	Índice inserción de mazorca
EXP-05	10.681	105	106	250.2	145.9	0.58
L3xL2	9.866	101	103	210.4	108.6	0.52
L6xL4	9.400	102	104	217.3	106.9	0.49
PM-213	9.302	104	107	208.7	120.4	0.58
L6xL2	8.637	100	102	209.5	119.8	0.57
L6xL1	8.526	103	104	203.0	105.9	0.52
L4xL3	8.509	105	107	219.3	109.8	0.50
L6xL3	8.315	105	107	220.7	109.6	0.49
L3xL1	8.048	106	107	186.1	93.6	0.51
L5xL4	7.821	103	107	216.8	107.7	0.50
L4xL2	7.702	101	103	222.6	114.0	0.52
L7xL4	7.466	101	103	187.5	89.2	0.47
L7xL3	7.206	102	104	181.2	99.4	0.55
L6xL5	7.203	102	104	197.3	108.6	0.55
L4xL1	6.951	106	108	206.7	101.0	0.49
L2xL1	6.911	99	102	205.6	104.0	0.51
L5xL1	6.646	102	104	179.1	100.9	0.56
L7xL6	6.556	99	100	199.6	103.2	0.52
L7xL1	6.458	98	101	158.5	88.6	0.56
L5xL3	6.418	105	106	193.2	100.8	0.52
L5xL2	6.306	98	103	189.8	103.7	0.55
L7xL2	6.224	90	100	188.4	104.5	0.55
L7xL5	5.484	98	101	173.9	88.5	0.51
L1	3.569	104	107	125.4	54.2	0.43
L6	2.715	105	107	147.7	68.6	0.46
L4	2.712	106	111	144.8	63.8	0.43
L3	1.952	111	112	125.5	52.4	0.41
L2	1.865	99	106	105.1	43.1	0.40
L7	1.499	103	105	69.9	32.8	0.46
L5	1.309	104	113	110.4	48.9	0.44
DLS 0.01	2.391	4.59	3.07	28.36	20.58	0.06
DLS 0.05	1.789	3.45	2.29	21.22	15.40	0.04

**Anexo 4:** Promedios para rendimiento de grano (RDTO) en t ha<sup>-1</sup>, días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); año 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Genotipos	Rendimiento grano	Floración masculina	Floración femenina	Altura de planta	Altura de mazorca	Índice inserción de mazorca
L4xL3	11.445	99	100	246.8	134.0	0.54
EXP-05	11.194	98	102	280.7	171.5	0.62
L3xL2	10.756	91	93	221.8	123.3	0.55
L3xL1	10.607	97	98	222.8	125.4	0.56
L6xL3	10.280	96	97	245.7	129.5	0.53
L5xL4	9.755	96	99	227.1	122.3	0.54
PM-213	9.571	97	100	232.1	140.4	0.60
L6xL2	9.559	89	91	225.9	130.1	0.57
L6xL4	9.430	94	95	238.1	121.1	0.51
L7xL2	9.302	89	90	200.0	107.2	0.54
L6xL1	9.270	95	96	224.8	123.4	0.54
L6xL5	9.067	93	95	223.5	124.9	0.56
L5xL3	8.973	97	99	223.0	130.3	0.57
L7xL1	8.582	90	93	183.4	104.6	0.57
L4xL2	8.526	91	93	242.0	130.6	0.54
L5xL1	8.470	93	96	208.8	123.6	0.60
L7xL6	8.408	90	92	211.2	111.1	0.54
L2xL1	8.257	91	92	216.5	116.0	0.54
L7xL3	8.145	95	96	200.0	109.3	0.54
L7xL4	8.033	92	95	212.2	111.1	0.53
L4xL1	7.955	96	98	238.7	131.9	0.55
L7xL5	7.348	90	92	197.4	107.9	0.55
L5xL2	7.280	91	94	225.2	133.7	0.60
L1	3.109	97	100	159.5	75.2	0.48
L6	2.111	96	97	171.8	76.1	0.44
L4	1.683	98	103	168.2	67.1	0.39
L7	1.562	92	95	101.6	47.3	0.44
L2	1.525	89	96	138.8	63.4	0.45
L3	1.330	105	108	157.5	63.2	0.40
L5	1.055	97	104	126.7	61.2	0.48
DLS 0.01	2.368	2.33	2.81	25.21	18.36	0.07
DLS 0.05	1.772	1.74	2.12	18.95	13.74	0.05

**Anexo 5:** Análisis de variancia de aptitud combinatoria para rendimiento de grano (RDTO) en  $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2017 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios					
		RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
Bloques	2	5.39 *	13.80	5.15	983.37 *	447.81 *	0.001
Cruzas	27	19.23 **	46.00 **	38.27 **	5546.01 **	2071.03 **	0.007 **
ACG	6	7.47 **	143.20 **	75.63 **	4139.69 **	745.54 **	0.003 **
ACE	21	22.59 **	18.23 **	27.60 **	5947.81 **	2449.75 **	0.008 **
Error	54	1.44	5.17	2.56	289.92	125.48	0.001
Total	83						
C.V.(%)		19.50	2.23	1.52	9.55	12.40	5.572
Promedio		6.16	102.06	104.98	178.31	90.32	0.498
ACG:ACE		0.40	0.94	0.85	0.58	0.38	0.46

\* significación al 0.05 de probabilidad; \*\* significación al 0.01 de probabilidad

**Anexo 6:** Análisis de variancia de aptitud combinatoria para rendimiento de grano(RDTO) en  $t\ ha^{-1}$ , días a floración masculina (FMAS), días a floración femenina (FFEM), altura de planta (APLT) en cm, altura de mazorca (AMZ) en cm, inserción de la mazorca (IMZ); durante el año 2018 de los genotipos de maíz amarillo duro. En la localidad de la Molina.

Fuente de variación	GL	RDTO	FMAS	FFEM	APLT	AMZ	IMZ
Bloques		6.87 *	5.51 *	1.86	423.96	12.76	0.002
Cruzas		30.37 **	40.87 **	53.15 **	4284.69 **	2238.90 **	0.009 **
ACG		4.07 *	148.61 **	144.13 **	4191.79 **	925.87 **	0.006 **
ACE		37.89 **	10.09 **	27.15 **	4311.24 **	2614.06 **	0.010 **
Error		1.57	1.28	1.70	138.75	81.02	0.001
Total							
C.V.(%)		17.39	1.20	1.35	5.83	8.38	6.023
Promedio		7.21	93.87	96.32	202.10	107.39	0.524
ACG:ACE		0.18	0.97	0.91	0.66	0.41	0.54

\* significación al 0.05 de probabilidad; \*\* significación al 0.01 de probabilidad