



Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz (*Zea mays*)

Agronomic traits, production components and grain yield of corn hybrids (*Zea mays*)

Isaac Cieza Ruiz ^{1*}; Teófilo W. Jara Calvo¹; Rosel Terrones Monteza¹; Yaneth C. Figueroa Cobeñas²; Alex Valdera Cajusol²

1 Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Estación Experimental Agraria Vista Florida, Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Carretera Chiclayo-Ferreñafe Km. 8, Chiclayo, Lambayeque 14300, Perú.

2 Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque, Perú.

* Autor para correspondencia: proyectosvf@inia.gob.pe (I. Cieza Ruiz).

ID ORCID de los autores

I. Cieza Ruiz: <https://orcid.org/0000-0002-3990-3966>

T. W. Jara Calvo: <https://orcid.org/0000-0001-9288-7769>

R. Terrones Monteza: <https://orcid.org/0000-0002-7892-5199>

Y.C. Figueroa Cobeñas: <https://orcid.org/0000-0002-1429-4172>

A. Valdera Cajusol: <https://orcid.org/0000-0001-9308-0422>

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz en la región Lambayeque y determinar los de comportamiento similar o superior a dos híbridos comerciales de la zona. El diseño experimental fue bloques completos al azar con 23 tratamientos y cuatro repeticiones, cada parcela constaba de cinco hileras de 4,9 m separadas a 0,75 m, con dos plantas cada 0,35 m. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$), altura de planta, altura de mazorca, floración masculina y femenina, índice de prolificidad, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras, número de granos por hilera, peso de mazorca y de grano y peso de mil granos. Los híbridos que mostraron mejor rendimiento fueron CLYN240×CML451Q, CLYN240×CLO2720, CLRYNO44×CML297, CLRYNO44×CLO2450, CLYN205×CLYN240, CLRYNO17×CLO2450, CML161×CLYN240, CLO2450×CML287, CLO2450×CML297, CLYN240×CML287, CLQRCY49×CLO2450, CLRYNO17×CML287, CML297×CML161, siendo similares al INIA619 y superiores al INIA605. Uno de los híbridos con mejores características fue CLYN240×CML451Q que obtuvo el mejor rendimiento de grano, una relación altura de mazorca/altura de planta de 0,51, el mayor número de hileras y uno de los más altos valores en cuanto a longitud de mazorca, peso de mazorca y peso de grano.

Palabras clave: características agronómicas; componentes de producción; maíz amarillo duro; rendimiento; *Zea mays*.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the agronomic traits, production components and grain yield of corn hybrids in Lambayeque region and determine those of similar or greater behavior to two commercial hybrids of the area. The experimental design was a complete randomized block with 23 treatments and four replications. Each plot consisted of five rows of 4.9 m separated to 0.75 m, with two plants every 0.35 m. The variables evaluated were: grain yield ($t\ ha^{-1}$), plant height, ear height, male and female flowering, prolificacy index, ear length and diameter, number of rows, number of grains per row, ear and grain weight and thousand grain weight. The hybrids that showed the best yield were CLYN240×CML451Q, CLYN240×CLO2720, CLRYNO44×CML297, CLRYNO44×CLO2450, CLYN205×CLYN240, CLRYNO17×CLO2450, CML161×CLYN240, CLO2450×CML287, CLO2450×CML297, CLYN240×CML287, CLQRCY49×CLO2450, CLRYNO17×CML287, CML297×CML161, similar to INIA619 and higher than INIA605. One of the hybrids with best traits was CLYN240×CML451Q had the best grain yield, a ear height/plant height ratio of 0,51, largest number of ear rows and one of the highest values in ear length, ear weight and grain weight.

Keywords: agronomic characteristics; production components; dent corn; yield; *Zea mays*.

Recibido: 02-09-2020.

Aceptado: 30-09-2020.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los tres cereales más consumidos a nivel mundial, ya sea como alimento humano, para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales (Paliwal, 2001). En el 2018 fue el segundo cultivo con mayor área cosechada con 193 733 568 hectáreas y el de mayor producción con 1 147 millones de toneladas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020).

En el Perú, el maíz es uno de los cultivos con mayor superficie sembrada, se cultivan anualmente alrededor de 250 000 hectáreas, con una producción de 1,2 millones de toneladas; a pesar de ello, la producción nacional no logra abastecer la demanda, la misma que tiene que ser cubierta por la importación de 3,9 millones de toneladas (Ministerio de Agricultura, 2020).

La principal estrategia para lograr el autoabastecimiento de maíz amarillo es el aumento de la productividad (Sevilla, 2000), siendo una de las alternativas el uso de híbridos, los cuales aumentan la producción y la productividad y garantizan la calidad de las cosechas, obteniendo mayores rendimientos al agricultor, haciéndolas más competitivas, comparadas con el uso de variedades de polinización libre y con variedades nativas (Palafox *et al.*, 2016). El uso de híbridos ha permitido mejorar los componentes de producción de la mazorca y por ende elevar el potencial productivo del maíz; además, el desarrollo de mejores prácticas integradas de manejo agronómico puede elevar los rendimientos (Zamudio *et al.*, 2015).

