



FACULTAD DE FACULTAD DE AGRONOMIA

“Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la comunidad San Julian de Motupe”

TESIS

Para optar el título Profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR

Bach. Sheiner Eyner Díaz Rojas

ASESOR: Ing° M.Sc. Gilberto Chávez Santa Cruz

LAMBAYEQUE – PERU

2017

TESIS
INGENIERO AGRÓNOMO

Diaz Rojas Sheiner Eyner

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

Ing^o. M. Sc. Morante Ramírez César
PRESIDENTE

Ing^o. M. Sc. Neciosup Gallardo José
SECRETARIO

Ing^o. M. Sc. Chavarry Flores Ricardo
VOCAL

Ing^o. M. Sc. Gilberto Chávez Santa Cruz.
PATROCINADOR

DEDICATORIA

Dedico a Dios en primer lugar, por darme una familia maravillosa, por los medios necesarios para alcanzar este logro, por la salud y la vida.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo.

A mis maestros por alimentar día a día mis conocimientos y convertirme hoy en un profesional competente.

A todos aquellos que un día motivaron mis deseos y voluntad de superación cuando pensaba desistir.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de Setiembre del 2016 y junio del 2017 en la comunidad de “San Julian” de Motupe y en el Fundo “La Peña” Distrito de Lambayeque, Región Lambayeque. El distrito de Lambayeque, geográficamente se encuentra ubicado a 5°10' de Latitud Sur y a 78.45' de Longitud Oeste y una altitud de 18 m.s.n.m. En la Comunidad de “San Julian” de Motupe se formaron los híbridos, mientras que en el Fundo “La Peña” se probaron los híbridos, como parte de un ensayo, en el que se incluyó a tres progenitores y a un testigo.

El **objetivo** del trabajo fue: Evaluar la heterosis en dos híbridos experimentales en condiciones de costa norte del Perú.

Se registró la información climatológica, correspondiente al distrito de Lambayeque, donde se ejecutó el ensayo incluyendo los híbridos; así mismo se analizó las características físicas y químicas del suelo experimental. El trabajo se sometió a las condiciones adecuadas de manejo, se realizó el deshierbo, fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo, aplicaciones químicas para el control de plagas, riegos de acuerdo a las necesidades hídricas.

El ensayo se adecuó a un Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. El ensayo comprendió, los progenitores P1 (INIA-617), P2 (Vasquez), P3 (Chimbote), los híbridos $F_1 = P_2 \times P_1$, $F_1 = P_3 \times P_1$, y un Testigo.

Se evaluaron las siguientes características: rendimiento de grano, días al 50% de floración masculina, días al 50% de floración femenina, altura de planta, peso de mazorcas por parcela, longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, materia seca total, índice de mazorca, área foliar, número de mazorcas por planta, rendimiento de grano; así mismo se estimó la heterosis, motivo del tema, de cada una de las características. De acuerdo al modelo matemático del diseño experimental, se realizó el análisis de variancia de tales características y así mismo se aplicó la prueba de Tukey para comparar los valores promedios. Analizados e interpretados los resultados se concluyó: 1. La heterosis para el rendimiento fue positiva para ambas cruces $P_2 \times P_1$ y $P_3 \times P_1$; para el primer caso fue de 13.89%, y para el segundo caso fue de 27.26%. La heterobeltiosis para la cruce $F_1 = P_2 \times P_1$, registró un valor de 8.25%; sin embargo para la cruce $F_1 = P_3 \times P_1$, la heterobeltiosis fue

mucho menor con un valor de 2.72%. **2.** La cruza $P_2 \times P_1$ registro un rendimiento de 5740.63 kg/ha, mientras que la cruza $P_3 \times P_1$, registro un rendimiento de 5303.13 kg/ha. El tratamiento **testigo**, registro un rendimiento de 4426.56. **3.** Para la altura de planta, la **heterosis** para el hibrido $F_1 = P_1 \times P_2$ fue de 0.23%, valor inferior comparado con el valor de heterosis para el hibrido $F_1 = P_1 \times P_3$, equivalente a 7.23%. **4.** La **heterosis** en las cruza $F_1 (P_2 \times P_1)$ y $F_1 (P_3 \times P_1)$, se expresó en una disminución de vigor hibrido de la longitud de mazorca siendo en el primer caso de -2.164% y en el segundo caso de -10.24%, cuando se les comparó con el promedio de los progenitores. **5.** La **heterosis**, para la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$ fue negativa, con un valor de -2.98%; así mismo para la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$, donde se produjo un mayor detrimento del área foliar, con un valor equivalente a -19.67%. **6.** La **heterosis obtenido para el numero de hileras por mazorca**, por la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$, fue de -4.37%, mientras que para la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$ fue de -5.19%. **7.** Para el numero de granos por hilera, se estimó una **heterosis** de 0.76% para la cruza $F_1 (P_2 \times P_1)$, mientras que en la cruza $F_1 (P_3 \times P_1)$, la heterosis fue negative, equivalente a -8.89%.

