

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENÉTICO
DE PLANTAS**



**“HABILIDAD COMBINATORIA DE LÍNEAS FORÁNEAS DE
MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES
DE LA MOLINA”**

**Presentada por
ISABEL CHACMA AZAÑA**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN MEJORAMIENTO
GENÉTICO DE PLANTAS**

Lima – Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MEJORAMIENTO GENETICO
DE PLANTAS
“HABILIDAD COMBINATORIA DE LÍNEAS FORÁNEAS DE
MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) EN CONDICIONES
DE LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN MEJORAMIENTO
GENÉTICO DE PLANTAS**

**Presentada por
ISABEL CHACMA AZAÑA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Raúl Blas Sevillano
PRESIDENTE

Mg.Sc. Julián Chura Chuquiya
ASESOR

Dr. Félix Camarena Mayta
MIEMBRO

Mg.Sc. Amelia Huaranga Joaquín
MIEMBRO

DEDICATORIA

A

Isabella,

Gabriel y

Andrey

Gavancho,

que son los motores que impulsan mi vida

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Programa de Investigación y Proyección Social del Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por darme la oportunidad de realizar la presente investigación, brindándome todo el apoyo técnico en campo a través de su personal.

Al profesor Mg. Sc Jorge Nakahodo Nakahodo, quien me motivó a iniciar la investigación en maíz, a mi asesor Mg.Sc. Julian Chura Chuquiya, quien en todo momento me acompañó a lo largo de la investigación y siempre me alentó a seguir adelante, a los miembros del comité consejero, Dr. Félix Camarena Mayta, Mg. Sc Amelia Huaranga Joaquín y Dr. Raúl Blas por sus orientaciones y apoyo para la culminación de esta investigación. Al Dr. Javier Arias porque siempre confió en mi capacidad y me motivó a culminar mi investigación.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Conceptos clave.....	3
2.1.1. Cruzas dialélicas.....	3
2.1.2. Habilidad combinatoria.....	3
2.2. Investigaciones.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1. Localidad.....	11
3.2. Datos meteorológicos.....	11
3.3. Análisis de suelos.....	12
3.4. Material genético.....	13
3.5. Características en la parcela experimental.....	14
3.6. Labores agronómicas.....	14
3.7. Características a evaluar.....	15
3.7.1. Rendimiento de grano.....	15
3.7.2. Altura de planta.....	16
3.7.3. Altura de mazorca.....	16
3.7.4. Días de floración masculina.....	16
3.7.5. Determinación de las fallas.....	16
3.7.6. Determinación de porcentaje de humedad.....	17
3.8. Diseño experimental.....	17
3.9. Diseño genético.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. Análisis de varianza.....	22
4.1.1. Rendimiento de grano.....	22
4.1.2. Altura de planta.....	25
4.1.3. Altura de mazorca.....	27
4.1.4. Días de floración masculina.....	29
4.2. Análisis de la habilidad combinatoria.....	32
4.2.1. Rendimiento de grano.....	32
4.2.2. Altura de planta.....	36

4.2.3. Altura de mazorca.....	38
4.2.4. Días de floración masculina.....	42
V. CONCLUSIONES.....	45
VI. RECOMENDACIONES.....	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
VIII. ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Condiciones climáticas durante el año 2004 – La Molina.....	11
Tabla 2: Análisis de suelo del campo de Santa Rosa – La Molina.....	12
Tabla 3: Material genético proveniente del CIMMYT y obtenidos por PIPS de la UNALM en la campaña 2003.....	13
Tabla 4: Características de la parcela experimental.....	14
Tabla 5: Cálculo de falla por golpe en las plantas de maíz amarillo duro sembrado en el campo experimental Santa Rosa.....	17
Tabla 6: Esquema de análisis de variancia del diseño de látice triple 8x8.....	17
Tabla 7: Diagrama de cruzamientos dialélicos con nueve líneas seleccionadas por el Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en maíz.....	18
Tabla 8: Esquema de análisis de variancia de la habilidad combinatoria	19
Tabla 9: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectáreas alcanzados por los 64 genotipos evaluados	23
Tabla 10: Medias ajustadas según DLS para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectáreas alcanzados por los 64 genotipos evaluados.....	24
Tabla 11: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter altura de planta en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados.....	25
Tabla 12: Medias ajustadas según DLS para el carácter altura de planta en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados.....	26
Tabla 13: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter altura de mazorca en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados.....	27
Tabla 14: Medias ajustadas según DLS para el carácter altura de mazorca en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados.....	28
Tabla 15: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter días de floración masculina alcanzado por los 64 genotipos evaluados.....	30
Tabla 16: Medias ajustadas según DLS para el carácter días de floración masculina alcanzado por los 64 genotipos evaluados.....	31
Tabla 17: Cuadrado medio del análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para rendimiento de grano en toneladas por hectárea.....	33
Tabla 18: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las	

cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectáreas.....	34
Tabla 19: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectárea.....	35
Tabla 20: Análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para altura de planta en centímetros.....	36
Tabla 21: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de planta en centímetros.....	37
Tabla 22: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de planta en centímetros.....	38
Tabla 23: Cuadrado medio del análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para el carácter altura de mazorca en centímetros.....	39
Tabla 24: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de mazorca en centímetros.....	40
Tabla 25: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de mazorca en centímetros.....	41
Tabla 26: Análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para días de floración masculina	42
Tabla 27: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter días de floración masculina	43
Tabla 28: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter días de floración masculina.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Genotipo según entrada y número de repetición del material experimental.....	53
Anexo 2: Fechas de aplicación de insecticida, abonamiento, riego, deshierba, herbicida y deshije.....	54
Anexo 3: IV Censo Nacional Agropecuario 2012. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática.....	55
Anexo 4: Campo Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicado en el distrito de La Molina, provincia de Lima, departamento de Lima.....	56
Anexo 5: Polinización de los estigmas con polen seleccionado.....	57

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objetivo determinar la habilidad combinatoria general y específica del maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en la localidad de La Molina en la campaña 2004. Se trabajó con 11 líneas endocriadas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT, las cuales fueron seleccionadas con un probador. Las características estudiadas fueron: rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca y días de floración masculina. Los genotipos se evaluaron con el diseño experimental látice triple 8x8. El material genético estuvo constituido por 52 híbridos simples, seis híbridos dobles experimentales y seis híbridos comerciales. El análisis de la HCG y HCE, se realizó con 36 híbridos simples producto de nueve líneas, se aplicó el método IV de Griffing, modelo I, que analiza sólo las cruzas directas. Las cruzas 7x2, 7x18 y 7x22 manifestaron los mayores rendimientos de grano. En el análisis de las cruzas dialélicas se determinó que la HCG fue más importante para altura de planta y mazorca, la HCE fue más importante para todas las características estudiadas. La línea siete expresó la mayor HCG para rendimiento de grano, así mismo, esta línea al combinarse con líneas de baja HCG expresaron los mejores rendimientos de grano. La mayor HCE se presentó en las cruzas 9x18, 9x12 y 7x2. En conclusión, existe una alta probabilidad que la línea siete exprese un alto rendimiento de grano y pueda ser utilizada en programas de mejoramiento.

Palabras claves: Habilidad combinatoria general y específica, maíz amarillo.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the general (GCA) and specific combining ability (SCA) of hard yellow corn (*Zea mays L.*) in the district of La Molina in the 2004 campaign. The eleven inbreeding lines from the International Corn and Wheat Center CIMMYT were selected with an tester . The characteristics studied were grain yield, plant height, corncob height and days of male flowering. The genotypes were evaluated under the 8x8 triple lattice design. The genetic material was constituted by 52 simple hybrids, six experimental double hybrids and six commercial hybrids. The analysis of the GCA and SCA was carried out with 36 simple hybrids product of nine lines, the method IV of Griffing, model I, was applied, analyzing only the direct crosses. In the analysis of the diallelic crosses it was determined that the GCA was more significant for plant and corncob height and the SCA was significant for all characteristics. Line seven expressed the highest GCA for grain yield, as well, this line when combined with other lines of low GCA expressed the best grain yield. The highest SCA was present in the crossings 9x18, 9x12 y 7x2. In Conclusion, there is a high probability that the line seven can show a high grain yield and be used inbreeding programs.

Key words: General and specific combinatorial skill, yellow corn.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el maíz amarillo duro tiene gran importancia económica y social, porque es materia prima básica para la industria avícola, porcina y ganadera, brinda ocupación directa e indirecta a un gran número de personas, y es uno de los cultivos de mayor hectariaje. El INEI (2012), publicó en el IV Censo Nacional Agropecuario que, el cultivo de maíz amarillo duro abarcó un área de 271 734 ha, el Ministerio de agricultura y Riego (2019), en la Encuesta Nacional de Intensiones de Siembra 2019 (ENIS), publicó que en la campaña agrícola 2017-2018, el cultivo abarcó un área de 265 259 ha, 2018-2019 abarcó 263 186 ha y 2019-2020 la intensidad de siembra sería de 273 030 ha.

Desde los años 70, la demanda del maíz amarillo duro ha ido incrementándose, dando lugar a que la producción peruana no pueda cambiar dicha demanda, teniéndose que recurrir a la importación. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2019), el Sistema de Información de Abastecimiento y Precios (SISAP) en noviembre 2018, publicó que la importación de maíz amarillo duro se realizó de Argentina 2,082,515 t, de EE.UU. 1,216,146 t, de Brasil 13,428 t y otros 2,932 t. Sin embargo, cabe resaltar que las importaciones también generan competencias que muchas veces afecta al agricultor nacional.

Frente a esta situación, se debe y se tiene que buscar soluciones que contribuyan a mejorar la producción de maíz amarillo duro. Por ejemplo, el gobierno debe apoyar a los pequeños y medianos agricultores brindando capacitación y créditos para la adquisición de semillas mejoradas para hacer más eficiente la producción y comercialización, logrando así un mejor producto, así mismo, los centros de investigación tienen una responsabilidad intrínseca continua en la búsqueda de nuevas especies mejoradas con características que permitan al maíz amarillo duro competir en el mercado internacional, según MacRobert et al (2015) “la semilla del maíz híbrido proporciona a los agricultores variedades con características genéticas mejoradas y alto potencial de rendimiento”.

En los últimos años, las empresas privadas han introducido híbridos foráneos con características como el menor porte de planta y con un buen rendimiento. El Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), está en la búsqueda de híbridos superiores y de alto rendimiento de porte medio a bajo.

El PIPS en Maíz tiene como uno de sus objetivos el desarrollo de híbridos de mayor potencial y rendimiento, de manera que a través de ello se puede incrementar la productividad y traer mayor beneficio al agricultor y por ende a todos los peruanos.

La bondad de un híbrido depende de las líneas que lo originan, razón por la cual es necesario desarrollar nuevas líneas o utilizar nuevas líneas que proporcionen al híbrido esa mayor capacidad productiva. En la actualidad, el PIPS en Maíz dispone de un conjunto de líneas endocriadas introducidas por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), las cuales han sido previamente evaluadas y posteriormente con las mejores líneas se han formado híbridos de alto rendimiento.

En la presente investigación se quiere identificar a los mejores híbridos a través de cruza simples determinando la habilidad combinatoria general y específica con respecto a las variables rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca y días de floración masculina.

El objetivo general de la investigación es determinar el efecto de la habilidad combinatoria de nueve líneas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

El objetivo específico es identificar las mejores líneas por su habilidad combinatoria general y su habilidad combinatoria específica con respecto a las características de altura de planta, altura de mazorca, rendimiento de grano y días de floración masculina.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CONCEPTOS CLAVE

2.1.1. Cruzas dialélicas

Los métodos de mejoramiento que se aplican para obtener mejores rendimientos de maíz amarillo duro, dependerán de los resultados del análisis genético, por ello es muy importante elegir el diseño genético apropiado.

Las cruzas dialélicas son todas aquellas cruzas simples, inversas o recíprocas que se puede obtener al combinar líneas puras entre sí. Robles (1991), también lo define de manera similar.

Según Griffing (1956) el cruzamiento dialélico genera un máximo de combinaciones p^2 , siendo una limitación el número de progenitores elegidos con los que se realizará las cruzas, Según Vallejo y Estrada (2002), cuando $p=10$, $p=15$ o $p=20$, sin incluir a los recíprocos, se produce 45, 105 o 190 respectivamente, por ello generalmente, el número de progenitores no es mayor de diez.

Hay cuatro métodos propuestos por Griffing (1956) “(1) incluye a los padres, el conjunto de F_1 's y recíproco F_1 's (todas las p^2 combinaciones); (2) incluye a los padres y un conjunto de F_1 's, pero no a las F_1 recíprocas ($\frac{1}{2} p(p+1)$ combinaciones); (3) incluye un conjunto de F_1 's y sus recíprocos pero no a los padres ($\frac{1}{2} p(p+1)$ combinaciones) y (4) incluye un conjunto de F_1 's, pero no los padres ni los F_1 recíprocos ($\frac{1}{2} p(p+1)$ combinaciones)”.