Un híbrido simple se obtiene del cruzamiento de

dos líneas endogámicas, que son el resultado de repetidas autopolinizaciones, estas líneas son pequeñas y de bajo vigor; sin embargo, cuando dos líneas son cruzadas producen un híbrido de vigor renovado y con rendimiento significativamente mayor (MacRobert *et al.*, 2015), lo que se conoce como "vigor híbrido", término que se refiere al mayor vigor, tamaño, fructificación, velocidad de desarrollo, resistencia a plagas y enfermedades o al estrés climático de cualquier clase, manifestado en las cruces al compararse con sus progenitores (Gallegos *et al.*, 2015).

Los híbridos simples son más exigentes y tienen mayor potencial productivo que los híbridos triples y dobles, requiere mayor fertilidad y humedad y condiciones climáticas adecuadas para expresar todo su potencial (Lopes *et al.*, 2018).

Los programas de mejoramiento genético dedicados a la formación de híbridos y variedades comerciales de maíz requieren generar nuevas líneas con alto potencial de rendimiento, buen comportamiento agronómico y buena aptitud combinatoria. Se ha encontrado que las líneas que reúnen estas características presentan resultados satisfactorios en combinaciones híbridas (Fan *et al.*, 2003).

Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de híbridos de maíz amarillo duro en la región de Lambayeque y determinar los de comportamiento similar o superior a dos híbridos comerciales de la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación

El ensayo se realizó en un campo del Centro de Investigación Estación Experimental Agraria Vista Florida, Lambayeque, Perú, ubicada a 6°43'42"S, 79°46'50"W y a 41 msnm.

Análisis de suelo

La textura del suelo fue franco arcillo arenosa, con valores bajos de materia orgánica y medios de fósforo y potasio (Tabla 1).

Información meteorológica

El cultivo se desarrolló durante los meses de julio a diciembre del año 2019, en la época de invierno-primavera donde la temperatura mínima promedio fue de 16,5 °C, la máxima promedio de 23,2 °C y la humedad relativa 81,8 % (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2020).

Tratamientos

En este estudio se evaluaron 21 híbridos simples experimentales (CML287×CML297, CLO2720×CLO2450, CLRYNO17×CML287, CLYN240×CML287, CLYN205×CLYN240,

CML161×CLYN240, CLRYNO17×CLO2450, CLRYNO17×CML297, CML161×CLQRCY49, CLO2450×CML161, CML297×CML161, CML297×CLYN205, CLRCYO39×CML287, CLYN240×CML451Q, CLYN240×CLO2720, CLO2450×CML297, CLRYNO44×CLO2450, CLRYNO44×CML297, CLQRCY49×CML451Q, CLQRCY49×CLO2450, CLO2450×CML287), que resultaron del cruzamiento líneas endogámicas provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, estos híbridos experimentales fueron comparados con dos híbridos comerciales, el INIA605 y el INIA619.

Diseño experimental

El ensayo se distribuyó en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental estuvo integrada por cinco hileras de 4,9 m separadas a 0,75 m, con dos plantas cada 0,35 m, tendiendo una densidad de 76 190 plantas ha⁻¹. La parcela completa del estudio fue de 86,25 m × 19,6 m de superficie neta, la unidad experimental de 3,75 m × 4,9 m y la superficie evaluada en cada unidad experimental de 1,5 m × 4,9 m, consistente en 2 hileras de plantas de 4,9 m de largo.

Tabla 1

Análisis de suelo de parcela experimental de la Estación Experimental Agraria Vista Florida, Lambayeque, 2019

pH	CE	MO	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Tipo suelo
	(mhos cm ⁻¹)	(%)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	
7,0	5,8	1,7	7,2	316	58	20	22	Franco arcillo arenoso

CE: Conductividad eléctrica, MO: Materia Orgánica.

Manejo agronómico

El sistema de riego empleado fue por goteo, la siembra realizó de forma manual al igual que la fertilización empleando la fórmula 250 kg ha⁻¹ de N, 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 83 kg ha⁻¹ de K₂O en dos momentos: la primera aplicación se realizó cuando las plantas tenían 2 hojas extendidas, colocando el 40% de nitrógeno, todo el fósforo y potasio; la segunda aplicación cuando las plantas tenían 6 hojas extendidas, colocando el resto del nitrógeno, las fuentes empleadas fueron úrea, fosfato monoamónico, sulfato de potasio y sulfato de potasio y magnesio.

El control de malezas se realizó oportunamente de forma manual y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se controló mediante aplicaciones directas a la planta del insecticida thiodicarb.