ABSTRACT

The research work was carried out between the months of September 2016 and June 2017 in the community of "San Julian" of Motupe and in the "La Peña" District of Lambayeque, Lambayeque Region. The district of Lambayeque, geographically is located at 5 ° 10 'of South Latitude and at 78.45' of West Longitude and an altitude of 18 m.s.n.m. In the "San Julian" Community of Motupe the hybrids were formed, while in the "La Peña" farm the hybrids were tested, as part of a trial, in which three parents and one witness were included.

The objective of the work was: To evaluate the heterosis in two experimental hybrids in conditions of the north coast of Peru.

The climatological information was registered, corresponding to the district of Lambayeque, where the trial was carried out including the hybrids; Likewise, the physical and chemical characteristics of the experimental soil were analyzed. The work was subjected to the proper management conditions, weeding was performed, fertilization according to the needs of the crop, chemical applications for the control of pests, irrigation according to the water needs.

The trial was adapted to an Experimental Design of Complete Blocks at Random with three repetitions. The test comprised the parents P1 (INIA-617), P2 (Vasquez), P3 (Chimbote), the hybrids $F1 = P2 \times P1$, $F1 = P3 \times P1$, and a Control.

The following characteristics were evaluated: grain yield, days at 50% of male flowering, days at 50% of female flowering, plant height, weight of ears per plot, length of ear, number of rows per ear, number of grains per row, total dry matter, ear index, leaf area, number of ears per plant, grain yield; Likewise, the heterosis, motive of the theme, of each of the characteristics was estimated. According to the mathematical model of the experimental design, the variance analysis of such characteristics was performed and Tukey's test was also applied to compare the average values. Analyzed and interpreted the results it was concluded:

1. The heterosis for the yield was positive for both crosses $P2 \times P1$ and $P3 \times P1$; for the first case it was 13.89%, and for the second case it was 27.26%. The heterobeltiosis for the cross $F1 = P2 \times P1$, registered a value of 8.25%; however for the $F1 = P3 \times P1$ cross, the heterobeltiosis was much smaller with a value of 2.72%.
2. The cross $P2 \times P1$ recorded a yield

of 5740.63 kg / ha, while the cross P3 x P1 recorded a yield of 5303.13 kg / ha. The control treatment, record a yield of 4426.56. 3. For the plant height, the heterosis for the hybrid F1 = P1 x P2 was 0.23%, lower value compared with the heterosis value for the hybrid F1 = P1 x P3, equivalent to 7.23%. 4. The heterosis in the crosses F1 (P2 x P1) and F1 (P3 x P1), was expressed in a decrease of hybrid vigor of the cob length, being in the first case of -2.164% and in the second case of - 10.24%, when compared to the average of the parents. 5. Heterosis, for the cross F1 = P2 x P1 was negative, with a value of -2.98%; likewise for the cross F1 = P3 x P1, where there was a greater detriment of the foliar area, with a value equivalent to -19.67%. 6. The heterosis obtained for the number of rows per ear, for the cross F1 = P2 x P1, was -4.37%, while for the cross F1 = P3 x P1 was -5.19%. 7. For the number of grains per row, a heterosis of 0.76% was estimated for the F1 cross (P2 x P1), while in the F1 cross (P3 x P1), the heterosis was negative, equivalent to -8.89%.