2.1.2. Habilidad combinatoria

La habilidad combinatoria es aquella que permite la transmisión de caracteres promisorios a los descendientes. Los términos de habilidad combinatoria general y específica, fue acuñado por Sprague y Tatum (1942).

La habilidad combinatoria general, descifra el performance promedio de un progenitor en combinaciones híbridas (g_i, g_j), según Cueto (1999), ello se debe a los “efectos génicos aditivos, siendo la estimación de la cuantía de los efectos de los genes de acción aditiva”.

La habilidad combinatoria específica descifra e identifica los casos en que algunas combinaciones pudieran ser óptimas o ser deficientes en base a la performance promedio de sus progenitores (s_{ij}), según Rojas y Sprague (1952), la habilidad combinatoria específica se debe a la influencia de los efectos de la “dominancia, la epistasis y los efectos de interacción”.

2.2. INVESTIGACIONES

Hay una gran variedad de investigaciones realizadas que constituyen los antecedentes de la presente investigación.

Según Sprague y Tatum (1942) definen los términos de capacidad combinatoria general, como el “comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas y la capacidad combinatoria específica como el caso en el que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de los que debería esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas consideradas”.

Rojas y Sprague (1952) explican que la habilidad combinatoria general y específica a partir de las variancias y de la acción génica, determinan que la variancia genética aditiva influye en la capacidad combinatoria general y la variancia por dominancia y epistasis influye en la capacidad combinatoria específica.

Sánchez (1971) realizó un trabajo sobre cruza dialélicas de líneas S_1 para poder estimar la aptitud combinatoria general y específica en cruce con siete líneas. El diseño aplicado fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Concluyó que la variancia para la aptitud combinatoria específica fue mayor que la aptitud combinatoria general porque la población fue sometida a pruebas de selección. La acción génica aditiva predominó en la aptitud combinatoria general y los efectos no aditivos incidieron en la aptitud combinatoria específica.

Nakahodo (1983) evaluó la habilidad combinatoria general y específica de la línea S₁ de dos compuestos de maíz amarillo, por selección recurrente recíproca. El diseño experimental utilizado fue de Látice simple duplicado 8x8. demostrando que la habilidad combinatoria general resultó ser más importante en la línea del compuesto PMC-2 de cruzas intra-poblacionales y la habilidad combinatoria específica fue más importante en la línea del compuesto PMC-3. Los efectos específicos en las cruzas inter-poblacionales fueron más importantes con respecto al grupo de cruzas no pareadas. El PMC-2 demostró mayor estabilidad a través de sus cruzas con respecto a los años, en comparación del MPC-3 que presentó alta interacción.

Mejía (1985) evaluó la habilidad combinatoria para determinar el rendimiento de grano de las líneas S₁ en dos cultivares de maíz amarillo de los compuestos PMC-1 y PMC-3 en las localidades de Virú, La Molina y Cañete, Utilizó 49 híbridos simples y agregó siete híbridos comerciales de testigos, su diseño fue un látice triple rectangular 7x8, demostró que la interacción fue alta para los genotipos, así como la habilidad combinatoria general y específica en cada una de las localidades, también determinó que la habilidad combinatoria específica tuvo mayor contribución que la general.

Guarda (1990) evaluó la habilidad combinatoria general de plantas So de dos grupos, del compuesto PMC-861 y del sintético DNS-6 en la localidad de Huaral y La Molina, dentro de un proceso de selección recurrente recíproca, aplicó el diseño de látice simple duplicado 6x6, concluyó que si encontró diferencias significativas para la habilidad combinatoria general para el sintético DNS-6 y del compuesto PMC-861 para las características de altura de planta, rendimiento de grano, altura de mazorca y humedad de grano, por otro lado también determinó que la interacción por localidades no resultó significativa en ninguno de los grupos, la plantas con mejor habilidad combinatoria general para rendimiento de grano provinieron del sintético DNS-6.

Chura (1992) investigó el comportamiento de líneas S₁ de dos compuestos de maíz amarillo duro en combinaciones híbridas en Costa Central, donde estableció diferencias genéticas entre cruzas simples en los grupos que intervinieron de las líneas de PMC-2 y PMC-3, atribuyendo estas diferencias a los efectos de la habilidad combinatoria específica de los progenitores, también, determinó el valor de la contribución de la variabilidad fenotípica y

de la interacción genotipo por localidad para las cruzas simples para las características rendimiento de grano, altura de planta y altura de mazorca. En conclusión, la habilidad combinatoria específica fue más importante para rendimiento de grano y para la habilidad combinatoria general, fue más importante para las características, altura de planta y altura de mazorca.

Noldín (2004) determinó la habilidad combinatoria general y específica en siete híbridos comerciales de maíz en tres localidades, a través del método II modelo I de Griffing. El diseño utilizado fue el de bloque completo al azar con tres repeticiones. Concluyó que no hay diferencias significativas entre los híbridos para la habilidad combinatoria general ni para la habilidad combinatoria específica, así como para la interacción en localidades. También determinó que algunas cruzas presentaban rendimiento superior al promedio de los híbridos y al mejor híbrido. El híbrido AG 8080 manifestó la mayor habilidad combinatoria general y el híbrido DK 834 manifestó la mayor habilidad combinatoria específica y además transmitió su potencial a la F_1 uniformemente, lo cual constituiría el mejor híbrido para un programa de mejoramiento.

Sánchez (2009) evaluó 90 híbridos en dos ambientes y en dos campañas, con el propósito de averiguar el comportamiento y la contribución de los efectos genéticos en tres características: altura de planta, altura de mazorca y rendimiento de grano. Llegando a la conclusión que en las tres características de estudio encontró significativa interacción genotipo por ambiente. Luego determinó que la HCG fue más importante que la HCE para la característica rendimiento de grano. Del total de la población sólo ocho híbridos dobles resultaron superiores al híbrido comercial PM-212 con respecto a altura de planta y altura de mazorca.

Silva et al. (2009) investigaron sobre las características agronómicas y morfológicas en diferentes fechas de siembra para cinco líneas de maíz amarillo duro, aplicaron el diseño de bloque completo al azar, las características de estudio fueron rendimiento de grano, floración masculina y femenina, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hileras. Los resultados expresaron que las variables se vieron más afectadas en enero y julio, los días de floración más corto corresponde a noviembre y los más largos a julio. Por otro lado, la fecha de siembra no afectó al número de hileras ni diámetro de mazorca.

Recomendaron que las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# y 92 y POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# sean utilizadas en un programa de mejoramiento por su alto rendimiento y porte de planta debido a la superioridad que mostraron frente a las líneas CML-451, CML-287 y CL-02450.

Ramírez (2011) investigó sobre la habilidad combinatoria específica del producto de las cruzas del maíz compuesto PMC-864 y PMC-701. Utilizó el diseño de látice 5x5 con cuatro repeticiones en dos localidades, las características evaluadas fueron rendimiento de grano y densidad de siembra. Los resultados dieron a conocer que si existe variación en la habilidad combinatoria específica por parte de las líneas S₁, la habilidad combinatoria específica fue afectada en mayor o menor grado por la interacción genética y el ambiente y finalmente no se encontró superioridad estadística en el rendimiento de grano con respecto a los mejores testigos.

Huanuqueño (2013) estudió ocho poblaciones de maíz provistos por el CIMMYT en cruzas con un probador en cuatro ambientes diferentes, utilizó el diseño de bloque completo al azar. Llegó a la conclusión que algunas cruzas tuvieron rendimientos parecidos a las del mejor testigo y además superaron al mejor progenitor. Se obtuvo efectos positivos en la habilidad combinatoria específica en todas las cruzas para el carácter rendimiento de grano, grano por mazorca, peso de granos, diámetros de mazorca, entre otras. Se obtuvo habilidad combinatoria específica negativa para todas las cruzas en altura de mazorca y días de floración masculina y femenina.

Chura y Tejada (2014) Evaluaron 16 híbridos de maíz amarillo duro con el objetivo de identificar a aquellos con el más alto rendimiento, a los más precoces en floración masculina, al de mayor peso, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, altura de planta, granos por hilera. Por lo que concluyeron que el D-808 presentó el más alto rendimiento y menor altura de planta y mazorca, seguido por el M-8480 y BG-9621. Sin embargo, el híbrido que reunió la mayor cantidad de características deseadas fue el BF-9719, seguido por el 9417.

Rodríguez et al. (2016) realizaron investigación sobre la aptitud combinatoria general y específica, y la heterosis en siete líneas, aplicaron el diseño III de Griffing, las características que estudiaron fueron: rendimiento de grano, altura de planta, floración femenina. Encontraron variabilidad en las cruzas directas y recíprocas para rendimiento de grano que fue atribuido a la ACG, donde las líneas PA-1, PA-3, L-6 y L7 manifestaron efectos aditivos no solo para rendimiento sino también para las otras características, así mismo las líneas PA-1xPA-4, PA-1xL-6 y PA2xPA-5, también presentaron ACE sobresaliente. En conclusión, presentaron mayor grado de dominancia las cruzas directas y mayor heredabilidad las cruzas recíprocas.

Bisen et al (2017). Estimaron la aptitud combinatoria general y específica en 45 híbridos simples en 10 líneas endogámicas de maíz y 4 líneas de control, bajo el diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las características estudiadas estuvieron en función al rendimiento y calidad de grano, contenido de aceite, contenido de almidón, contenido de triptófano y lisina, etc. El análisis dialélico aplicado correspondió al método II de Griffing, modelo que excluye a los recíprocos. El análisis de varianza dio para ACG y ACE significativo para todos los caracteres estudiados. Los híbridos producto de las cruzas de líneas 6 y 8 expresaron la mejor ACE para rendimiento de grano. La acción génica aditiva resultó ser más significativa para rendimiento de grano sugiriéndose realizar métodos de selección recurrente.

Caicedo et al. (2017) investigaron sobre la aptitud combinatoria general y específica en líneas puras de maíz amarillo duro en tres ambientes de la costa de Ecuador. Trabajaron con 35 líneas S_4 de las cuales 32 eran femeninas y sólo tres masculinas con una consanguinidad que superaba el 80 por ciento. Aplicaron el método IV de Griffing, modelo I. Las características de estudio fueron floración masculina, acame de tallo y raíz, altura de planta, altura de mazorca, cobertura, pudrición, aspecto de la mazorca y rendimiento de grano. Concluyeron que existió variabilidad genética para la característica rendimiento de grano con respecto a los progenitores masculino y femenino. La línea CML-171-5 presentó la mayor ACG y las líneas CML-171-5 x L-1-2-11-7 B-520 y CML-171-5xL-237-2-1-3 presentaron la mayor ACE.

Guzmán et al. (2017) Estimaron aptitud combinatoria general, específica y heterosis en seis líneas de maíz, con tres repeticiones. Evaluaron, rendimiento de grano, floración masculina y femenina, cobertura y pudrición de mazorca. Determinaron que si existe variabilidad para las características de estudio. Para rendimiento de grano, las líneas S07TLYAB-2 y S07TLYAB-1 manifestaron mejor ACG y las cruzas S07TLYAB-1/S07TLYAB-2, S07TLYAB-/S03TLYQAB-05 y S07TLYAB-2/S03TLYQAB-03 mejor ACE, así mismo presentaron mayor heterosis; por lo tanto, se concluye que la investigación manifiesta genotipos potenciales que podrían generar nuevas variedades.

Sánchez et al. (2017) evaluaron 10 líneas de maíz (S_6 - S_8) a través de combinaciones simples para determinar la aptitud combinatoria, los efectos maternos y el tipo de acción génica de las cruzas en Tecámac y Montecillo, en Estado de México, y en Mixquiahuala, Estado de Hidalgo Valles Altos. El diseño aplicado fue el de látice simple 10x10. El análisis genético se realizó a través del método I de Griffing y modelo I. Las líneas 5, 6, 8, 9 y 10 presentaron mayor ACG presentando contraste para rendimiento de grano. Hubo predominancia de la ACE sobre la ACG, por lo que, dentro de un programa de mejoramiento, se consideró que un sistema de hibridación sería lo más apropiado. No se observó efecto materno por lo que las semillas podrían ser utilizadas como macho o hembra de manera indistinta. El mayor potencial para producción de semilla se observó en los valles altos del Centro de México.

Cervantes et al. (2018) investigaron sobre los caracteres agronómicos en líneas S_3 de maíz de baja endogamia y la aptitud combinatoria general y específica para altura de planta, días de floración, madurez fisiológica, rendimiento de campo, entre otros; para diferentes fechas de siembra. Concluyeron que la ACG fue predominante sobre la ACE para todas las características excepto para rendimiento y aspecto general de planta. Al manifestarse efectos recíprocos, hicieron hincapié en la selección del progenitor femenino para altura de planta, floración y aspecto general de planta. La línea TNM-5 manifestó la más alta ACG, luego el TNM-4, por lo que proponen que estas líneas continúen un proceso de mejoramiento y sean usadas en un programa de hibridación por selección recurrente con la finalidad de incrementar la frecuencia aditiva.