Variables evaluadas

El ensayo se cosechó manualmente recolectando todas las mazorcas de las 2 hileras centrales en cada unidad experimental; mediante el desgrane parcial de 5 mazorcas se determinó la humedad de grano a la cosecha con el equipo determinador de humedad KETT Modelo PM150 para corregir el rendimiento al 15% humedad mediante la siguiente fórmula:

Rendimiento (t ha⁻¹) = PC × ID × ((100 - %H)) / 85 × 10 / AE
 Donde PC es el peso de campo del total de las mazorcas cosechadas en cada unidad experimental; ID es el índice de desgrane; %H es la

humedad de la muestra en campo, 85 un coeficiente de corrección para ajustar el rendimiento a 15% de humedad, 10 es un factor de corrección para obtener el resultado en t ha⁻¹ y AE es el área efectiva cosechada.

En una muestra representativa de 10 mazorcas se obtuvieron los datos de las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, peso de mazorca y peso de grano; el índice de desgrane se calculó dividiendo el peso de grano entre el peso de mazorca. En cada mazorca se contó el número de granos en cinco hileras y se tomó el peso de una muestra de mil granos por unidad experimental. Durante el desarrollo del cultivo, en 10 plantas por parcela se midió la altura de planta, desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la espiga y la altura de mazorca, desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior. Se determinaron los días a la floración masculina cuando el 50% de plantas de la parcela se encontraron en anthesis y días a la floración femenina cuando el 50% de plantas presentaron al menos 1 cm de estigmas.

Análisis estadístico

Las variables fueron sometidas a un análisis de varianza, en las variables que mostraron diferencia significativa (p ≤ 0,05), las medias fueron comparadas mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%. Los análisis se realizaron con el software R versión 4.0.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables evaluadas presentaron diferencia altamente significativa para la variación entre híbridos (Tabla 2 y 3). El coeficiente de

variación (CV) del rendimiento de grano fue de 12,88% y el de las demás variables fluctuó entre 2,05% y 10,06% (variables más homogéneas)

Tabla 2

Cuadros medios del análisis de varianza de las variables evaluadas en híbridos simples de maíz amarillo duro

Fuente de variación	G.L	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Índice de prolificidad
Bloque	3	2,568	3,28	0,47	301,1	154	0,013
Híbrido	22	6,665 ***	11,52***	8,43**	641,6 ***	385,8 ***	0,038**
Error	66	2,409	3,50	3,14	221,8	108,2	0,014
Total	91						
CV (%)		12,88	2,21	2,05	7,41	9,47	10,06

G.L.= Grados de libertad. *, **, *** Significativo al 0,05, 0,01 y 0,001 de probabilidad de error, respectivamente. ns: no significativo (p > 0,05).

Tabla 3

Cuadros medios del análisis de varianza de las variables evaluadas en híbridos simples de maíz amarillo duro

Fuente de variación	G.L	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras	Número de granos por hilera	Peso de mazorca (g)	Peso de grano (g)	Peso de mil granos
Bloque	3	0,459	0,106**	0,215	2,07	649,6*	473,9*	181,5
Híbrido	22	7,125***	0,172***	2,992***	14,613***	1004,1***	748,5***	2030,7***
Error	66	0,323	0,017	0,143	2,606	198,7	145,9	380,2
Total	91							
CV (%)		3,53	3,28	2,90	4,60	7,58	7,85	5,55

G.L.= Grados de libertad. *, **, *** Significativo al 0,05, 0,01 y 0,001 de probabilidad de error, respectivamente. ns: no significativo (p > 0,05).

Rendimiento de grano

El rendimiento osciló entre 9,68 y 13,99 t ha⁻¹ (Tabla4), siendo muy similar a los rendimientos obtenidos por Lopes *et al.*, 2018, donde los rendimientos variaron entre 9,5 a 13 t ha⁻¹, al evaluar 17 híbridos simples de maíz. Esta variable es de gran interés para elegir híbridos, ya que está directamente relacionado con la respuesta que estos tienen a las condiciones donde se desarrollan (Silva *et al.*, 2014).

Los híbridos con mayor rendimiento de grano fueron CLYN240×CML451Q, CLYN240×CLO2720, CLRYNO44×CML297, CLRYNO44×CLO2450, CLYN205×CLYN240, CLRYNO17×CLO2450, CML161×CLYN240, CLO2450×CML287, CLO2450×CML297, CLYN240×CML287, CLQRCY49×CLO2450, CLRYNO17×CML287 y CML297×CML161 con valores que oscilaron entre 11,64 a 13,99 t ha⁻¹, siendo estadísticamente similares al híbrido comercial INIA 619 (13,31 t ha⁻¹) y superiores al INIA605 (10,83 t ha⁻¹), estas cruza más rendidoras son material con alto potencial para ser híbridos comerciales.

El híbrido CLYN240×CML451Q, que obtuvo el mayor rendimiento superó al INIA619 en 5,1% y al INIA605 en 29%.

Entre los 10 mejores híbridos experimentales, la línea CLYN240 se incluyó como progenitor en 5 cruza, lo que indica su buena aptitud combinatoria.