INDICE GENERAL

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL:	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DEL MAÍZ	3
2.2. CLASIFICACIÓN RACIAL DEL MAÍZ	4
2.3. HIBRIDO Y HETEROSIS	5
2.4. ANTECEDENTES	13
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS	15
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	15
3.2. CONDICIONES CLIMATICAS	15
3.3. ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO..	16
3.4. PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO	16
3.5. CRONOLOGÍA DE TRABAJO	17
3.6. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	18
3.7. MATERIALES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	18
3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	19
3.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	19
3.10. INSUMOS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	21
3.11. MANEJO Y CONDUCCIÓN DEL TRABAJO.	21
3.12. DETERMINACIÓN DE LA HETEROSIS	22
3.13. CARACTERÍSTICAS REGISTRADAS.....	22
3.13.1. Días al 50% de floración masculina	22
3.13.2. Días al 50% de floración femenina.....	22
3.13.3. Altura de planta	22
3.13.4. Área foliar.....	22

3.13.5. Número de mazorcas por planta	23
3.13.6. Peso de mazorcas por parcela	23
3.13.7. Longitud de mazorca	23
3.13.8. Numero de hileras por mazorca.....	23
3.13.9. Numero de granos por hilera	23
3.13.10. Índice de mazorca	23
3.13.11. Materia seca total.....	23
3.13.12. Rendimiento de grano.....	24
3.14. ANALISIS ESTADISTICO	24
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	24
4.2. ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	25
4.2.1. Dias al 50% Floracion Masculina	25
4.2.2. Días al 50% De Floración Femenina	25
4.2.3. Altura de planta.....	26
4.2.4. Diámetro De Tallo	29
4.2.5. Longitud de mazorca.....	30
4.2.6. Diámetro de Mazorca.....	32
4.2.7. Numero de Granos por Hilera.....	33
4.2.8. Numero de Hileras por Mazorca.....	35
4.2.9. Numero de Mazorcas por Planta.....	36
4.2.10. Peso de Mazorcas por Parcela.....	38
4.2.11. Area Foliar	38
4.2.12. Indice de Mazorca.....	41
4.2.13. Peso de Grano por Mazorca	41
4.2.14. Rendimiento de Grano	42
4.3. ANALISIS MULTIVARIADO.....	46

4.3.1. Analisis de Cluster.....	46
4.3.2. Analisis de componentes principales.....	46
V. CONCLUSIONES	54
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55
ANEXOS.....	59

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Los rendimientos del maíz amarillo duro en el Perú a nivel nacional son bajos llegando 3 tm/ha (CIMMYT 2012), en costa norte llegan a un promedio de 5.0 tm/ha, en promedio de las tres tecnologías (alta, media y baja), problema debido a los escasos estudios de investigación en genética de maíz y a la llegada de semilla de híbridos de maíz importados, no evaluados en nuestras condiciones y se comportan como susceptibles a las enfermedades e insectos, como la bacteriosis en maíz.

A partir de año 1972, Perú empieza a importar maíz amarillo duro (360,000 tm) para satisfacer la demanda generada por la industria avícola, en la actualidad consumimos 3 millones de toneladas al año, siendo nuestra producción de aproximadamente de un millón de toneladas, el resto es importado, debido a que nuestro híbridos son de baja productividad, con un promedio de 5 toneladas en nuestra región, Chile tiene un promedio nacional de 10 toneladas lo que indica que hay mucho que hacer, pues la tendencia mundial es el alza de los precios, por varios motivos, como el incremento del precios del petróleo debido a la inestabilidad mundial, disminución de los stocks mundiales, producción de biocombustibles y al crecimiento de nuestra población que consume más carne de pollo.

A pesar que el Perú es uno de los centros de diversificación del cultivo, los rendimientos unitarios son bajos, debido al bajo nivel tecnológico (genético + ambiental) por lo que se tiene que recurrir a importaciones de este elemento generador de carnes blancas, por lo que somos un país dependiente e importador con la consiguiente fuga de divisas.

[http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/MAD/MANEJO INTEGRADO DE MAIZ AMARILLO DURO.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/MAD/MANEJO_INTEGRADO_DE_MAIZ_AMARILLO_DURO.pdf). El maíz amarillo duro es uno de los

cultivos más importantes del Perú. Se siembra mayormente en la costa y la selva, siendo Lambayeque, La Libertad, Áncash, Lima y San Martín los principales departamentos productores, que, en conjunto, representan el 55% de área cultivada, siendo la zona de Lima (Cañete, Chancay –Huaral, Huacho, Barranca) la que ocupa el 1er lugar en su participación con el 20 % de la producción total de este cultivo. En orden de importancia sigue La Libertad con el 15%. Es pertinente señalar, que en estas dos regiones están instaladas las empresas avícolas más importantes del país, que han propiciado el crecimiento de las áreas y producción del maíz para atender el requerimiento para la alimentación de las aves.