García (2018) investigó sobre la habilidad combinatoria general y específica del maíz amarillo, así como la heterosis en seis líneas provenientes del CIMMYT, en total trabajo con

21 genotipos en dos campañas analizando las variables: altura de planta, altura de mazorca, floración masculina y femenina y rendimiento de grano. Los resultados mostraron para floración masculina por años, mayor interacción de la HCG y para días de floración femenina mayor interacción para HCE. En general, el mayor efecto de HCG para rendimiento de grano lo presentaron las líneas CML-229 y CML-428, por otro lado, altura de planta, altura de mazorca y días de floración masculina presentaron mayor HCE para la línea CML-487.

Núñez et al (2019) Investigaron los efectos genéticos y el efecto materno de los componentes nutrimentales como aceite, proteínas, almidón, cenizas y ácido fítico, a través de 20 cruza simples en cinco líneas endogámicas de maíz (*Zea mays L.*) en la Universidad Autónoma de Chapingo. Se trabajó bajo el diseño de bloques completo al azar con cuatro repeticiones. El análisis genético se realizó bajo el diseño dialélico método I de Griffing. La HCG resultó obtener menor variación genética a comparación de la HCE, es decir los efectos no aditivos tuvieron mayor predominio sobre los aditivos. Por lo tanto, existe un alto potencial genético para la calidad alimenticia en la producción de maíz. Las líneas presentaron mayor efecto no aditivo para contenido de almidón, por lo que podría utilizarse dentro de un programa de mejoramiento para la formación de híbridos, mientras que para contenido de cenizas tendría que utilizarse por selección.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIDAD

El lugar donde se experimentó fue, el campo Santa Rosa 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 238 msnm, a una latitud sur 12°05'06'' y una longitud oeste de 76°59'07''.

3.2. DATOS METEOROLÓGICOS

Tabla 1: Condiciones climáticas durante el año 2004 – La Molina

Meses	Temperatura promedio (°C)	Precipitación acumulada (mm)	Humedad relativa promedio (%)
Mayo	19.2	0.5	82.5
Junio	16.1	3.8	90.5
Julio	16.2	1.3	88.0
Agosto	16.1	1.5	88.5
Setiembre	17.3	0.8	87.3
Octubre	18.2	1.0	85.1
Noviembre	22.1	0.0	81.2
Promedio	17.9	1.3	86.2

FUENTE: Observatorio Meteorológico Alexander von Humboldt. (2004)

Las condiciones climáticas para la realización del experimento estuvieron dentro de los rangos establecidos. En la tabla 1 se observa que la temperatura promedio fue de 17.9°C, según Lafitte (2001) “una temperatura media estacional cerca de 16,5 dio buenos rendimientos en maíz, en zonas bajas como altas”, sin embargo, según Hidalgo (2013) la temperatura debe oscilar entre 20 y 30 °C. La precipitación acumulada fue de 1.3 mm y la

humedad relativa fue de 86.2 por ciento.

3.3. ANÁLISIS DE SUELOS

El suelo del campo Santa Rosa no presentó problemas de salinidad, ni pH ya que es ligeramente alcalino, según Lafitte (2001) cuando la C.E supera el 2.5 mS/cm (2.5 dS/m) existe 10 por ciento de pérdida en rendimiento. Por otro lado, existió cierto nivel de desbalance entre la cantidad de cationes, así como un bajo nivel de materia orgánica. Los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2: Análisis de suelo del campo de Santa Rosa – La Molina

Características	Valor	Unidad
Análisis mecánico		
Arcilla	22.00	%
Arena	48.00	%
Limo	30.00	%
Análisis químico		
pH (1:1)	7.60	
CE (1:1)	0.35	dS/m
CaCO ₃	2.20	%
M.O.	1.50	%
P	8.50	ppm
K	227.00	ppm
C. l. C.	12.80	Meq/100g
Ca ⁺²	11.08	Meq/100g
Mg ⁺²	0.58	Meq/100g
K ⁺¹	0.27	Meq/100g
Na ⁺¹	0.19	Meq/100g
AL ⁺³ + H ⁺¹	0.00	Meq/100g

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelos, plantas y aguas. UNALM – Facultad de Agronomía

3.4. MATERIAL GENÉTICO

El material genético utilizado fue obtenido por el Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en la campaña 2003, en base a líneas endocriadas de maíz amarillo duro provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) seleccionadas por su alto comportamiento.

Con las 11 líneas se hizo un cruzamiento dialélico, de las que sólo se pudo obtener 52 cruzas o híbridos simples de las 55 posibles que junto con 6 híbridos dobles experimentales y 6 híbridos dobles comerciales constituyeron el material genético evaluado en el presente trabajo.

Para el análisis de la habilidad combinatoria sólo se tomó en cuenta a las 36 cruzas o híbridos simples producto del cruzamiento dialélico de nueve líneas de las 11 líneas provenientes del CIMMYT.

Tabla 3: Material genético proveniente del CIMMYT y obtenidos por PIPS de la UNALM en la campaña 2003

Cruzas simples			Híbridos simples adicionales		Híbridos dobles experimentales	Híbridos dobles comerciales
2x6	6x13	9x18	20x2	24x2	(20x12)x♀302	PM-212
2x7	6x18	9x22	20x6	24x6	(20x11)x♂212	PM-702
2x9	6x22	11x12	20x7	24x9	(12x11)x♂302	C-701
2x11	7x9	11x13	20x11	24x11	(18x11)x♂212	AG-612
2x12	7x11	11x18	20x12	24x12	(12x11)x♂212	DK-834
2x13	7x12	11x22	20x13	24x18	(17x6)x♀302	INIA-605
2x18	7x13	12x13	20x18	24x20		
2x22	7x18	12x18	20x22	24x22		
6x7	7x22	12x22				
6x9	9x11	13x18				
6x11	9x12	13x22				
6x12	9x13	18x22				

Fuente: Elaboración propia.

El total de tratamientos o genotipos fue de 64, evaluados bajo un diseño experimental de látice triple 8x8. En el anexo 1, se presentan todos los genotipos empleados.

3.5. CARACTERÍSTICAS EN LA PARCELA EXPERIMENTAL

La parcela experimental estuvo formada por dos surcos, donde cada surco tenía un largo de 4.4 metros y la distancia entre surco y surco fue de 0.8 metros. Así mismo, el número de golpes por surco fue de 11 y la distancia entre golpe y golpe fue de 0.4 metros.

Tabla 4: Características de la parcela experimental

Características	Valor	Unidad
Número de surcos por parcela o tratamiento	2	
Número de semillas por golpe	3	
Número de parcelas	64	
Número de golpes por surco	11	
Número de golpes por parcela	22	
Número de plantas/golpe	2	
Distancias entre surco	0.8	m
Distancia entre golpe	0.4	m
Área neta por cada golpe	0.32	m ²
Longitud de surco	4.4	m
Densidad de la siembra	62 500	Plantas/ha

Fuente: Elaboración propia.

3.6. LABORES AGRONÓMICAS

La siembra fue manual y se realizó el 5 de mayo del 2004, previo a ello se realizó el riego Machaco, para que el suelo pueda retener la mayor cantidad de agua posible, luego se hizo el arado, pasando la rastra y surcando a 0.80 m. La siembra se realizó con ayuda de un cordel sembrador y lampa, colocando tres semillas en cada golpe.

El riego fue por gravedad con agua del río Rímac, se realizó en cuatro momentos porque el sembrado se realizó en invierno.

El abonamiento se determinó en función al análisis de suelo, y se aplicó en forma fraccionada, utilizándose la fórmula 160-80-80. En el primer abonamiento, se incorporó la mitad de urea (46 % N), todo el fosfato diamónico (18% N y 46% P₂O₅) y el cloruro de potasio (60 % K₂O), lo restante de urea se incorporó en el segundo abonamiento.

El control de maleza se realizó de forma manual en cuatro ocasiones, para evitar competencia de nutrientes, agua o espacio, así mismo, también se aplicó 1 litro por cilindro de Atrazina en tres ocasiones por ser un herbicida que inhibe la fotosíntesis de la maleza.

El control de insectos se realizó con 250 ml por cilindro de insecticida Karate (25 g lambdacialotrina) por su amplio espectro de acción; fue aplicado en cuatro momentos del cultivo. Durante la etapa de floración se utilizó 10 k/ha Dipterex 80 soluble (80% triclorfon) para controlar al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

La cosecha se realizó de manera manual el 22 de noviembre, recolectando las mazorcas para luego ser desgranadas. En el anexo 2, se presentan las fechas respectivas.

3.7. CARACTERÍSTICAS A EVALUAR

Se realizó la identificación de los genotipos y su respectivo etiquetado, evaluándose las siguientes características.

3.7.1. Rendimiento de grano

El peso se midió de las mazorcas cosechadas en cada una de las parcelas en campo, tomando en cuenta el número de plantas perdidas (fallas), la humedad que presentó el grano en el momento de la cosecha y el porcentaje de desgrane. Así mismo, se aplicó la fórmula:

$$\text{Rdto} = \text{PC} \times \text{Ff} \times \text{Fh} \times \% \text{ desgrane} \times 0.971$$

Donde:

Rdto: rendimiento

PC: peso de mazorca en campo

Ff: factor para corregir las fallas por pérdida de plantas

Fh: factor de ajuste de humedad

0.971 factor de ajuste por efecto de borde o contorno

Para poder aplicar la fórmula anterior, primeramente, se calculó el factor de ajuste por pérdidas (Ff), luego el factor de ajuste para humedad al 14 % (Fh), luego el porcentaje de desgrane y finalmente se multiplicó por el factor de ajuste por efecto de borde. Se aplicaron las siguientes fórmulas:

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

$$Fh = \frac{100 - \% \text{ de humedad del peso a la cosecha}}{100 - 14 \%}$$

$$\text{Desgrane} = \frac{\text{Peso de grano}}{\text{peso de mazorca}}$$

3.7.2. Altura de planta

Se tomó al azar 10 plantas de cada una de las parcelas, luego desde la base de la planta hasta el punto donde se ramifica la panoja, se midió la altura de planta.

3.7.3. Altura de mazorca

La altura de mazorca se realizó con las mismas plantas donde se midió la altura de planta. Para ello se midió desde la base de la planta de maíz, hasta el nudo donde nace la mazorca superior.

3.7.4. Días de floración masculina

Los días de floración masculina estuvieron comprendidos por los días transcurridos desde el momento de la siembra hasta que el 50 por ciento de las plantas empezaron la emisión de polen.

3.7.5. Determinación de las fallas

Se determinó contabilizando el número de plantas falladas por cada golpe durante la cosecha, tal como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5: Cálculo de falla por golpe en las plantas de maíz amarillo duro sembrado en el campo experimental Santa Rosa

Número de platas / golpe	Falla
0	1.0
1	0.5
2	0.0

3.7.6. Determinación de porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad se determinó a través de la toma al azar de 10 mazorca de cada una de las parcelas, luego se procedió al desgranaje solo de tres hileras de cada mazorca, se mezcló y se procedió a colocar 250 gramos de granos enteros en el equipo medidor de humedad Burrows digital Moistere Computer 700.

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

El análisis estadístico se realizó a través de la aplicación del diseño de látice triple 8x8, para las variables de estudio como: rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca y días de floración masculina.

Tabla 6: Esquema de análisis de variancia del diseño de látice triple 8x8

Fuente de variación		Grado de libertad
Repeticiones (r)	r -1	2
Genotipos o tratamientos (t) (sin ajustar)	k ² -1	63
Bloques incompletos (BI) (ajustados)	r (k-1)	21
Error intra bloque	(k-1) (rk-k-1)	105
Error DBCA	(r-1) (t-1)	126
Total	rk ² -1	191

El modelo aditivo lineal para el análisis de varianza individual utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_k + T_{ij} + E_{ijk} + F_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : Observación de la cruce de la progenie entre las líneas i y j de la k -ésima repetición

μ : Media general de todas las cruces o progenie.

B_k : Efecto de la k -ésima repetición.

T_{ij} : Efecto genotípico del tratamiento ij

E_{ijk} : Efecto asociado a dicha repetición.

F_{ijkl} : Efecto del tratamiento ij en el bloque incompleto k de la repetición l .

Para realizar la comparación de medias se utilizó la prueba DLS (Least significant difference) o llamada también diferencia mínima significativa al 0.05 de probabilidad.

3.9. DISEÑO GENÉTICO

Para el análisis genético se utilizaron 36 cruces provenientes de nueve líneas endocriadas bajo el diseño de bloque completo al azar.

Tabla 7: Diagrama de cruzamientos dialélicos con nueve líneas seleccionadas por el Programa de Investigación y Proyección Social (PIPS) en maíz.