Floración

La floración masculina varió entre 82 y 87,25 días y la floración femenina entre 83,75 y 88,5 días, siendo los híbridos CLQRCY49×CML451Q, CML161×CLQRCY49, CLYN240×CML451Q, CML297×CML161, CLYN240×CLO2720, CML161×CLYN240, CLRYNO44×CML297, CLYN205×CLYN240, CLRYNO44×CLO2450, CLQRCY49×CLO2450 e INIA619 los más precoces.

Alfaro *et al.* (2009) encontró mayor precocidad al evaluar 15 híbridos experimentales, con valores que oscilaron entre 56 a 60 días en floración masculina y 56 a 61 días en floración femenina, esto debido a que esta variable es uno de los rasgos más afectados por el ambiente (Sánchez *et al.*, 2017).

El intervalo de anthesis-emisión de estigmas (ASI, por sus siglas en inglés), el cual se obtiene de la diferencia entre la floración masculina y femenina, es un indicador de la sincronía existente en la planta para una buena fecundación (Guzmán *et al.*, 2017). Los híbridos en estudio tuvieron buena sincronía floral con una diferencia máxima de 2,5 días entre la floración masculina y femenina.

Altura de planta y mazorca

La altura de planta osciló entre 175 y 229 cm, similares resultados obtuvieron López *et al.* (2017) al evaluar 20 cruza de híbridos simples de maíz en México encontrando valores que variaron entre 163 a 230 cm.

Es deseable contar con materiales de porte bajo que toleren altas densidades y resistan al acame, sin descuidar la relación positiva de la altura de planta con el potencial de rendimiento de grano (Antuna *et al.*, 2003). Los híbridos de menor altura fueron CML161×CLQRCY49, CLRYNO17×CML297, INIA605, CML297×CLYN205, CLQRCY49×CML451Q, CLO2450×CML161, CLRYNO17×CLO2450, CLYN240×CML451Q, CML297×CML161, CML161×CLYN240, CLO2720×CLO2450 y CLYN205×CLYN240 con valores menores a 200 cm.

En cuanto a la altura de mazorca, los híbridos presentaron valores entre 86,75 y 123,5 cm, siendo las cruza CLQRCY49×CML451Q, CML161×CLQRCY49, CLYN240×CML451Q, CML297×CLYN205, INIA605 y CLYN205×CLYN240 los de menor altura.

Tabla 4

Comparación de medias del rendimiento y las variables agronómicas evaluadas en híbridos simples de maíz amarillo duro en la región Lambayeque, 2019

Híbridos	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Índice de prolificidad
CLYN240×CML451Q	13,99 a	82,75 abc	84,50 abc	196,00 cde	99,25 efg	1,18 bcde
CLYN240×CLO2720	13,98 a	83,25 abcd	85,75 abcdef	206,75 abcd	113,60 abcde	1,36 ab
CLRYNO44×CML297	13,85 a	83,50 abcde	86,00 abcdef	217,00 abc	118,50 abcd	1,12 de
CLRYNO44×CLO2450	13,81 a	84,00 abcdefg	85,50 abcdef	205,00 abcd	112,63 abcde	1,13 de
INIA619	13,31 ab	84,50 abcdefgh	86,50 abcdef	204,00 bcd	105,25 bcdef	1,12 de
CLYN205×CLYN240	13,05 abc	83,75 abcdef	83,75 a	199,25 cde	102,00 cdefg	1,10 e
CLRYNO17×CLO2450	12,81 abcd	85,25 bcdefgh	86,50 abcdef	192,63 cde	117,00 abcde	1,24 bcde
CML161×CLYN240	12,80 abcd	83,25 abcd	85,25 abcde	198,00 cde	107,50 abcdef	1,17 bcde
CLO2450×CML287	12,58 abcd	87,25 h	88,25 ef	209,00 abcd	123,50 a	1,07 e
CLO2450×CML297	12,53 abcd	86,00 defgh	87,50 cdef	203,75 bcd	119,75 abcd	1,15 cde
CLYN240×CML287	12,32 abcd	86,25 defgh	87,25 bcdef	205,00 abcd	111,00 abcde	1,27 abcde
CLQRCY49×CLO2450	12,20 abcde	84,00 abcdefg	84,50 abc	211,50 abcd	112,50 abcde	1,09 e
CLRYNO17×CML287	11,98 abcde	86,75 fgh	87,75 def	200,25 cd	116,50 abcde	1,35 abc
CML297×CML161	11,64 abcde	82,75 abc	85,00 abcd	196,75 cde	108,25 abcdef	1,13 de
CML161×CLQRCY49	11,14 bcde	82,50 ab	84,25 ab	175,00 e	92,00 fg	1,44 a
CLO2450×CML161	11,12 bcde	85,50 bcdefgh	87,25 bcdef	192,00 cde	111,75 abcde	1,16 cde
CML287×CML297	11,11 bcde	85,50 bcdefgh	86,50 abcdef	227,00 ab	122,00 ab	1,13 de
INIA605	10,83 bcde	86,75 fgh	87,50 cdef	187,25 de	101,25 defg	1,32 abcd
CLRCYO39×CML287	10,80 bcde	87,00 gh	88,00 def	229,00 a	122,50 ab	1,15 cde
CLO2720×CLO2450	10,73 bcde	86,50 efgh	87,50 cdef	199,00 cde	118,50 abcd	1,17 bcde
CML297×CLYN205	10,63 cde	85,75 cdefgh	86,75 abcdef	187,50 de	99,50 efg	1,10 e
CLRYNO17×CML297	10,22 de	87,25 h	88,50 f	187,25 de	106,00 abcdef	1,19 bcde
CLQRCY49×CML451Q	9,68 e	82,00 a	84,00 a	190,50 de	86,75 g	1,21 bcde