En el Perú, el consumo de maíz se ha incrementado de manera notable en la actividad avícola, requiriendo producciones mayores cada día. Perú debería producir 4 millones de TM para garantizar demanda interna, 70% de maíz amarillo duro destinado a la industria avícola es importado (**Agraria.pe, 2015**, <http://agraria.pe/noticias/importacion-de-maiz-amarillo-duro-aumento-10301>). Nuestro país cuenta con 300 mil hectáreas de maíz amarillo duro, las cuales producen alrededor de 1.5 millones de toneladas al año. Casi el total de las áreas de cultivo pertenecen a 160 mil productores asentados en la selva. Para garantizar la demanda interna de maíz amarillo duro se necesita producir alrededor de 4 millones de toneladas. El sector avícola, que es el mayor consumidor de dicho producto, tiene que importar el 70% de su demanda para satisfacer su industria

Un factor importante dentro de las tecnologías para incrementar la productividad es el uso de material genético altamente productivo, como es la utilización de los maíces híbridos, y que es motivo del presente trabajo de investigación, estableciéndose los siguientes **objetivos**:

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la heterosis en dos híbridos experimentales en condiciones de costa norte del Perú.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar la heterosis en el híbrido experimental 1.
- Evaluar la heterosis en el híbrido experimental 2.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DEL MAÍZ

El maíz se originó en una parte restringida de México y los tipos más desarrollados emigraron posteriormente hacia otros sitios de América. Hoy no hay dudas del origen americano del maíz, pero nunca fue mencionado en ningún tratado antiguo, ni en la Biblia, hasta el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, quien lo vio por primera vez en la isla de Cuba en octubre de 1492 (McClintock, *et al*, 1981; CIMMYT, 2006). El maíz surgió aproximadamente entre los años 8000 y 600 AC en Mesoamérica (México y Guatemala), probablemente a lo largo del acantilado occidental de México Central o del Sur, a 500 km de la Ciudad de México (Wilkes, *et al*, 1995).

El ecosistema que dio lugar al maíz era de invierno seco estacional en alternancia con las lluvias de verano y en una región montañosa, de cuevas empinadas y sobre roca caliza. Las propiedades anteriores también describen el área mayor ocupada por el género *Tripsacum*. Las tres vistas ampliamente sostenidas acerca del origen de maíz explican que provenía de: 1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle). Cada teoría deduce su evidencia apoyándose en diferentes campos de investigación, desde la arqueología, los análisis bioquímicos, isoenzimáticos y moleculares, así como los citogenéticos, morfológicos y taxonómicos. Durante los años 70, la idea más aceptada era la del maíz silvestre como ancestro de la forma doméstica. Sin embargo, en los años 80 la teoría más sostenida en este sentido es la del teocintle como progenitor del maíz. En la actualidad, aún el origen del maíz no se encuentra dilucidado y existen amplias investigaciones en este sentido. De acuerdo con otros planteamientos (Wilkes, G.

1988), México es el centro primario de diversidad genética y la Zona Andina el secundario, donde el cultivo del maíz ha tenido una rápida evolución. De las 50 razas encontradas en México, existen siete homólogas en Guatemala, seis en Colombia, cinco en Perú y dos en Brasil, lo que hace que indiscutiblemente México haya sido el centro de difusión de estas, donde alrededor de 27 o más de la mitad de ellas han permanecido como variedades locales endémicas. Otros han resumido en forma de diagrama varios modelos probables para el origen del maíz (Paliwal, L. L. 2001).

Estos son: **i)** evolución vertical del maíz moderno a partir del silvestre; **ii)** progresión de teocintle a maíz; **iii)** separación del maíz y el teocintle, originados ambos en un ancestro común, habiéndose separado durante el proceso evolutivo; **iv)** hibridación, habiéndose originado el maíz como un híbrido entre teocintle y una gramínea desconocida.

Acosta (2009) <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047017.pdf>

De acuerdo con la clasificación efectuada por OECD (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo), en la clasificación para el maíz del hemisferio occidental, los géneros *Zea* y *Tripsacum* son incluidos en la Tribu Maydeae. El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teocintle y las del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Son clasificadas como del Nuevo Mundo, porque su centro de origen está en América. En un primer momento, los taxónomos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena* al cual pertenecía el teocintle como dos separados. Actualmente, en base a la compatibilidad para la hibridación entre esos grupos de plantas y a estudios citogenéticos, es generalmente aceptado que ambas pertenecen al género *Zea*. El teocintle y *Tripsacum* son importantes, como posibles fuentes de características deseables para el mejoramiento del maíz. El *Tripsacum* no tiene un valor económico directo, mientras que el teocintle tiene algún valor como fuente de forraje.