Líneas	6	7	9	11	12	13	18	22
2	2x6	2x7	2x8	2x9	2x12	2x13	2x18	2x22
6		6x7	6x9	6x11	6x12	6x13	6x18	6x22
7			7x9	7x11	7x12	7x13	7x18	7x22
9				9x11	9x12	9x13	9x18	9x22
11					11x12	11x13	11x18	11x22
12						12x13	12x18	12x22
13							13x18	13x22
18								18x22

El diseño utilizado está basado en la metodología propuesta por Griffing (1956) que corresponde al método IV, porque el análisis de la habilidad combinatoria general y específica se realizó sólo, con el producto de las cruces directas que conforma la F_1 (36 genotipos), no se tomó en cuenta las cruces recíprocas ni los progenitores para el análisis dialélico. En la tabla 6 se observa el diagrama de cruzamientos dialélicos realizado. Para este

análisis, las líneas se consideran como un modelo fijo, porque los progenitores fueron seleccionados y todos los factores fueron considerados de efecto fijo.

El análisis de variancia de la habilidad combinatoria general y específica se basó en el modelo aditivo lineal I.

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

Donde:

Y_{ijk} : Observación correspondiente a la k-énima repetición de la cruce de la progenie entre las líneas i y j.

μ : Media general para todas las cruces o progenies

B_k : Efecto de la K-énima repetición

G_i : Efecto de la habilidad combinatoria general de la i-énima línea

G_j : Efecto de la habilidad combinatoria general de la j-énima línea

S_{ij} : Efecto de la habilidad combinatoria específica de la cruce progenie entre las líneas la i y j

E_{ijk} : Efecto aleatorio asociado a dicha observación

Tabla 8: Esquema de análisis de variancia de la habilidad combinatoria

Fuente de variación	Grados de libertad	CM	ECM
Repeticiones	$r - 1$		
Genotipos	$P(P-1)/2 - 1$		
HCG	$P - 1$	CM_{HCG}	$\hat{\sigma}^2 + (P - 2)(1/P - 1) \sum \hat{g}^2_i$
HCE	$P(P-3) / 2$	CM_{HCE}	$\hat{\sigma}^2 + \left(\frac{2}{P(P-3)}\right) \sum \hat{s}^2_{ij}$
Cruzas	$P(P-1)/2 - 1$		
Error	$(P(P-1)/2 - 1)(r-1)$	CM_E	$\hat{\sigma}_e^2$
Total	$rP(P-1)/2 - 1$		

Para estimar los efectos de la HCG y HCE, se tuvo en cuentas las restricciones necesarias

$$\sum \hat{g}_i = 0 \quad y \quad \sum \hat{S}_{ij} = 0$$

Este diseño ha permitido analizar los efectos de la habilidad combinatoria general y específica aplicando las siguientes fórmulas:

$$\hat{g}_i = \frac{P y_{i..} - 2 y_{..}}{P(P-2)} \quad \hat{s}_{ij} = \bar{Y}_{ij} - \frac{y_{i.} + y_{.j}}{P-2} + \frac{2 y_{..}}{(P-1)(P-2)}$$

donde:

- i: Efecto de la habilidad combinatoria general de la i-enésima.
- ij: Efecto de la habilidad combinatoria específica de la cruce entre la i-enésima línea con la j-enésima línea.
- P: Número de líneas.
- Y_{i.}: Suma de los promedios de las cruces o progenies en donde interviene el progenitor i.
- Y_{.j}: Suma de los promedios de las cruces o progenies en donde interviene la línea j.
- Y_{..}: Suma de los promedios de cruces o progenies.
- Y_{ij}: Promedio de las cruces o progenies entre las líneas i y j.

Para probar las hipótesis se utilizó:

- a) Ho: G_i = 0 Ha: G_i ≠ 0
- b) Ho: S_{ij} = 0 Ha: S_{ij} ≠ 0

También se utilizó una prueba de diferencias de límites significativos o prueba de “t” para los errores estándar de cada una de las pruebas de hipótesis, siendo las siguientes:

1. $E.S(\hat{g}_i) = \sqrt{\frac{(p-1)\hat{\sigma}^2 e}{rp(P-2)}} \quad t = \frac{\hat{g}_i}{E.S.(1)}$
2. $E.S(\hat{s}_{ij}) = \sqrt{\frac{(p-3)\hat{\sigma}^2 e}{r(P-1)}} \quad t = \frac{\hat{s}_{ij}}{E.S.(2)}$

Para calcular la importancia relativa de la HCG y HCE se utilizó:

$$\frac{(2xCM_{HCG})}{(2xCM_{HCG} + CM_{HCE})}$$

Las pruebas de significación F para la HCG y HCE, tienen como denominador al CM_{error}, los efectos fueron estimados con las siguientes fórmulas:

$$\hat{g}_i = \left[\frac{1}{r(p+2)} \right] \left[x_{i..} + x_{ii} - \frac{2x_{..}}{p} \right]$$

$$\hat{s}_{ij} = \frac{x_{ij.}}{r} - \frac{1}{r(p+2)} [x_{i..} + x_{ii.} + x_{.j.} + x_{jj.}] + \frac{2x \dots}{r(p+1)(p+2)}$$

Para la interpretación genética de los componentes de varianza estimados, se debió asumir que:

- La segregación diploide es normal
- Existe acción independiente de genes no alélicos, es decir, ausencia de epistasis.
- Existe equilibrio en el ligamiento
- No hay alelos múltiples

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del trabajo experimental fueron analizados estadísticamente según el diseño experimental látice triple 8x8 parcialmente balanceado. Primeramente, se realizó el análisis de varianza de cada una de las variables en estudio: rendimiento de gramo, altura de planta, altura de mazorca y días de floración masculina, luego se procedió a analizar las cruza dialélicas para determinar la habilidad combinatoria general y específica de cada una de las nueve líneas de mayor interés.

4.1. ANÁLISIS DE VARIANZA

El análisis de varianza permitió realizar la comparación entre medias para las variables que se mencionan a continuación:

4.1.1. Rendimiento de grano

En el análisis de varianza presentado en la tabla 9, se observa que los genotipos son altamente significativos, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se afirmó que los tratamientos si difieren significativamente para rendimiento de grano. A sí mismo al realizarse la suma de cuadrados y cuadrados medios para tratamientos ajustados se obtuvo que el cuadro medio de bloques incompletos ajustados fue mayor que el error intrabloque, por lo que se tuvo que ajustar las medias para su respectiva comparación.

El coeficiente de variación para rendimiento de grano fue de 12.309 por ciento, lo que significa que hubo un buen control y conducción del experimento, porque según Gómez y Gómez (1984) explican que, cuando el CV superan el 30 por ciento, tales datos no son confiables. Así mismo Chura y Tejada (2014) obtuvieron un CV para rendimiento de grano de 12.9 por ciento, el cual fue tomado como aceptable.

Tabla 9: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectáreas alcanzados por los 64 genotipos evaluados

Fuente de variación	GL	SC	CM
Repeticiones	2	2.873	1.437
Genotipos (sin ajustar)	63	495.239	7.861 **
BI (ajustados)	21	22.710	1.081
Error Intra bloque	105	104.707	0.997
Error DBCA	126	127.418	1.011
TOTAL	191	625.530	3.275
Promedio		8.170 t/ha	
C.V %		12.309 %	
Eficiencia relativa DBCA	100.110	0.110 %	

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad

También se observa que el promedio para rendimiento de grano fue de 8.170 t/ha, Caicedo et al. (2017) en una investigación similar obtuvo un promedio general de 6.19 t/ha, por lo que el resultado promedio obtenido estaría dentro de lo esperado. El testigo híbrido doble comercial PM-212, presentó un rendimiento de 11.430 t/ha, y es que los híbridos dobles comerciales presentan un rendimiento de grano de moderado a alto, lo cual lo reafirma MacRobert et al. (2015). Los resultados estadísticos han demostrado que el diseño de látice parcialmente balanceado tienen una eficiencia de 0.11 por ciento, lo que indica que también podría haber sido analizado desde el diseño de bloques completo al azar (DBCA).

En la tabla 10 se observa las medias ajustadas para rendimiento de grano, donde el PM-212, 7x2, 7x18, 7x22, 13x6 obtuvieron 11.430 t/ha, 10.464, 10.390, 9.882, 9.871 t/ha respectivamente, existiendo la probabilidad significativa al 0.05 que presenten genotipos similares. Por otro lado, se observa que el menor rendimiento de grano lo obtuvo el genotipo 9x11 con 3.093 t/ha, seguido de las líneas 24x20, 22x24 y 20x22 con 3.754, 4.106 y 4.199 t/ha respectivamente, así mismo, con la probabilidad del 0.05 que presenten genotipos similares. Según Vásquez (2013), en una investigación similar el PM-212, manifestó un rendimiento de 6.10 t/ha, lo que reafirma que las condiciones ambientales y la interacción

ambiente genotipo constituyen un factor determinante en el rendimiento de grano, ello es reafirmado por Silva et al. (2009).

Tabla 10: Medias ajustadas según DLS para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectáreas alcanzados por los 64 genotipos evaluados.

E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media
53	PM-212	11.430	39	13x12	9.078	17	20x6	7.562
2	7x2	10.464	38	11x24	8.880	1	6x2	7.550
24	7x18	10.390	54	PM-702	8.869	40	12x18	7.484
26	7x22	9.882	9	2x22	8.855	18	6x22	7.317
15	13x6	9.871	29	13x9	8.838	45	13x20	7.288
14	12x6	9.733	64	(17x6)x♀302	8.822	36	20x11	7.191
44	13x18	9.726	22	7x12	8.788	42	12x22	7.094
21	7x11	9.641	62	(18x11)x♂212	8.602	31	9x22	7.074
34	13x11	9.613	25	7x20	8.385	3	9x2	6.871
55	C-701	9.568	35	11x18	8.363	7	2x18	6.766
56	AG-612	9.496	32	9x24	8.332	48	22x18	6.665
30	9x18	9.457	33	12x11	8.332	8	2x20	6.660
11	7x6	9.414	41	20x12	8.280	49	24x18	6.369
60	(20x11)x♂212	9.412	12	9x6	8.261	10	2x24	6.308
4	2x11	9.396	19	6x24	8.200	37	11x22	6.230
63	(12x11)x♂212	9.377	16	6x18	8.142	6	13x2	6.084
20	7x9	9.346	47	20x18	8.139	50	20x22	4.199
28	9x12	9.322	43	12x24	8.116	52	22x24	4.106
61	(12x11)x♂302	9.311	59	(20x12)x♀302	8.010	51	24x20	3.754
5	12x2	9.267	13	6x11	7.825	27	9x11	3.093
57	DK-834	9.210	58	INIA-605	7.825		Max	11.430
23	7x13	9.205	46	13x22	7.722		Min	3.093

DLS ($p \leq 0.05$) = 1.614. DLS ($p \leq 0.01$) = 2.132. E=entrada. FUENTE: Resultado del análisis estadístico.

4.1.2. Altura de planta

En la tabla 11, se observa que el análisis de varianza, da como resultado la significación de la prueba F para la variable en estudio, lo que permite rechazar la hipótesis nula, afirmando que los genotipos presentan diferencias altamente significativas con respecto a altura de planta. También se observa que el cuadrado medio de bloques incompletos ajustados fue mayor que el error intrabloque, razón por la cual, se tuvo que ajustar las medias para su respectiva comparación.

El promedio para altura de planta fue de 198.089 cm. y el coeficiente de variación fue de 6.703 por ciento, lo que significa que hubo una buena conducción del experimento, valor similar de CV fue obtenido por Silva et al. (2009). Los resultados estadísticos demostraron que el diseño de látice parcialmente balanceado tienen una eficiencia de un 36.050 por ciento respecto al diseño de bloques incompletos.

Tabla 11: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter altura de planta en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados

Fuente de variación	GL	SC	CM	
Repeticiones	2	616.010	308.005	
Genotipo (sin ajustar)	63	82504.828	1309.600	**
BI (ajustados)	21	10142.068	482.956	
Error Intra bloque	105	12074.589	114.996	
Error DBCA	126	22216.656	176.323	
TOTAL	191	105337.495	551.505	
Promedio		198.089 cm		
C.V %		6.703 %		
Eficiencia relativa DBCA	136.050	36.050 %		

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad

En la tabla 12 se observa las medias ajustadas para altura de planta, donde el PM-212, obtuvo el máximo valor de 254.460 cm, seguido de (20x11)x♂212 con 238.619 cm. Así mismo, se observa que existe la probabilidad del 0.05 que (20x11)x♂212, (12x11)x♂212, 20x12, 12x22, 13x22 y 12x18, presenten genotipos similares entre ellos. Por otro lado, se observa

que los genotipos 9x11 y 20x22 presentan la menor altura de planta con 144.016 y 147.032 cm, los cuales además presentan la probabilidad del 0.05 de tener genotipos similares.