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, p = 0,05).

Actualmente los programas de mejoramiento genético buscan genotipos con una relación entre la altura de mazorca y la altura de planta inferiores o cercanos a 0,5, puesto que con una relación por encima de este valor pueden presentar problemas de acame (Palafox *et al.*, 2016), en general, los híbridos en estudio presentaron valores que oscilaron entre 0,46 a 0,61 (datos no mostrados). De los híbridos con mayor rendimiento, los que tuvieron una relación altura de mazorca/ altura de planta menor o igual a 0,5 fueron CLYN240×CML451Q, CLYN205×CLYN240, INIA619, CLQRCY49×CLO2450, CLYN240×CML287 y CML161×CLYN240, lo que indica que son arquetipos con características favorables para tolerancia al acame de plantas (Sierra *et al.*, 2005; Alfaro *et al.*, 2009).

Índice de prolificidad

Con respecto al índice de prolificidad, los híbridos CML161×CLQRCY49, CLYN240×CLO2720, CLRYNO17×CML287, INIA605 y CLYN240×CML287 obtuvieron los más altos valores, de los cuales CLYN240×CLO2720, CLRYNO17×CML287 y CLYN240×CML287 tuvieron los mejores rendimientos de grano. Según estudios realizados por Chura y Tejada (2014), el índice de prolificidad es una de las variables de mayor aporte en el rendimiento de grano de los híbridos y Velasco *et al.* (2019) encontraron una correlación positiva entre el rendimiento y el índice de prolificidad.

Componentes de producción

La longitud de mazorca fluctuó entre 13,81 y 18,48 cm y el diámetro entre 4,15 y 4,92 cm (Tabla 5). Los híbridos CLRCYO39×CML287, CLYN240×CML287, CLYN240×CML451Q, INIA619, CLYN205×CLYN240 y CML287×CML297 alcanzaron la mayor longitud de mazorca y los híbridos CLQRCY49×CLO2450, CLRYNO17×CLO2450, CLRYNO44×CLO2450 y CLO2450×CML161 tuvieron los valores más altos de diámetro de mazorca, según Lopes *et al.* (2018) la

variación en estas variables entre los híbridos de maíz se debe la diferencia genética que presenta cada uno y la interacción con el medio ambiente.

El número de hileras varió entre 10,95 y 14,45, siendo los híbridos CLYN240×CML451Q y CLYN240×CLO2720, que tuvieron los mejores rendimientos de grano, los que presentaron el mayor número de hileras. El número de granos por hilera fluctuó entre 31,49 y 38,95, sobresaliendo los híbridos CLO2450×CML297, CLYN205×CLYN240, CLYN240×CML287, CLYN240×CLO2720, INIA605, CML287×CML297 y CML297×CML161 por presentar los valores más altos.

Estas variables son importantes porque pueden ejercer una influencia directa sobre la productividad de los híbridos ya que, si el número de hileras o granos por hilera aumenta, hay mayor número de granos por mazorca, lo que resulta en un mayor rendimiento de grano (Lopes *et al.*, 2018).

Con respecto al peso de mazorca y grano, se registraron valores de 154,19 a 210,08 g y de 127,63 a 179,59 g respectivamente. Los híbridos CLYN205×CLYN240, INIA619, CLRYNO44×CLO2450, CLYN240×CML451Q, CML161×CLYN240, CLQRCY49×CLO2450, CLYN240×CML287, CLO2450×CML297, CLO2450×CML161, CLRYNO44×CML297, CLYN240×CLO2720, CLO2450×CML287, CML297×CML161 y CLRYNO17×CLO2450 alcanzaron los valores más altos de peso de mazorca, y los híbridos CLYN205×CLYN240, INIA619, CLYN240×CML451Q, CLRYNO44×CLO2450, CML161×CLYN240, CLO2450×CML297, CLRYNO44×CML297 y CLO2450×CML161 fueron estadísticamente superiores al resto en cuanto al peso de grano, todos estos híbridos excepto CLO2450×CML161, se encuentran en el grupo de híbridos de mayor rendimiento, lo que indica que estas son las características que más aportaron al rendimiento de grano de estos híbridos.