2.2.CLASIFICACIÓN RACIAL DEL MAÍZ

La primera clasificación del maíz, de acuerdo con la variación dentro del grano, la hizo Sturtevant de manera artificial (**Bejarano, A. y Segovia, 2000**), basado en la textura o estructura del endospermo y consideró siete grupos: **1. Maíz tunicado:** *Zea mays tunicata* St., se considera uno de los tipos más primitivos de los maíces cultivados. Se caracteriza por presentar cada grano envuelto en su propia bráctea. No tiene valor comercial. **2. Maíz reventón:** *Zea mays everta* St. Se caracteriza por presentar granos pequeños con endospermo cristalino, constituido preferentemente por almidón córneo. Es capaz de explotar cuando es sometido al calor. Da lugar a las llamadas cotufas o palomitas. **3. Maíz cristalino:** *Zea mays indurata* St. Se caracteriza

por presentar granos con endospermo vítreo duro, cristalino y translúcido, con almidón en su mayoría córneo. **4. Maíz amiláceo:** *Zea mays amilácea* St. Se caracteriza por presentar granos con endospermo blando, suave amiláceo. En este grupo el maíz “Blanco Gigante del Cuzco” o “Blanco Imperial” es legado del imperio incaico, que causa la admiración por el gran tamaño de su grano y alto rendimiento. **5. Maíz dentado:** *Zea maysidentata* St. Se caracteriza por presentar granos con endospermo formado con almidón córneo cristalino, tanto en su exterior como interior. Están coronados en la parte superior con almidón blando suave, que a la madurez origina una depresión central superior, debido a una mayor hidratación, dándole al grano la forma característica de diente. **6. Maíz dulce:** *Zea mays saccharata* St. Se caracteriza por presentar maíces dulces y un grano completamente arrugado cuando están maduros. Posee un gen recesivo en el cromosoma 4, el cual impide la conversión de algunos azúcares solubles en almidón. **7. Maíz ceroso:** *Zea mays ceratina* Kul. Se caracteriza por presentar aspecto ceroso en el endospermo. En el maíz normal o corriente, la molécula de almidón está compuesta por 75 % de amilopectina y 25 % de amilosa. En cambio, en el maíz ceroso (waxy), el almidón está constituido por 100 % de amilopectina, lo que origina un almidón de característica gomosa parecido al de yuca. Esta clasificación ha sido usada casi sin modificación durante los últimos 50 años, aunque algunos plantean que la clasificación solo sobre caracteres del endospermo depende para su expresión de un único punto sobre un cromosoma (Wellhausen, E. J.; *et al* , 1987), por lo que resulta importante efectuar una clasificación sobre todo el plasma germinal e incluir el mayor número de datos genéticos como características de las mazorcas, caracteres genéticos, citológicos, fisiológicos y agroquímicos.

2.3.HIBRIDO Y HETEROSIS

La heterosis es el incremento o vigorización en la capacidad de desarrollo, talla productiva, resistencia a enfermedades, etc. que un individuo o población exhiben o muestran, debido al cruzamiento genético, comparado con los mismos rasgos en individuos derivados de líneas genéticas puras, sin cruzamiento. Por ejemplo, muchas plantas híbridas resultan más resistentes a ciertas condiciones de clima o a determinadas enfermedades o plagas o crecen con más vitalidad, lo que les permite mayor rendimiento en la cosecha.

Base genética de la heterosis

Dos hipótesis lideran la explicación de la base genética de la mejora en la aptitud por heterosis.

La hipótesis de sobredominancia

implica que la combinación de alelos divergentes en un particular locus resultará en una aptitud mayor en el heterocigoto que en el homocigoto. Consideremos, por ejemplo, la herencia de la resistencia parásita controlada por el gen A, con dos alelos "A" y "a". El individuo heterocigoto individual será capaz de expresar un rango de resistencia parásita más amplio, por lo que resistirá a más parásitos. El individuo homocigoto, por otro lado, solo expresará un alelo del gen A (tanto A o a) y por consiguiente no resistirá tantos parásitos como el heterocigoto.

Hipótesis involucra aversión de genes deletéreos recesivos.

llamada también *hipótesis general de dominancia*), tal que los individuos heterocigotos expresarán menos alelos deletéreos recesivos que su ascendencia homocigota.