Tabla 12: Medias ajustadas según DLS para el carácter altura de planta en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados

E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media
53	PM-212	254.460	32	9x24	204.571	1	6x2	187.111
60	(20x11)x♂212	238.619	17	20x6	203.333	48	22x18	187.095
63	(12x11)x♂212	234.476	19	6x24	202.952	56	AG-612	187.064
41	20x12	231.413	22	7x12	202.127	64	(17x6)x♀302	185.555
42	12x22	223.159	15	13x6	201.746	4	2x11	185.317
46	13x22	222.397	29	13x9	201.714	52	22x24	185.206
40	12x18	220.841	44	13x18	201.079	8	2x20	184.032
30	9x18	218.016	54	PM-702	200.476	9	2x22	183.937
14	12x6	217.794	49	24x18	200.222	24	7x18	183.524
62	(18x11)x♂212	217.429	18	6x22	199.794	7	2x18	182.825
43	12x24	214.270	35	11x18	199.571	10	2x24	182.318
59	(20x12)x♀302	214.111	34	13x11	198.936	58	INIA-605	181.889
61	(12x11)x♂302	213.651	23	7x13	197.619	3	9x2	179.064
47	20x18	213.143	33	12x11	196.778	20	7x9	175.905
39	13x12	212.698	16	6x18	196.651	6	13x2	171.302
12	9x6	212.460	51	24x20	194.016	21	7x11	169.571
31	9x22	211.794	25	7x20	189.714	57	DK-834	165.825
28	9x12	210.826	13	6x11	189.476	55	C-701	162.698
36	20x11	209.587	26	7x22	189.365	50	20x22	147.032
5	12x2	208.476	38	11x24	189.127	27	9x11	144.016
37	11x22	208.476	2	7x2	187.841		Max	254.460
45	13x20	204.841	11	7x6	187.698		Min	144.016

DLS $(p \leq 0.05)$ = 18.430. DLS $(p \leq 0.01)$ = 24.385. E=entrada. FUENTE: Resultado del análisis estadístico.

Las investigaciones datan que por cuestión del acame o tumbado, los agricultores prefieren plantas con porte bajo. Según Espinoza (2002) “plantas muy altas están en peligro de sufrir tumbados”, sin embargo, existe la posibilidad que al ser plantas de porte bajo el rendimiento pueda verse afectado, por ello, Chura y Tejada (2014) manifiestan que este problema podría verse compensado al incrementar la densidad de siembra.

4.1.3. Altura de mazorca

Según el análisis de varianza, en la tabla 13, se observa que los tratamientos han generado la significación de la prueba por lo que se rechazó la hipótesis nula y se afirmó que los tratamientos si difieren significativamente para altura de mazorca, es decir, fue altamente significativo. En consecuencia, al realizar la suma de cuadrados y cuadrados medios para tratamientos ajustados se obtuvo que el cuadro medio de bloques incompletos ajustados fue mayor que el error intrabloque, razón por la cual, fue necesario ajustar las medias para su respectiva comparación.

Tabla 13: Cuadrados medios del análisis de varianza para el carácter altura de mazorca en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados

Fuente de variación	GL	SC	CM
Repeticiones	2	3288.031	1644.016
Genotipos (sin ajustar)	63	45166.313	716.926 **
BI (ajustados)	21	6166.786	293.656
Error Intra bloque	105	6357.182	60.545
Error DBCA	126	12523.969	99.397
TOTAL	191	60978.313	319.258
Promedio		108.406 cm	
C.V %		9.197 %	
Eficiencia relativa DBCA	144.990	44.990 %	

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad

El coeficiente de variación para altura de mazorca fue 9.197 por ciento, lo que indica que hubo una buena conducción del experimento y el promedio fue 108.406 cm. Los resultados estadísticos han demostrado que el diseño de látice parcialmente balanceado tienen una

eficiencia de un 44.990 por ciento, sobre el diseño de bloque incompleto, lo que reafirma que el diseño aplicado para esta investigación fue el apropiado.

Tabla 14: Medias ajustadas según DLS para el carácter altura de mazorca en centímetros alcanzados por los 64 genotipos evaluados

E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media
53	PM-212	158.700	45	13x20	113.243	28	9x12	102.228
60	(20x11)x♂212	142.686	2	7x2	112.670	24	7x18	102.121
41	20x12	134.245	23	7x13	111.784	52	22x24	101.939
63	(12x11)x♂212	129.724	30	9x18	111.354	22	7x12	100.964
17	20x6	123.897	25	7x20	111.349	26	7x22	100.914
19	6x24	123.831	64	(17x6)x♀302	111.255	33	12x11	99.446
31	9x22	123.125	38	11x24	110.571	7	2x18	97.743
14	12x6	123.037	1	6x2	109.908	4	2x11	97.105
61	(12x11)x♂302	122.139	11	7x6	109.687	57	DK-834	96.808
36	20x11	122.025	37	11x22	109.038	10	2x24	95.630
46	13x22	120.411	49	24x18	108.832	48	22x18	95.618
62	(18x11)x♂212	120.025	44	13x18	108.362	21	7x11	94.440
47	20x18	119.837	39	13x12	108.283	8	2x20	94.219
42	12x22	118.686	51	24x20	106.766	20	7x9	93.622
43	12x24	117.906	34	13x11	106.387	3	9x2	91.022
15	13x6	117.473	35	11x18	106.013	6	13x2	85.710
12	9x6	117.032	16	6x18	105.832	58	INIA-605	83.828
59	(20x12)x♀302	116.996	13	6x11	105.653	55	C-701	72.699
40	12x18	115.744	29	13x9	105.395	50	20x22	71.878
54	PM-702	115.595	56	AG-612	104.313	27	9x11	65.780
32	9x24	115.563	5	12x2	102.725		Max	158.700
18	6x22	113.675	9	2x22	102.514		Min	65.780

DLS $(p \leq 0.05)$ = 13.405. DLS $(p \leq 0.01)$ = 17.736. E=entrada. FUENTE: Resultado del análisis estadístico

En la tabla 14 se observa las medias ajustadas para altura de mazorca, donde el testigo PM-212 alcanzó el valor máximo de 158.700 cm, seguido del híbrido doble experimental (20x11)x♂212 con 142.686 cm, con la probabilidad del 0.05 de tener genotipos similares. Por otro lado, el genotipo con menor altura de mazorca fue 9x11 con 65.780 cm, seguido por el 20x22 y C-701 con 71.878 y 72.699 cm respectivamente, además tienen un 0.05 de probabilidad de presentar genotipos similares.

Si se revisa las tablas 10, 12 y 14, se puede observar que el PM-212, presenta el mayor rendimiento de grano (11.430 t/ha), altura de planta (254.460 cm) y altura de mazorca (158.700 cm), así mismo, el (20x11)x♂212, (12x11)x♂212, 20x12, presentan una altura de planta de 238.619, 234.476 y 231.413 cm respectivamente y para altura de mazorca expresan 142.686, 129.724 y 134.245 respectivamente. Por otro lado, el 9x11, presenta el más bajo rendimiento de grano (3.093 t/ha), altura de planta (144.016 cm) y altura de mazorca (65.780 cm), seguido de 20x22, C-701, DK-835, INIA.606 presentan baja altura de planta con 147.032, 162.698, 165.825, 181.889 respectivamente y para altura de mazorca expresan 71.878, 72.699, 96.808, 83.828 cm respectivamente.

Por lo tanto, se puede afirmar que, si existe relación directamente proporcional entre altura de planta y altura de mazorca, resultados similares obtuvo Silva et al. (2009) y Guzmán et al. (2017). También Romo (1995) demostró que existe relación altamente significativa entre altura de planta y mazorca. Por otro lado, cabe señalar que Guzmán y Guzmán (2017) dicen que “la relación altura de planta y altura de mazorca tienen una alta correlación con el acame” es por ello que también sugieren que “la altura de mazorca no sobrepase los 125 cm”.

4.1.4. Días de floración masculina

En la tabla 15, se observa el análisis de varianza para días de floración masculina, donde los genotipos son altamente significativos, por lo que se rechaza la hipótesis nula, afirmándose que los tratamientos si difieren significativamente para dicha característica. A sí mismo, al realizarse la suma de cuadrados y cuadrados medios para tratamientos ajustados se obtuvo que el cuadrado medio de bloques incompletos ajustados fue mayor que el error intrabloque, por lo que se tuvo que ajustar las medias para su respectiva comparación.

Tabla 15: Cuadrados medios del análisis de variancia para el carácter días de floración masculina alcanzado por los 64 genotipos evaluados

Fuente de variación	GL	SC	CM
Repeticiones	2	24.281	12.141
Genotipos (sin ajustar)	63	1529.328	24.275 **
BI (ajustados)	21	184.828	8.801
Error Intra bloque	105	540.891	5.151
Error DBCA	126	725.719	5.760
TOTAL	191	2279.328	11.934
Promedio		117.172 días	
C.V %		2.048 %	
Eficiencia relativa DBCA	104.580	4.580 %	

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad

El coeficiente de variación para días de floración masculina fue de 2.048 por ciento, lo que expresa que hubo una buena conducción del experimento y el promedio fue 117.172 días. Así mismo Espinoza (2002) obtuvo un CV de 2.31 por ciento para la misma característica. Los resultados estadísticos han demostrado que el diseño de látice parcialmente balanceado tienen una eficiencia de un 4.580 por ciento, sobre el diseño de bloques incompletos.

En la tabla 16, se aprecia las medias ajustadas para la característica días floración masculina, donde el mayor número de días de floración, lo obtuvo el híbrido simple adicional 24x20 con 121.676 días, así mismo, los siguientes 28 genotipos presentaron la probabilidad del 0.05 de tener genotipos similares. Por otro lado, el DK-834, C-701, INIA-605 y el 2x22 expresaron 108.454, 108.722, 110.523 y 111.228 respectivamente, el menor número de días de floración. Entonces se observa que la diferencia de días de floración entre el máximo (121.675 días) y mínimo (108.454 días) es de apenas 13.221 días, por lo tanto, no se puede afirmar que hay precocidad para esta característica. Por otro lado, Silva et al. (2009) obtuvo un maíz precoz con tiempo de floración de 64 días, el investigador hace hincapié que la fecha de siembra influye debido al fotoperiodo al que es expuesto la planta de maíz, esto puede ser una de las razones del por qué, en la presente investigación no presentaron precocidad para días de floración masculina.

Tabla 16: Medias ajustadas según DLS para el carácter días de floración masculina alcanzado por los 64 genotipos evaluados

E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media	E	Genotipo	Media
51	24x20	121.675	38	11x24	118.433	61	(12x11)x♂302	116.499
17	20x6	121.325	46	13x22	118.395	40	12x18	116.347
50	20x22	121.117	25	7x20	118.390	35	11x18	116.268
45	20x13	120.831	11	7x6	118.364	5	12x2	116.156
54	PM-702	120.620	36	20x11	118.347	43	12x24	115.957
53	PM-212	120.463	12	9x6	118.225	62	(18x11)x♂212	115.886
16	6x18	119.415	18	6x22	118.047	8	2x20	115.762
6	13x2	119.290	59	(20x12)x♀302	118.000	31	9x22	115.724
52	22x24	119.164	3	9x2	117.995	22	7x12	115.467
64	(17x6)x♀302	119.104	15	13x6	117.991	24	7x18	114.940
48	22x18	119.100	19	6x24	117.848	23	7x13	114.644
39	13x12	119.096	14	12x6	117.839	30	9x18	114.069
49	24x18	119.000	41	20x12	117.836	20	7x9	113.817
63	(12x11)x♂212	118.943	26	7x22	117.817	7	2x18	113.684
32	9x24	118.844	60	(20x11)x♂212	117.796	21	7x11	112.753
1	6x2	118.719	28	9x12	117.559	42	12x22	112.482
13	6x11	118.615	10	2x24	117.541	9	2x22	111.228
44	13x18	118.589	47	20x18	117.528	58	INIA-605	110.523
29	13x9	118.572	33	12x11	117.048	55	C-701	108.722
27	9x11	118.559	2	7x2	116.948	57	DK-834	108.454
34	13x11	118.525	4	2x11	116.836		Max	121.675
37	11x22	118.446	56	AG-612	116.822		Min	108.454

DLS ($p \leq 0.05$) = 3.667. DLS ($p \leq 0.01$) = 4.847. E=entrada. FUENTE: Resultado del análisis estadístico.

En la investigación realizada por Chura y Tejada (2014) obtuvieron para días de floración masculina un valor máximo de 129 días y un mínimo de 94, lo cual es mayor que el obtenido

por el genotipo 24x20 (121.676 días) de esta investigación. Sin embargo, Tadeo et al. (2012) obtuvo para floración masculina un máximo de 81 días y un mínimo de 67, confirmando la precocidad de sus maíces, así mismo, García (2018) obtuvo plantas cuya floración masculina osciló entre 104 y 81 días.

Sin embargo, existen investigaciones que afirman que los maíces tardíos tienen más ventaja con respecto a ciertas variables como rendimiento de grano, debido al pasar más tiempo expuestos a campo (Paliwal 2001, citado por Chura y Tejada 2014). Por lo tanto, si se observa la tabla 10 y 16 respectivamente, se notará que los maíces con mayor rendimiento como el PM-212, 7x2, 7x18, 7x22, 13x6, 12x6 y 13x18 con 11.430, 10.464, 10.390, 9.882, 9.871, 9.733 y 9.726 t/ha respectivamente, expresaron mayores días de floración, 120.463, 116.948, 114.940, 117.817, 117.991, 117.839 y 118.589 días respectivamente, coincidiendo con la afirmación de las investigaciones sobre maíces tardíos.