Tabla 5

Comparación de medias de los componentes de producción en híbridos simples de maíz amarillo duro

Híbridos	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras	Número de granos por hilera	Peso de mazorca (g)	Peso de grano (g)	Peso de mil granos (g)
CLYN240×CML451Q	18,20 a	4,52 de	14,45 a	35,6 ^b cdef	203,30 ab	171,05 ab	345,69 bcdef
CLYN240×CLO2720	16,12 ef	4,57 cde	14,45 a	36,8 ¹ abcd	190,25 abcdef	157,95 bcde	320,97 fgh
CLRYNO44×CML297	17,12 bcd	4,52 de	12,95 cde	35,7 ^b cdef	192,57 abcde	160,88 abc	363,26 abcd
CLRYNO44×CLO2450	16,30 def	4,79 ab	13,85 b	35,4 ^b cdefg	205,69 a	170,95 ab	353,29 abcde
INIA619	17,99 ab	4,58 cde	13,74 b	33,0 ^f ghi	206,77 a	171,14 ab	380,49 a
CLYN205×CLYN240	17,80 ab	4,54 de	13,85 b	37,8 ⁵ ab	210,08 a	179,59 a	353,93 abcde
CLRYNO17×CLO2450	13,81 h	4,90 a	13,25 bcd	31,7 ³ hi	186,94 abcdef	154,31 bcde	381,40 a
CML161×CLYN240	16,89 cde	4,65 bcd	13,65 b	34,2 ⁷ defgh	198,68 abc	163,28 abc	372,55 abc
CLO2450×CML287	16,18 ef	4,64 bcd	13,00 cde	35,5 ³ bcdefg	189,58 abcdef	155,10 bcde	343,98 bcdef
CLO2450×CML297	16,54 de	4,63 bcd	12,20 fg	38,9 ⁵ a	193,26 abcde	161,11 abc	345,97 bcdef
CLYN240×CML287	18,31 a	4,47 def	12,50 efg	37,1 ⁹ abc	194,42 abcd	158,88 bcd	355,82 abcde
CLQRCY49×CLO2450	14,78 g	4,92 a	12,95 cde	35,9 ¹ bcde	197,93 abc	159,60 bcd	354,41 abcde
CLRYNO17×CML287	14,89 g	4,58 cde	12,20 fg	31,4 ⁹ i	172,41 defgh	139,76 defg	373,13 ab
CML297×CML161	16,73 cde	4,56 de	12,65 def	36,5 ¹ abcd	189,05 abcdef	159,24 bcd	367,16 abc
CML161×CLQRCY49	14,93 g	4,46 def	13,63 b	34,1 ¹ defgh	174,97 cdefgh	143,87 cdefg	323,78 efgh
CLO2450×CML161	15,53 fg	4,79 abc	13,35 bc	33,0 ⁹ ghi	193,09 abcde	160,60 abc	376,35 ab
CML287×CML297	17,62 abc	4,36 efgh	10,95 h	36,6 ¹ abcd	180,08 bcdefg	145,83 cdefg	369,38 abc
INIA605	16,10 ef	4,40 efg	12,65 def	36,6 ⁹ abcd	181,22 bcdefg	150,72 bcdef	333,06 defg
CLRCYO39×CML287	18,48 a	4,15 h	12,10 fg	32,8 ⁶ ghi	170,66 efgh	138,69 efg	365,24 abcd
CLO2720×CLO2450	14,73 g	4,53 de	13,55 bc	34,6 ⁸ cdefg	167,75 fgh	137,49 efg	309,18 gh
CML297×CLYN205	16,53 de	4,18 h	12,25 fg	35,1 ⁶ bcdefg	162,05 gh	137,90 efg	339,43 cdefg
CLRYNO17×CML297	15,08 g	4,29 fgh	11,85 g	34,8 ¹ cdefg	158,46 gh	133,27 fg	350,94 abcdef
CLQRCY49×CML451Q	15,02 g	4,21 gh	13,55 bc	33,5 ⁰ efghi	154,19 h	127,63 g	297,82 h

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Duncan, p=0,05).

El peso de mil granos presentó valores entre 297,82 y 381,4 g. Los híbridos CLRYNO17×CLO2450, INIA619, CLO2450×CML161, CLRYNO17×CML287, CML161×CLYN240, CML287×CML297, CML297×CML161, CLRCYO39×CML287, CLRYNO44×CML287, CLYN240×CML287, CLQRCY49×CLO2450, CLYN205×CLYN240, CLRYNO44×CLO2450 y CLRYNO17×CML297 obtuvieron los mayores pesos. El híbrido CLQRCY49×CML451Q que presentó el menor rendimiento, obtuvo el menor peso con 297,82 g; sin embargo, el segundo híbrido con mayor rendimiento, presentó también uno de los más bajos pesos, esto coincide con los resultados obtenidos por Díaz, *et al.*, 2009, quienes, al evaluar la productividad de 5 híbridos de maíz, encontraron el menor peso de mil granos en los híbridos de mayor rendimiento. Según Kvitschal *et al.* (2010), las diferencias que ocurren en el peso de mil granos están relacionados con la textura de grano.