Las dos hipótesis tienen diferentes consecuencias en el perfil de expresión de genes de los individuos. Si la sobredominancia es la causa principal de las ventajas en aptitud de la heterosis, luego debería haber una sobreexpresión de ciertos genes en la descendencia heterocigota comparada con sus padres homocigotos. Por otro lado, si la causa es la aversión de genes deletéreos recesivos, luego habría menos genes que están subexpresados en la descendencia heterocigota, comparada con sus padres. Como resultado, para cualquier gen, la expresión debería ser comparable a la observada en el mejor de los dos padres.

Heterosis en Híbridos de maíz

La heterosis en maíz fue demostrada a principios del s. XX por George H. Shull y Edward M. East, quienes descubrieron que el cruce de líneas homocigotas hechas de un "dentado sureño" y un "flint norteno", respectivamente, daban fuerte heterosis e incremento de rendimiento ante los cultivares convencionales de esa era. Sin embargo, para esa época tales híbridos no eran económicamente factibles en gran escala para su uso masivo.

Donald F. Jones de la Estación Experimental Agropecuaria de Connecticut, en New Haven inventó el primer método práctico de producir híbridos de maíz a gran escala en 1914-1917. Su método producía un híbrido de doble cruzamiento, que requería dos etapas de cruzamientos desde cuatro líneas endocriadas distintas. Trabajos posteriores produjeron líneas endocriadas con suficiente vigor como para la producción práctica de un híbrido comercial en una sola etapa: los híbridos simples (de un solo cruzamiento). Los híbridos simples vienen de solo dos líneas endocriadas paternas originales, y generalmente son más vigorosos y uniformes que los "primitivos" híbridos dobles.

MacRobert, et al (2015), ¿Qué es un híbrido de maíz? En términos sencillos, un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra que genéticamente no está emparentada con la primera. La planta que produce la semilla se denomina progenitora hembra o de semilla, en tanto que la planta que proporciona el polen para fecundar a la hembra se denomina progenitor macho o de polen. En otras palabras, una planta hembra es cruzada con una planta macho a fin de producir semilla híbrida. Esta semilla posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores, y produce una planta con ciertas características. Los fitomejoradores generan los progenitores hembra y macho de cada híbrido con el fin de crear progenies con ciertas características, como una madurez específica, resistencia a enfermedades, cierto color de grano, calidad de procesamiento, etc. Ésta es la semilla híbrida única que los agricultores sembrarán en sus campos. Cuando un agricultor compra la semilla de cierto híbrido, espera que tenga un desempeño en el campo igual al que se señala en la descripción de la variedad.

En el caso del maíz, existen varios tipos de híbridos, como el híbrido simple, híbrido triple, híbrido doble e híbrido mestizo. Cada tipo tiene una configuración parental distinta, pero en todos los casos, la semilla híbrida que se vende a los agricultores es una cruce entre dos progenitores: una hembra y un macho. Como los órganos masculino y femenino del maíz están separados, resulta relativamente fácil hacer una cruce entre dos plantas. En un campo de producción de semilla híbrida, los progenitores macho y hembra son sembrados siguiendo un diseño de surcos consecutivos, y normalmente el número de plantas o surcos femeninos es de tres a seis veces mayor que el número de plantas o surcos masculinos. La flor masculina (la

espiga) de la planta hembra es retirada (desespigada) antes de la producción de polen, a fin de que el polen que llegue a la flor femenina (la mazorca) de las plantas hembra provenga únicamente de las espigas de las plantas macho. Es necesario desespigar las hembras a fin de que su polen no polinice los estigmas femeninos. Cuando esto llega a ocurrir (un proceso conocido como “autofecundación femenina”), el resultado es una pérdida significativa de la calidad de la semilla que se genera, y eso se aprecia claramente en el cultivo que se produce al sembrar esa semilla. Por tanto, la autofecundación femenina debe evitarse por todos los medios. La proporción de surcos hembra a surcos macho en el campo normalmente es de 3:1, en el caso de las cruza simples y triples, pero puede llegar a ser de 8:1, en el caso de los híbridos dobles. La proporción que en realidad se siembra depende de varios factores, principalmente de la producción de polen del macho, la altura de la espiga. La semilla de maíz híbrido se produce utilizando progenitores hembra y macho, quitándoles las espigas a las plantas femeninas antes de la emisión de estigmas y dejando que las plantas masculinas produzcan polen y fecunden los estigmas.