4.2. ANÁLISIS DE LA HABILIDAD COMBINATORIA

El análisis se realizó con las 36 cruzas dialélicas para las cuatro variables de investigación.

4.2.1. Rendimiento de grano

En la tabla 17, se observa que el análisis de varianza con respecto a la habilidad combinatoria general, fue no significativo, mientras que la habilidad combinatoria específica, fue altamente significativo. El valor promedio fue de 8.366 t/ha y el coeficiente de variación fue de 0.824 por ciento, lo cual hace referencia que la conducción del experimento fue la adecuada.

La importancia relativa entre HCG y HCE fue de 79.3 por ciento, lo que significa que la suma de cuadrados de la HCG contribuye a la variación presentada por la HCE, por lo tanto, los genotipos tienen predisposición para basar su comportamiento en función a los efectos de la HCG, lo que estaría relacionado con los efectos aditivos, además cuando esta relación HCG:HCE se aproxima a la unidad, significa que se puede inferir un comportamiento basado en los efectos aditivo de la HCG sobre los no aditivos (Baker 1978, citado por Guzmán et al. 2017).

Tabla 17: Cuadrado medio del análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para rendimiento de grano en toneladas por hectárea.

Fuente de variación	GL	SC	CM	
Repeticiones	2	3.731	1.866	
HCG	8	28.867	3.608	
HCE	27	50.869	1.884	**
Cruza	35	79.736	2.278	
Error	70	0.332	0.005	
Promedio		8.366 t/ha		
CV (%)		0.824 %		
HCG:HCE	0.793	79.3 %		

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad

En la tabla 18, se observa un rango de variabilidad para la HCG con respecto a rendimiento de grano que osciló entre 1.459 (línea 7) y -0.870 (línea 22). También se observa que el efecto de mayor HCG al 0.05 de probabilidad fue significativo y se presentó en las líneas 7, 22, 9, 11 y 13 con 1.459, -0.870, -0.666, -0.633 y 0.459 respectivamente. Así mismo, los efectos de la HCG con estimación positiva son los que aportan genéticamente al rendimiento de grano de maíz, por lo que los efectos aditivos serían los que contribuirían a dicha expresión, mientras que la HCG con estimación negativa son los que no benefician a la expresión de la característica. Resultados similares obtuvieron Caicedo et al. (2017) en la localidad Balzar, así como Rodríguez et al. (2016).

La línea siete expresa una contribución mayor en la HCG para la variable rendimiento de grano, manifestando la importancia de los efectos aditivos y la superioridad de sus alelos para esta característica, expresado en su progenie. Es por ello que cabe resaltar, que al observar la tabla 10, también se visualiza que la línea siete genera progenie con alta calidad genética expresado en la contribución al alto rendimiento de grano, razón por la cual podrían esta línea ser tomada en cuenta por el fitomejorador para programas de mejoramiento.

Tabla 18: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectáreas

Línea	HCG	Línea	HCG
2	-0.239	12	0.310
6	0.171	13	0.459 *
7	1.459 *	18	0.009
9	-0.666 *	22	-0.870 *
11	-0.633 *	Σ	0.000

$t_{g.l.s. 0.05p} = 0.399$ t/ha.

En la tabla 19 se observa los estimados de la HCE, donde los rangos de variabilidad oscilan entre 2.391 (9x18) y -3.973 (9x11). Así mismo, el efecto de mayor HCE al 0.05 de probabilidad fue estadísticamente significativo y se presentó en las cruzas 9x18, 9x12, 2x7, 9x13, 11x13, 7x18, 2x11, 2x12, 13x22, 2x9, 2x18, 12x18, 6x9, 11x22, 6x18, 12x22, 6x11, 2x13, 6x22 y 9x11 con 2.391, 2.256, 2.166, 1.772, 1.570, 1.231, 1.098, 0.97, -1.112, -1.427, -15.32, -1.651, -1.735, -1.813, -1.855, 2.041, -2.214, -2.679, -3.973 respectivamente, es decir, el 55.56 por ciento de la población presentó una HCE significativa, relacionado con genes no aditivos, lo cual podría ser producto de la superioridad de las combinaciones híbridas entre los progenitores.

El estimado positivo más alto lo presentó la cruce 9x18 y fue 2.391, es decir que, esta combinación favorece relativamente la característica rendimiento de grano, por lo que la interacción no aditiva puede ser aprovechada para formar híbridos por dominancia y epistasis. Así mismo en la tabla 10, también se observa que el rendimiento de grano fue relativamente alto para la cruce 9x18 con 9.496 t/ha. Por otro lado, la cruce 9x11 presentó el estimado negativo más bajo de -3.973, y en la tabla 10 se observa que su rendimiento también fue el más bajo (3.093 t/ha), lo que permite deducir que la línea nueve probablemente lleve alelos que generan mayor rendimiento de grano solo en ciertas combinaciones, por lo que podría ser una línea con buen vigor híbrido y podría usarse como progenitor para la producción de semillas híbridas. Así mismo, De la Rosa et al. (2000), obtuvo resultados similares, expresando que las combinaciones híbridas entre los progenitores pueden generar la superioridad de los efectos no aditivos sobre los aditivos.

Tabla 19: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruza dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter rendimiento de grano en toneladas por hectárea

Línea	HCE		Línea	HCE	
2x6	-0.748		7x13	0.046	
7x2	2.166	*	7x18	1.231	*
2x9	-1.427	*	7x22	0.723	
2x11	1.098	*	9x11	-3.973	*
2x12	0.970	*	9x12	2.256	*
2x13	-2.214	*	9x13	1.772	*
2x18	-1.532	*	9x18	2.391	*
2x22	0.557		9x22	0.008	
6x7	-0.571		11x12	0.289	
6x9	-1.735	*	11x13	1.570	*
6x11	-2.171	*	11x18	0.320	
6x12	-0.263		11x22	-1.813	*
6x13	-0.125		12x13	-0.057	
6x18	-1.855	*	12x18	-1.651	*
6x22	-2.679	*	12x22	-2.041	*
7x9	0.187		13x18	0.892	
7x11	0.483		13x22	-1.112	*
7x12	-0.370		18x22	-0.840	

$t_{g.l.s. 0.05p}=0.970$ t/ha.

Diversas investigaciones explican que la cruza de mayor rendimiento es el producto de dos progenitores, por lo que una línea con alta HCG al combinarse con una línea de baja HCG pueden generar mejores rendimientos de grano. Ante ello, si se observa la tabla 19, la combinación 9x18 está representado por una línea nueve con alta HCG y una línea 18 con baja HCG, que expresan una alta HCE, en una investigación similar realizada por Guzmán et al. (2017), consideraron su resultado como un “falso positivo”, es por ello que sugirieron realizar más pruebas que brinden mayor información sobre las diversas cruza, por ejemplo, realizar investigación en diferentes localidades y diferentes años entre otros.

4.2.2. Altura de planta

En la tabla 20, se observa que la variable altura de planta presentó con respecto a la HCG y HCE, alta significancia. El coeficiente de variación fue de 0.308 por ciento lo que significa que se realizó una buena conducción del experimento. Así mismo, la importancia relativa entre la HCG y HCE fue de 89,5 por ciento, lo que significa que existe contribución de la HCG hacia la HCE, por lo tanto, la HCG sería más importante para la características altura de planta. De la Rosa (2000) obtuvo 30 por ciento de HCG sobre 70 por ciento HCE.

Tabla 20: Análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para altura de planta en centímetros

Fuente de variación	GL	SC	CM	
Repeticiones	2	311.185	155.593	
HCG	8	5697.192	712.149	**
HCE	27	4505.406	166.867	**
Cruza	35	10202.597	291.503	
Error	70	38.332	0.548	
Promedio		196.268 cm		
CV (%)		0.308 %		
HCG:HCE	0.895	89.500 %		

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad.

En la tabla 21, se observa para la característica altura de planta, el alto rango de variabilidad para la HCG que va desde 17.508 que corresponde a la línea 12, hasta -12.038 que corresponde a la línea dos. El mayor efecto de HCG al 0.05 de probabilidad, con significación estadística, lo presentaron las líneas 12, 2, 11, 7, 22 13 con 17.508, -12.038, -11.143, -11.122, 7.982 y 5.336 respectivamente. Estos resultados indican que los efectos de la HCG con estimación negativa en las líneas, incidiría en el porte bajo de la planta lo cual sería favorable para el fitomejorador, resultados similares obtuvo Sánchez (2009) quien consideró este efecto genéticamente favorable, así como Rodríguez et al. (2016). Por otro lado, Sánchez (2004) explica que, al obtener plantas de porte bajo, ello se puede verse compensado incrementado la densidad de siembra.

Tabla 21: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de planta en centímetros

Línea	HCG		Línea	HCG	
2	-12.038	*	12	17.508	*
6	3.032		13	5.336	*
7	-11.122	*	18	2.780	
9	-2.335		22	7.982	*
11	-11.143	*	Σ	0.000	

$t_{g.l.s. 0.05p}=4.368$ cm.

En la tabla 22, se observa los estimados para la HCE para la característica altura de planta, cuyos rangos de variabilidad oscilan entre el valor máximo 35.226 que corresponde a la cruce 9x18 y el valor mínimo de -8.198 que corresponde a la cruce 2x9, como se observa la línea nueve al combinarse con la línea 18 expresa una alta HCE, sin embargo, esta misma línea nueva al combinarse con la línea dos expresa una baja HCE.

También se observa que el efecto de la HCE al 0.05 es estadísticamente significativo para las cruces 9x18, 6x12, 9x22, 9x12, 6x9, 2x12, 2x12, 9x13, 13x22, 7x13, 6x13, 6x22, 7x11, 2x13, 18x22 y 9x11 con 35.22.6, 29.616, 29.004, 28.036, 24.283, 21.215, 19.317, 18.013, 14.809, 13.569, 11.616, -13.239, -15.960, -19.935 y -38.774 respectivamente. En investigaciones realizadas por Guzmán et al. (2017) y Cervantes et al. (2018) también obtuvieron estimaciones positivas y negativas para la habilidad combinatoria específica en la característica altura de planta.

Es importante resaltar que, del total de cruces, 16 de ellas presentan una estimación negativa, lo cual sería desfavorable desde cierto punto de vista para la características altura de planta, sin embargo, esta estimación negativa se convierte en favorable porque significaría que tales cruces podrían contribuir al menor porte de planta, esto se ve reforzado con lo que afirma Cervantes et al. (2018) al expresar “es deseable contar con materiales de porte bajo, ya que son tolerantes a altas densidades de plantas y resistentes al acame”.

Tabla 22: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de planta en centímetros.

Línea	HCE		Línea	HCE	
2x6	-0.150		7x13	14.809	*
7x2	0.580		7x18	0.714	
2x9	-8.198		7x22	6.555	
2x11	-1.944		9x11	-38.774	*
2x12	21.215	*	9x12	28.036	*
2x13	-15.960	*	9x13	18.925	*
2x18	-4.436		9x18	35.226	*
2x22	-3.325		9x22	29.004	*
6x7	-1.844		11x12	-5.856	
6x9	24.283	*	11x13	-3.697	
6x11	1.299		11x18	-3.062	
6x12	29.616	*	11x22	5.843	
6x13	13.569	*	12x13	-6.413	
6x18	8.473		12x18	1.730	
6x22	11.616	*	12x22	4.047	
7x9	-6.905		13x18	-3.304	
7x11	-13.239	*	13x22	18.013	*
7x12	19.317	*	18x22	-19.935	*

$t_{g.l.s. 0.05p}=10.616$ cm.

4.2.3. Altura de mazorca

En la tabla 23, se observa el análisis de varianza para la característica altura de mazorca. Con respecto a la habilidad combinatoria general fue significativa, mientras que para la habilidad combinatoria específica fue altamente significativa.

Tabla 23: Cuadrado medio del análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para el carácter altura de mazorca en centímetros

Fuente de variación	GL	SC	CM	
Repeticiones	2	1751.796	875.898	
HCG	8	1888.006	236.001	*
HCE	27	2552.728	94.545	**
Cruza	35	4440.734	126.878	
Error	105	20.182	0.192	
Promedio		105.319 cm		
CV (%)		0.416 %		
HCG:HCE	0.833	83,3 %		

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad.

El coeficiente de variación para la características altura de mazorca fue de 0.416 por ciento lo que indica que se realizó una buena conducción del experimento, y el promedio fue 105.319 cm. Así mismo la relación entre HCG y HCE fue de 83.3 por ciento lo que significa que existe una gran influencia de la HCG sobre la HCE, siendo la HCG más importante para la características altura de mazorca. Guzmán et al. (2017) obtuvo un 81 por ciento para la misma característica en su investigación.