De forma general, dentro del grupo de cruza más rendidoras, se observa que el híbrido CLYN240×CML451Q posee la menor altura, una relación altura de mazorca/altura de planta de 0,51, la segunda mejor longitud de mazorca, el mayor número de hileras y uno de los más valores más altos en cuanto a peso de mazorca y grano. Además del CLYN240×CML451Q, los híbridos que presentaron un mayor número de características similares o superiores a los híbridos comerciales fueron, CLYN240×CLO2720, CLYN205×CLYN240,

CLRYNO17×CLO2450, CML161×CLYN240 y CLYN240×CML287.

Correlación

Los componentes del rendimiento del maíz están determinados por características biométricas de la mazorca (longitud y diámetro de la mazorca, número de hileras y número de granos por hilera), número de mazorcas por planta, peso de mil granos, etc. (Vera *et al.*, 2019), estos componentes tienen correlación con el rendimiento, lo cual es corroborado con los resultados mostrados en la Tabla 6, donde se observa una asociación positiva entre el rendimiento la altura de planta y mazorca, floración y todos los componentes de producción, excepto con el índice de prolificidad, dentro de los cuales destacan el peso de mazorca ($r=0,65$) y peso de grano ($r=0,64$), lo que significa que el rendimiento depende en un 65 y 64% del peso de mazorca y peso grano, respectivamente. Al respecto, diversos autores como Sánchez *et al.* (2017), observaron una mayor correlación positiva entre el rendimiento y el peso de mazorca, peso de grano y longitud de mazorca, así también, Borrel *et al.* (2019), identificaron una correlación positiva y significativa entre el rendimiento y la longitud y diámetro de mazorca y López *et al.* (2017), encontraron correlación positiva entre el rendimiento y los componentes de producción; sin embargo, obtuvieron diferentes resultados al presentar una correlación positiva entre el rendimiento y la floración.

Tabla 6

Coefficientes de correlación de Pearson (r) entre el rendimiento y las variables evaluadas en híbridos simples de maíz amarillo duro

	RG	FM	FF	AP	AM	IP	LM	DM	NH	NGH	PM	PG
FM	-0,25 *											
FF	-0,24 *	0,86 **										
AP	0,35 **	-0,06	-0,03									
AM	0,32 **	0,12	0,16	0,84 **								
IP	0,15	0,02	0,05	-0,18	-0,09							
LM	0,32 **	-0,10	-0,09	0,45 **	0,17	-0,15						
DM	0,49 **	-0,20 *	-0,25 *	0,25 *	0,44 **	-0,03	-0,16					
NH	0,39 **	-0,42 **	-0,41 **	-0,13	-0,19	0,05	-0,02	0,38 **				
NGH	0,29 **	-0,11	-0,13	0,3 **	0,24 *	0,03	0,45 **	0,08	-0,01			
PM	0,65 **	-0,27 **	0,30 **	0,37 **	0,35 **	-0,06	0,49 **	0,67 **	0,39 **	0,49 **		
PG	0,64 **	-0,28 **	-0,31 **	0,32 **	0,29 **	-0,08	0,5 **	0,63 **	0,42 **	0,51 **	0,99 **	
PMG	0,33 **	0,04	-0,01	0,3 **	0,36 **	-0,13	0,29 **	0,39 **	-0,24 *	-0,08	0,47 **	0,45 **

**=significancia estadística al 0,01 de probabilidad; *=significancia estadística al 0,05 de probabilidad; RG=rendimiento de grano, FM=floración masculina, FF: floración femenina, AP=altura de planta, AM=altura de mazorca, IP=índice de prolificidad, LM=longitud de mazorca, DM=diámetro de mazorca, NH=número de hileras, NGH=número de granos por hilera, PM=peso de mazorca, PG=peso de grano, PMG=Peso de mil granos.

CONCLUSIONES

Entre los híbridos evaluados, CLYN240×CML451Q, CLYN240×CLO2720, CLRYNO44×CML297, CLRYNO44×CLO2450, CLYN205×CLYN240, CLRYNO17×CLO2450, CML161×CLYN240, CLO2450×CML287, CLO2450×CML297, CLYN240×CML287, CLQRCY49×CLO2450, CLRYNO17×CML287, CML297×CML161, obtuvieron rendimientos similares al híbrido comercial INIA 619 y superiores al INIA605, por lo que se les considera material con alto potencial para ser híbridos comerciales.