Composición de un híbrido

Los componentes básicos de los híbridos de maíz son las líneas endogámicas. Éstas son el resultado de la autopolinización repetida de ciertas poblaciones de maíz con el fin de producir plantas que tienen una configuración genética fija y uniforme. En consecuencia, todas las plantas de una línea endogámica específica son idénticas, pero la configuración genética de cada línea endogámica es diferente de la de las otras líneas endogámicas. Debido a que el maíz normalmente se poliniza de forma cruzada, las líneas endogámicas generalmente son más pequeñas, menos vigorosas y menos rendidoras que las plantas de maíz de polinización libre, debido a un fenómeno denominado “depresión endogámica”. Sin embargo, cuando dos líneas endogámicas no emparentadas son cruzadas para formar un híbrido, la semilla que resulta produce plantas de renovado vigor y con un rendimiento significativamente mayor que el de cualquiera de los dos progenitores. Esto se conoce como “vigor híbrido”, el cual rebustece a los híbridos y hace que éstos sean útiles para los agricultores.

Los híbridos de maíz más comunes son los de cruza simple, triple y doble. Un híbrido de cruza simple se genera mediante la cruza de dos líneas endogámicas; para crear uno de cruza triple se cruza un híbrido simple con una línea endogámica, y un híbrido de

cruza doble se genera cruzando dos híbridos de cruza simple. Los otros dos tipos de híbridos son los mestizos y los intervarietales. Un híbrido mestizo resulta de la cruza entre una variedad de polinización libre y una línea endogámica, en tanto que un híbrido intervarietal es el resultado de la cruza de dos variedades de polinización libre no emparentadas.

Aquí haremos afirmaciones generales acerca de las ventajas de los distintos tipos de híbridos, dando por hecho que, al crearlos, se ha aplicado la mejor genética y que, al sembrarlos, se les da un manejo agronómico óptimo. Los híbridos de cruza simple suelen rendir más que los otros tipos de híbridos. Su apariencia es muy uniforme debido a que cada planta tiene la misma configuración genética, pero el rendimiento de semilla de un híbrido de cruza simple es menor que el de los otros híbridos, ya que la hembra es una línea endogámica.

En consecuencia, la semilla de los **híbridos de cruza simple** es la más costosa, lo cual normalmente es aceptable, ya que la semilla tiene un alto potencial de rendimiento. Para generar los híbridos de cruza triple y doble se utiliza un híbrido de cruza simple como progenitora hembra y, por tanto, su rendimiento de semilla es alto. De hecho, en el caso de las cruza dobles, el rendimiento de semilla llega a ser el más alto de todos los tipos de híbridos, ya que se utiliza una alta proporción hembra: macho, dado el vigor del macho de cruza simple y el abundante polen que produce. Por tanto, la semilla de los híbridos dobles es la menos costosa, pero el cultivo híbrido que resulta es más variable y el rendimiento de grano suele ser menor que el de un híbrido de cruza triple o simple. Los híbridos de cruza triple son los más comunes en África oriental y meridional, en tanto que, en China, India, África del Sur, Tailandia, Estados Unidos, Vietnam y otros mercados de semilla desarrollados, los híbridos de cruza simple son los más comunes. Esto se debe a que los agricultores en esos países tratan de producir rendimientos muy altos y pueden pagar un precio más alto por la semilla, dado que su costo representa un porcentaje menor del costo total, que en lugares donde los rendimientos son bajos.

Los híbridos intervarietales y los mestizos también se siembran en algunos países africanos y en lugares donde los mercados de semilla requieren productos de bajo costo. La ventaja de utilizar un híbrido intervarietal es que el progenitor macho produce abundante polen, lo cual mejora la formación de semilla. Además, el

espigamiento del macho y la emisión de estigmas de la hembra pueden sincronizarse mejor debido a la mayor variabilidad de los dos progenitores. Sin embargo, de todos los tipos de híbridos de maíz, los híbridos intervarietales y los mestizos son los menos uniformes y los que menos producen en los campos de los agricultores.

Crossa, Vassal y Beck (1990); Beck, Vasal y Crossa (1990) y Beck, Vasal y Crossa (1991) en sus cruzamientos dialélicos entre poblaciones de CIMMYT encontraron bajos niveles de respuesta heterótica, concluyendo que dicha respuesta se debió al énfasis que tenía CIMMYT en desarrollar poblaciones y pools de amplia base genética, con el objetivo principal de combinar caracteres deseables para diversas situaciones ecológicas. Por lo tanto, las cruas de materiales de amplia base genética a nivel poblacional condujeron a la reducción de efectos heteróticos.