En la tabla 24, se observa que los rangos de variabilidad de la HCG para altura de mazorca, oscila entre 8.535 (línea 6) y -8.385 (línea 11), así mismo se observa que el efecto de la HCG al 0.05 de probabilidad estadística fue significativo para las líneas 6, 22, 12, 9, 2 y 11 con 8.535, 5.918, 4.080, -4.714, -6.165 y -8.385 respectivamente. También se observa que, de las nueve líneas, cinco presentan estimación positiva, lo que significaría que genéticamente contribuyen a la mayor altura de mazorca, mientras que las otras cuatro líneas con estimación negativa, contribuirían a la menor altura de mazorca, resultado similar obtuvo De la Cruz et al. (2010).

Tabla 24: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruza dialélicas con 9 líneas endocriadas para el carácter altura de mazorca en centímetros

Línea	HCG		Línea	HCG	
2	-6.165	*	12	4.080	*
6	8.535	*	13	3.035	
7	-2.336		18	0.033	
9	-4.714	*	22	5.918	*
11	-8.385	*	Σ	0.000	

$t_{g.l.s. 0.05p}=3.170$ cm.

Al observar las tablas 21 y la 24, se puede ver la relación que existe entre la HCG para altura de planta y altura de mazorca, es decir, ciertas líneas son estadísticamente significativas para ambas características como la línea 2 (AP= -12.038, AM=-6.165), la línea 11 (AP=-11.143, AM=-8.385), la línea 12 (AP=17.508, AM=4.080) y la línea 22 (AP=7.982, AM=5.918). Por otro lado, es importante identificar a aquellas líneas comunes a ambas características con estimación negativa como la línea 2, 7, 9 y 11, porque son ellas las que contribuirían a un menor porte de planta y de mazorca, esto se reafirma con la investigación realizada por Sánchez (2009).

En la tabla 25, se observa los efectos de la HCE para la característica altura de mazorca, donde los rangos de variabilidad oscilan entre el valor máximo 30.904 para la cruza 9x22 y el valor mínimo -26.441 para la cruza 9x11. Nuevamente se observa que la línea nueve genera alta y baja HCE, dependiendo con que línea se combine.

También se observa significación estadística al 0.05 de probabilidad para las cruza 9x22, 9x18, 7x13, 9x13, 13x22, 6x12, 9x12, 11x22, 2x18, 2x11, 18x22, 2x13 y 9x11 con HCE de 30.904, 19.133, 13.515, 13.174, 12.022, 11.519, 10.008, 8.024, -9.946, -10.583, -15.652, -21.979 y -26.441 respectivamente, es decir, 13 cruza que representan el 36.11 por ciento de del total son significativas para esta característica.

Dieciséis líneas obtuvieron estimaciones negativas, lo que representa un 44.45 por ciento del total de cruzas, lo que significaría que en la herencia genética estaría predominando genes no aditivos (dominancia) por lo que se requiere según Cervantes et al. (2018) que la población sea mejorada por hibridación.

Tabla 25: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter altura de mazorca en centímetros.

Línea	HCE		Línea	HCE	
2x6	2.220		7x13	13.515	*
7x2	4.981		7x18	3.852	
2x9	-1.667		7x22	2.645	
2x11	-10.583	*	9x11	-26.441	*
2x12	-4.963		9x12	10.008	*
2x13	-21.979	*	9x13	13.174	*
2x18	-9.946	*	9x18	19.133	*
2x22	-5.175		9x22	30.904	*
6x7	-1.831		11x12	-1.568	
6x9	5.514		11x13	5.372	
6x11	-5.864		11x18	4.999	
6x12	11.519	*	11x22	8.024	*
6x13	5.956		12x13	-4.152	
6x18	-5.685		12x18	3.310	
6x22	2.157		12x22	6.251	
7x9	-4.647		13x18	-0.026	
7x11	-3.829		13x22	12.022	*
7x12	2.695		18x22	-15.652	*

$t_{g.l.s. 0.05p}=7.703$ cm.

4.2.4. Días de floración masculina

El análisis de varianza para días de floración masculina, indica en la tabla 26, que la HCG fue no significativa estadísticamente, mientras que la HCE fue altamente significativa. Por otro lado, el coeficiente de variación fue de 0.109 y el promedio fue 116.877 días.

La relación HCG y HCE fue de 78.8 por ciento lo que significa que existe la probabilidad que haya influencia de la HCG sobre la HCE, resultado similar para HCG (82 por ciento), encontró De la Rosa et al. (2000). Ello significa que habría influencia de genes aditivo sobre los no aditivos, de ser así, se deberá mejorar la población, según Cervantes et al. (2018) por selección recurrente con la finalidad de incrementar genes deseables para la característica de floración masculina.

Tabla 26: Análisis de variancia para la habilidad combinatoria según cruzamiento dialélico para el método IV, modelo I, propuesto por Griffing, para días de floración masculina

Fuente de variación	GL	SC	CM
Repeticiones	2	37.389	18.695
HCG	8	58.260	7.282
HCE	27	105.505	3.908 **
Cruza	35	163.764	4.679
Error	105	1.717	0.016
Promedio		116.877 días	
CV (%)		0.109 %	
HCG:HCE	0.788	78,800 %	

** altamente significativo al 0.01 de probabilidad, *significativo al 0.05 de probabilidad.

En la tabla 27, se observa que el rango de variación de días floración masculina para la HCG oscila entre 1.743 (Línea 6) y -0.071 (línea 9). Así mismo, se observa que el efecto de la HCG con un 0.05 de probabilidad estadística lo manifiestan las líneas 6, 7 y 13 con 1.743, -1.466 y 1.441 respectivamente. Guzmán et al. (2017) obtuvo valores similares para HCG. Por otro lado, se observa que las estimaciones negativas están expresadas por las líneas 2, 7,

9, 18 y 22, lo que significaría que estas líneas contribuyen a un menor número de días de floración masculina, lo cual resultaría favorable porque lo ideal es disminuir el tiempo de floración para obtener líneas precoces. Según Cervantes et al. (2018) “los estimadores negativos y significativos indican mayor precocidad, alcanzando la madurez fisiológica en 100 días”

Tabla 27: Estimado de la habilidad combinatoria general (H.C.G.) según DLS en las cruza dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter días de floración masculina

Línea	HCG		Línea	HCG	
2	-0.594		12	-0.432	
6	1.743	*	13	1.441	*
7	-1.466	*	18	-0.372	
9	-0.071		22	-0.540	
11	0.291		Σ	0.000	

$t_{g.l.s. 0.05p}=0.925$ días.

En la tabla 28 se observa un mínimo rango de variación para la HCE, que oscila entre 3.135 (18x22) y -1.870 (2x22), resultado similar obtuvo De la Rosa et al. (2009). Así mismo, se observa el efecto de mayor HCE con una probabilidad estadística significativa del 0.05 en las cruza 18x22, 7x22, 6x18, 7x11, 9x18, 2x18 y 12x22 con 3.135, 2.477, 2.261, -2.587, -3.028, -4.341, -5.405 y -6.797 respectivamente, es decir que solo el 22.22 por ciento del total de la población presenta estadísticamente significancia en dicha habilidad, estimaciones positivas y negativas fueron obtenidas también por Cervantes et al. (2018). Por otro lado, la diferencia en el número de días de floración masculina es mínima, sin embargo, se observa estimaciones negativas significativas en las cruza donde intervienen las líneas dos y veintidós, lo cual es favorable desde el punto de vista agronómico y podría contribuir a la precocidad, es decir, la disminución del tiempo de floración, por lo que sería importante considerar estas cruza para programas de mejoramiento en precocidad.

Tabla 28: Estimado de la habilidad combinatoria específica (H.C.E.) según DLS en las cruzas dialélicas con nueve líneas endocriadas para el carácter días de floración masculina

Línea	HCE		Línea	HCE	
2x6	0.693		7x13	-0.695	
7x2	-1.077		7x18	-0.400	
2x9	-0.030		7x22	2.477	*
2x11	-1.190		9x11	1.463	
2x12	-1.870		9x12	0.463	
2x13	1.265		9x13	1.475	
2x18	-4.341	*	9x18	-3.028	*
2x22	-6.797	*	9x22	-1.373	
6x7	1.211		11x12	0.312	
6x9	1.071		11x13	1.789	
6x11	1.462		11x18	-0.468	
6x12	0.686		11x22	1.710	
6x13	0.838		12x13	1.210	
6x18	2.261	*	12x18	-1.539	
6x22	0.894		12x22	-5.405	*
7x9	-1.523		13x18	0.643	
7x11	-2.587	*	13x22	0.449	
7x12	0.127		18x22	3.135	*

$t_{g.l.s. 0.05p} = 2.249$ días.

V. CONCLUSIONES

Después de realizar la investigación se puede concluir que la HCG y la HCE fueron muy importantes para identificar a aquellas líneas con mejores habilidades para ser utilizadas en programas de mejoramiento.

1. La HCG fue más importante para altura de planta y altura de mazorca, mientras que la HCE fue más importante para rendimiento de grano, altura de planta, altura de mazorca y floración masculina.
2. La línea siete presentó la mayor HCG para rendimiento de grano, además expresó estimaciones relevantes que contribuyen al menor porte de planta y menor días de floración masculina.
3. La HCE más importante con respecto a rendimiento de grano se observó en las cruzas 7x2, 7x18 y 7x22. Por lo tanto, se puede manifestar que existe una gran probabilidad que la línea siete sea una buena línea progenitora debido a los productos de las cruzas observadas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere realizar el experimento en diversas localidades y años para determinar el comportamiento de las mejores líneas, porque solo así se puede determinar de manera más eficaz el comportamiento agronómico de las líneas ya que el componente ambiental también influye sobre la característica en estudio.
2. Se sugiere realizar cruzas con aquellas líneas con alta HCG y baja HCG porque ello genera usualmente, alto rendimiento de grano.
3. Se sugiere calcular la heterosis con la finalidad de conocer el comportamiento superior de la F_1 .

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bisen, P.; Dadheech, A.; Namrata, N.; Kumar, A.; Solanki, G.; Dhakar, T. 2017. Combining ability analysis for yield and quality traits in single cross hybrids of quality protein maize (*Zea mays L.*) using diallel mating design. *Journal of Applied and Natural Science* 9 (3): 1760 – 1766. Disponible en <https://core.ac.uk/download/pdf/158353624.pdf>.
- Caicedo, M.; Villavicencio, P.; Saltos, E. 2017. Aptitud combinatoria general y específica de líneas puras de maíz amarillo duro y selección de híbridos simples. Ecuador es calidad: *Revista Científica Ecuatoriana*. 4:36-52. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5293>.
- Cervantes, F.; Hernández, J.; García, J.; Rangel, J.; Andrio, E.; Mendoza, M.; Rodríguez, G.; Rodríguez, 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. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902018005000204>.
- Chura, J. 1992. Comportamiento de líneas S₁ de dos compuestos de maíz amarillo duro en combinaciones híbridas en costa central. Tesis Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p 93.
- Chura, J.; Tejada, J. 2014. Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *IDESIA Chile*. 32(1):113-118. Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v32n1/art14.pdf>.
- Cueto, H. 1999. Selección y predicción de híbridos y estimación de parámetros genéticos en las cruza posibles de ocho líneas de maíz. Tesis ingeniero agrónomo fitotecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila,

México. p 80. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/741/T10903%20CUETO%20FLORES,%20HECTOR%20HUGO%20%20TESIS.pdf?sequence=1>.

De la Cruz, L.; Castañón, G.; Brito, N.; Gómez, A.; Robledo, V.; Lozano, A. 2010. Heterosis y aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. *Revista Internacional de Botánica Experimental. Phytion B. Aires.* 79, 11-17.

De la Rosa, A.; Gaspar, M.; Rincón, F.; De león, H. 2000. Heterosis, habilidad combinatoria y diversidad genética en híbridos comerciales de maíz (*Zea mays L.*). DOI: 10.15517/am.v11i1.17360. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/26595602_Heterosis_habilidad_combinatoria_y_diversidad_genetica_en_hibridos_comerciales_de_maiz_Zea_mays_L.

Espinoza, E. 2002. Evaluación de variedades e híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays L.*) en la provincia de Lambayeque. Tesis Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 72.

García, V. 2018. Habilidad combinatoria y heterosis en cruzas de maíz ((*Zea mays L.*) amarillo duro en la localidad de La Molina. Tesis Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 62.

Guarda, D. 1990. Evaluación de la habilidad combinatoria general de plantas So en los compuestos de maíz PMC-861y DNS-6. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 80.

Gómez, K.A.; Gómez, A.A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. John Wiley Inter Science, Hoboken, NJ, USA. Disponible en <http://www.sciepub.com/reference/51715>.

Guzmán, M.; Díaz, D.; Ramis, C.; Figueroa, R.; Jiménez, R. 2017. Estimación de la aptitud combinatoria y heterosis en híbridos no convencionales de maíz con alto contenido de proteínas. *Bioagro* 29(3): 175-184. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85752807003>.