Uno de los híbridos que presentó mejores características fue CLYN240×CML451Q ya que sobresalió en rendimiento de grano, presentó una relación altura de mazorca/altura de planta de 0,51, uno de los más altos valores de longitud de mazorca, el mayor número de hileras por mazorca y registró uno de los más altos pesos de mazorca y grano. Es importante continuar la investigación de estos híbridos en otras zonas maiceras del Perú, con el fin determinar el comportamiento de los mismos e identificar los materiales promisorios en diferentes zonas agroecológicas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Ing. María Tapia Santisteban por la edición académica del artículo para su publicación en la revista.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, Y.; Segovia, V.; Monasterio, P.; *et al.* 2009. Evaluación del rendimiento, sus componentes y la calidad de grano en híbridos simples de maíz amarillo. *Revista UDO Agrícola* 9: 728-742.
- Antuna, O.; Rincón, F.; Gutiérrez, E.; *et al.* 2003. Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas en líneas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 26: 11-17.
- Borrel, V.J.; Salas, L.; Ramírez, M.G.; *et al.* 2018. Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 36: 342-429.
- Chura, J.; Tejada, J. 2014. Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia* 32: 113-118.
- Díaz, G.T.; Sabando, F.A.; Zambrano, S.; *et al.* 2009. Evaluación productiva y calidad de grano de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades de la provincia de los Ríos. *Ciencia y Tecnología* 2: 15-23.
- Fan, X., Tan, J., Chen, H.; *et al.* 2003. Heterotic grouping for tropical and temperate maize inbreds by analyzing combining ability and SSR markers. *Maydica* 48: 251-257
- Gallegos, M.A.; García, J.L.; Luna, J.G.; *et al.* 2015. Obtención de híbridos de maíz para grano en la Comarca Lagunera y Aguascalientes, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 2: 245-254.
- Guzmán, M.; Díaz, D.; Ramis, C.; *et al.* 2017. Estimación de la aptitud combinatoria y heterosis en híbridos no convencionales de maíz con alto contenido de proteína. *Bioagro* 29: 175-184.
- Kvitschal, M.; Martine, E.; Vidigal P.S.; *et al.* 2010. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. *Revista Ciência Agronômica* 41: 122-131.
- Lopes, L.; Diniz, W.H.; Batista, J.; *et al.* 2019. Evaluation of corn hybrids performance in two locations of Goiás. *Revista de Agricultura Neotropical* 6: 8-16.
- López, C.; Tadeo, M.; Espinosa, A.; *et al.* 2017. Productividad de cruza simples de maíz con calidad de proteína en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 559-570.
- MacRobert, J.; Setimela, P.; Gethi, J.; *et al.* 2015. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. 26 pp.
- Ministerio de Agricultura. Comercio Exterior para el Agro. 2020. Disponible en: <http://sistemas.minagri.gob.pe/sissex/importaciones/capitulosPartidasIN>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FOSTAT-Producción Agrícola. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- Palafox, A.; Rodríguez, F.A.; Sierra, M.; *et al.* 2016. Comportamiento agronómico de híbridos de maíz formados con líneas tropicales sobresalientes. *Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. Ecorfan*. 1: 52-62.
- Paliwal, R. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal N° 28. Roma. 350 pp.
- Sánchez, F.J.; Mendoza, M.C.; Mendoza, C.G. 2017. Estabilidad fenotípica de cruza simples e híbridos comerciales de maíz (*Zea mays*). *Revista Fitotecnia Mexicana* 39: 269-275.
- Sánchez, F.J.; Mendoza, M.C.; Mendoza, M.; *et al.* 2017. Aptitud combinatoria de líneas endogámicas para la producción de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de cruza simple en condiciones de riego. *Agrociencia* 51: 393-407.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2020. Datos meteorológicos. Disponible en: <https://senamhi.gob.pe/main.php?dp=lambayeque&p=estaciones>
- Sevilla, R. 2000. Perspectiva del cultivo de maíz en el Perú. El autoabastecimiento del maíz amarillo duro. *Revista Agroenfoque* 15: 10-12.
- Sierra, M.; Palafox, A.; Espinosa, A.; *et al.* 2005. Adaptabilidad de híbridos triples de maíz y de sus progenitores para la región tropical del sureste de México. *Agronomía mesoamericana* 16: 13-18.
- Silva, A.G.; Teixeira, I.R.; Martins, P.D.S.; *et al.* 2014. Desempenho agronômico e econômico de cultivares de milho na safrinha. *Revista Agroambiente* 8: 261-271.
- Velasco, A.M.; García, J.; Sahagún, J.; *et al.* 2019. Rendimiento, componentes de rendimiento y heterosis de germoplasma de maíz adaptado a valles altos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42: 367-374.
- Vera, D.; Comte, E.; Guamán, R.; *et al.* 2019. Sistemas informáticos evaluación agronómica molecular de 10 híbridos introducidos de maíz (*Zea mays* L.) por rendimiento y sanidad en las condiciones agroclimáticas. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação* 21: 112-119
- Zamudio, B.; Espinosa, A.; Tadeo, M.; *et al.* 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1491-1505.