- Griffing, J.B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austral journal of Biology Science*. 9(4):463-493.
- Hidalgo, E. 2013. Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín. INIA. 02(13). Disponible en http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/149/1/Cultivo_maiz_amarillo_2013.pdf.
- Huanuqueño, C. 2013. Comportamiento de ocho poblaciones de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en cruzas con un probador. Tesis Magister Scientiae en Ecología aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 77.
- INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/?id=CensosNacionales>.
- Lafitte, H. 2001. Estreses abióticos que afectan al maíz. El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. FAO. Disponible en <http://www.fao.org/3/X7650S/x7650s12.htm#TopOfPage>.
- MacRobert, J.; Setimela, P.; Gethi, J.; Worku, M. 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México D.F. p. 26.
- Mejía, A. 1985. Evaluación de la habilidad combinatoria para rendimiento de líneas S₁ de dos cultivares de maíz amarillo. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p 59.
- MINAGRI. Ministerio de agricultura y Riego. 2019. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP). Encuesta Nacional de Intensiones de Siembra 2019 (ENIS). Lima. Perú. Disponible en http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/Libro%20Resultado%20ENIS%202019-2020_260719.pdf.

- MINAGRI. Ministerio de agricultura y Riego. 2019. Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas (DGESEP). Sistema de Información de Abastecimiento y Precios (SISAP). Boletín de Maíz Amarillo Duro. Lima. Perú. Disponible en: <https://www.minagri.gob.pe-boletin-de-maiz-amarillo-duro-maiz-2019>.
- Nakahodo, J. 1983. Evaluación de la habilidad combinatoria general y específica en líneas S_1 de dos compuestos de maíz amarillo. Tesis Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 60.
- Noldín, O. 2004. Habilidad combinatoria general y específica entre 7 híbridos comerciales de maíz. XX Reunión latinoamericana de maíz. Programa de Investigación de Sorgo y Girasol. Capitán Miranda. Paraguay. p. 262-266.
- Núñez, E.; Mendoza, M.; Delgado, A.; Castillo, F.; Sánchez, F. 2019. Análisis genético de componentes nutricionales en cruza simple de maíz de grano blanco. Revista fitotecnia Mexicana. 42(2). Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802019000200163&script=sci_arttext.
- Ramírez, R. 2011. Selección de líneas S_1 del comportamiento de maíz PMC-864 (*Zea mays* L.) por su habilidad combinatoria específica. Tesis Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 77.
- Robles, R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. 3ra edición. México D. F. Editorial Limusa S.A.
- Rojas, A.; Sprague, F. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials. III general and specific combining ability and their interaction with locations a year. Agronomy Journal. 44(9): 462.244.
- Romo, P. 1995. Evaluación de 193 familias de maíz amarillo duro en dos localidades de Pichincha. Tesis de Ingeniero agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. p 96. Disponible en

<https://books.google.com.pe/books?id=HlczAQAAMAAJ&pg=PA54&dq=relacion+proporcional++altura+planta,+mazorca&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjdwf-owIzkAhUSyFkKHc2EDzQQ6AEIKzAB#v=onepage&q=relacion%20proporcional%20%20altura%20planta%2C%20mazorca&f=false>.

Rodríguez, G.; Zabala, F.; Treviño, J.; Ojeda, C.; Mendoza, M.; Rodríguez, S.; Cervantes, F. 2016. Aptitud combinatoria y heterosis entre líneas de dos tipos de maíz para grano. *INTERCIENCIA*, 41(1):47-54. Doi:0378-1844/14/07/468-08. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/339/33943362008.pdf>.

Sánchez, A. 1971. Cruzas dialélicas en líneas S_1 de la población perla de maíz para estimar aptitud combinatoria general y específica. Tesis Ingeniería agronómica. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 47.

Sánchez, F.; Mendoza, Ma.; Mendoza, M.; Castillo, F.; Cruz, S.; Castro, S.; Molina, J. 2017. Aptitud combinatoria de líneas endogámicas para la producción de híbridos de maíz (*zea mays* L.) de cruce simple en condiciones de riego. *Agrociencia*. 51(4): 393-407. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/302/30251182003.pdf>.

Sánchez, H. 2004. Manual tecnológico de maíz amarillo duro y de buenas prácticas agrícolas en Huaura. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. Lima. Perú. p. 139. ISBN 9290396172. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=quYNAQAIAAJ&pg=PA42&dq=precocidad+maiz+amarillo+duro&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwim_r_Kvo3kAhWQylkKHfBWBQkQ6AEIJzAA#v=onepage&q=precocidad%20maiz%20amarillo%20duro&f=false.

Sánchez, W. 2009. Comportamiento de híbridos dobles de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) formados por híbridos simples CIMMYT X PCIM en condiciones de Costa Central. Tesis Magister Scientiae en Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. p. 67.

- Silva, W.; Alfaro, Y.; Jiménez, R. 2009. Evaluaciones de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. Revista UDO Agrícola 9 (4): 743-755.
- Sprague, G.; Tatum, L. 1942. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. Alliance of crop, soil and environmental science societies. 34(10): 923-932. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/34/10/AJ0340100923?access=0&view=pdf>.
- Tadeo, M.; Espinoza, A.; Arteaga, I.; Trejo, V.; Sierra, M.; Valdivia, R.; Zamudio, B. 2012. Productividad de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos. México. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 3(7) ISSN 2007-0934. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700010.
- Vallejo, F.; Estrada, E. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. p. 117-118. Disponible en <http://www.uneditorial.net/uflip/Mejoramiento-genetico-de-plantas/pubData/source/Mejoramiento-genetico-de-plantas.PDF>.
- Vásquez, P. 2013. Comparativo de rendimiento y otras características biométricas de diecinueve híbridos de maíz (*Zea mays L.*) amarillo duro en el Valle de Chao, La Libertad. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo. La Libertad, Perú. p. 64.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Genotipo según entrada y número de repetición del material experimental

Genotipo	Entrada	Tratamientos			Genotipo	Entrada	Tratamientos		
		I	II	III			I	II	III
2x1	1	1	64	13	12x8	33	50	22	60
3x1	2	42	12	10	13x8	34	59	2	57
4x1	3	17	49	16	8x35	35	10	48	64
1x8	4	58	19	9	14x8	36	43	58	59
5x1	5	30	41	11	8x32	37	40	50	61
6x1	6	52	5	14	8x33	38	2	10	58
1x35	7	33	37	15	19x15	39	31	31	62
1x14	8	13	28	12	15x35	40	19	40	63
1x32	9	11	3	56	20x15	41	44	45	17
1x33	10	32	20	53	15x32	42	4	27	23
23x22	11	56	32	49	15x33	43	39	21	20
24x22	12	36	11	50	29x35	44	51	55	18
9x8	13	48	36	51	29x30	45	16	62	22
25x22	14	18	57	54	29x32	46	57	39	19
26x22	15	61	47	52	30x35	47	20	6	21
22x35	16	3	53	55	32x35	48	25	9	24
27x22	17	35	29	3	33x35	49	60	54	43
22x32	18	23	42	5	30x32	50	53	35	46
22x33	19	47	4	2	33x30	51	29	61	41
28x31	20	15	34	6	32x33	52	8	46	48
10x8	21	54	15	1	PM-212	53	24	23	45
17x15	22	26	56	4	PM-702	54	45	25	44
28x29	23	7	24	8	C-701	55	12	16	47
28x35	24	64	63	7	AG-612	56	38	8	42
28x30	25	28	33	36	DK-834	57	22	13	30
28x32	26	14	51	33	INIA-605	58	34	60	31
11x8	27	62	14	39	(112x111)	59	5	38	27
18x15	28	21	26	34	(177x174)	60	27	7	26
29x31	29	6	1	37	(129x128)	61	63	30	32
31x35	30	37	43	35	(176x174)	62	9	18	29
31x32	31	55	59	38	(175x174)	63	46	52	28
31x33	32	41	17	40	(102x99)	64	49	44	25

Anexo 2: Fechas de aplicación de insecticida, abonamiento, riego, deshierba, herbicida y deshije

Fechas de aplicación de						
Nº	Insecticida	Abonamiento	Riego	Deshierba	Herbicida	Deshije
1	18/05/04	19/05/04	20/05/04	21/05/04	26/05/04	18/06/04
2	28/06/04	01/07/04	10/06/04	07/06/04	20/08/04	
3	8/07/04		15/07/04	06/07/04	22/09/04	
4	21/09/04		14/08/04	30/09/04		

Anexo 3: IV Censo Nacional Agropecuario 2012. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática



Cuadros Estadísticos

Características del Productor agropecuario

- Características generales del Productor Agropecuario
- Asociatividad y Apreciaciones del Productor Agropecuario
- Características del hogar del Productor Agropecuario

Características de la Unidad Agropecuaria

- Uso de la tierra
- Superficie sembrada de cultivos transitorios en la campaña Agosto 2011- Julio 2012
- Tenencia de la tierra
- Riego

Principales prácticas agrícolas

- Uso de fertilizantes e insecticidas
- Cuidado del medio ambiente
- Cultivos con certificación orgánica

Uso de energía eléctrica, mecánica y animal

Existencia de ganado, aves, otros animales y colmenas

Principales prácticas pecuarias

- Capacitación, asistencia técnica y asesoría empresarial

Crédito agropecuario

- Empleo de Mano de obra

Infraestructura Agropecuaria

UBICACION GEOGRÁFICA

Superficie sembrada de cultivos transitorios en la campaña Agosto 2011- Julio 2012

Dpto.: NACIONAL Prov.: --Seleccione-- Dist.: --Seleccione--

CUADRO N° 049: SUPERFICIE SEMBRADA DE CULTIVOS TRANSITORIOS EN LA CAMPAÑA AGRÍCOLA AGOSTO 2011 - JULIO 2012, POR TAMAÑO DE LA UNIDAD AGROPECUARIA SEGÚN CULTIVO Y TIPO DE AGRICULTURA

Exportación

CULTIVO Y TIPO DE AGRICULTURA	TOTAL	TAMAÑO DE LAS UNIDADES AGROPECUARIAS CON TIERRAS (HAS.)										
		MENORES DE 0.5	DE 0.5 A 0.9	DE 1.0 A 2.9	DE 3.0 A 4.9	DE 5.0 A 9.9	DE 10.0 A 19.9	DE 20.0 A 49.9	DE 50.0 A 99.9	DE 100.0 A 499.9	DE 500.0 A 1499.9	DE 1500.0 A MÁS
Maíz amarillo duro												
Número de unidades agropecuarias	271,958	22,997	25,559	81,969	41,958	42,432	27,330	21,389	5,937	2,249	93	45
Superficie cultivada	271,734.43	3,780.85	9,194.10	55,536.43	47,042.26	59,824.56	40,845.31	35,557.66	12,300.82	6,566.48	665.72	420.24
En riego												
Número de unidades agropecuarias	86,713	14,313	12,887	29,876	13,430	10,972	3,684	1,158	228	115	23	27
Superficie cultivada	117,721.84	2,499.24	5,444.75	27,658.50	25,468.02	31,261.23	15,132.65	6,702.61	1,606.09	1,349.38	273.68	325.69
En seco												
Número de unidades agropecuarias	185,799	8,746	12,724	52,296	28,627	31,543	23,679	20,247	5,713	2,136	70	18
Superficie cultivada	154,012.61	1,281.60	3,749.35	27,877.93	21,574.24	28,563.33	25,712.67	28,855.05	10,694.74	5,217.11	392.04	94.55
Maíz amiláceo												
Número de unidades agropecuarias	385,175	109,188	78,114	127,933	34,589	22,160	8,181	3,418	816	541	135	100
Superficie cultivada	146,527.52	14,396.15	22,199.30	55,300.77	21,766.44	17,639.76	8,286.31	4,126.86	1,164.55	1,108.13	278.19	261.06
En riego												
Número de unidades agropecuarias	171,488	61,171	36,511	50,764	11,997	7,252	2,292	893	243	228	75	62
Superficie cultivada	60,646.35	8,091.66	10,884	22,767.28	7,835.45	6,012.74	2,668.92	1,269.33	308.85	498.21	157.06	152.85
En seco												
Número de unidades agropecuarias	217,864	49,322	42,609	78,476	22,930	15,069	5,924	2,540	578	317	60	39
Superficie cultivada	85,881.17	6,304.49	11,315.30	32,533.49	13,930.98	11,627.02	5,617.39	2,857.54	855.70	609.92	121.13	108.21
Maíz choclo												
Número de unidades agropecuarias	158,825	49,172	27,235	48,260	15,290	11,289	4,820	2,089	418	175	35	42
Superficie cultivada	61,456.44	5,325.62	7,479.21	20,818.42	9,912.27	9,610.22	4,996.79	2,288.34	528.56	252.02	58.57	186.42
En riego												
Número de unidades agropecuarias	77,889	27,680	15,007	22,378	6,377	4,321	1,496	442	79	63	18	28
Superficie cultivada	33,631.70	3,373.66	4,585.44	11,183.75	5,253.43	5,244.09	2,543.01	947.63	192.34	116.65	46.44	145.26
En seco												
Número de unidades agropecuarias	81,839	21,777	12,394	26,183	8,992	7,017	3,344	1,649	339	112	18	14

Fuente: <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>

**Anexo 4: Campo Santa de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM),
ubicado en el distrito de La Molina, provincia de Lima, departamento de Lima**



Anexo 5: Polinización de los estigmas con polen seleccionado