Ramírez, et al, 2007. Heterosis es un fenómeno que se presenta en la mayoría de especies alógamas como el maíz (*Zea mays* L.), donde los híbridos superan a sus progenitores en uno o más caracteres entre los que sobresale el rendimiento de grano. Por tanto, los métodos de mejoramiento genético para la formación de híbridos tienen como objeto final capitalizar al máximo la heterosis entre los progenitores seleccionados. En este contexto destacan los conceptos generados por Sprague y Tatum (1942) de aptitud combinatoria general y específica, el modelo de cruas dialélicas de Griffing (1956), el trabajo de Moll et al. (1962) sobre heterosis y diversidad de germoplasma, los métodos de selección recurrente interpoblacionales como la selección recíproca recurrente y su relación con la heterosis (Moll *et al.*, 1978; Souza, 1998) y los modelos creados por Gardner y Eberhart (1966) para la selección de poblaciones y sus cruas o patrones heteróticos porque son el punto de partida del mejorador para la formación de híbridos comerciales de maíz. Los patrones o pares heteróticos son modelos de combinación de germoplasma que expresan alta heterosis. Su importancia reside en que el grado de expresión se mantiene a través del tiempo e incluso puede maximizarse mediante métodos de selección interpoblacional (Márquez, 1988), y para su mejor aprovechamiento deben conceptualizarse en sentido amplio. Estos pares heteróticos pueden formarse por: a) Dos grupos diferentes de germoplasma, como ‘Lancaster’ y ‘Reid Yellow Dent’ (Hallauer y Miranda, 1988); b) Dos criollos o razas de maíz (Crossa et al., 1990); c) Dos poblaciones mejoradas, como 501 y 502 del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

(CYMMYT) (CIMMYT, 1998); d) Una cruza simple entre dos líneas sobresalientes, como B-73 y Mo-17; y e) Por combinaciones entre las opciones anteriores. Lo anterior permite a los mejoradores de maíz hacer un uso más racional del germoplasma para la formación de híbridos comerciales, debido a que en el mercado es cada vez más frecuente que se demanden tipos especializados de variedades para la producción de aceite, harina, calidad de proteína, almidón, etc. Existe el problema de que en los programas de mejoramiento genético públicos o privados los patrones heteróticos de germoplasma adaptado no contienen los alelos para formar las nuevas variedades mejoradas para cubrir la demanda. Ante tal problema los mejoradores podrían optar por las opciones siguientes: a) Introducir variedades mejoradas con germoplasma exótico que contengan los alelos buscados, con el riesgo de que no superen a las adaptadas, como sucedió con las variedades de grano amarillo introducidas en la región Centro-Occidente de México (Ramírez et al., 2004); b) Hacer selección en germoplasma exótico que contenga los alelos de interés con metas de mediano a largo plazo, donde quizás esta opción no respondería a la urgencia del mercado; y c) Incorporar en el germoplasma adaptado los alelos de interés y conservar las ventajas del germoplasma adaptado (Troyer, 2006). De las tres opciones la tercera se considera como la más adecuada. Sin embargo, los mejoradores deben ser cuidadosos en elegir los donadores y dosificar el germoplasma exótico, para garantizar que los híbridos recobrados igualen o superen a los originales y sean atractivos para los productores. Para la adopción de la tercera opción aquí se presenta una propuesta de mejoramiento genético que permite introducir genes de patrones heteróticos de maíz exóticos a patrones heteróticos adaptados, donde además de obtener las cruzas originales recobradas, mediante una estrategia de combinación entre patrones heteróticos adaptados y exóticos, se aproveche la diversidad genética generada para crear nuevas opciones de híbridos de maíz con los alelos de interés.

Nérida Escorcía-Gutiérrez, et al, 2010. Señalan, que la heterosis o vigor híbrido es la base del mejoramiento genético por hibridación. Este fenómeno fue observado por primera vez en 1871 por Darwin (Wallace y Brown, 1956) y se define como el exceso de vigor de la F_1 de un híbrido en relación con el promedio de sus progenitores (Gowen, 1952). Las bases genéticas de heterosis y de la depresión endogámica, así como su aplicación, se analizaron por primera vez en 1950 en la reunión de heterosis en la Universidad estatal de Iowa en Ames Iowa, E.U.A. (Gowen, 1952), y por

segunda vez en 1997 en la reunión de heterosis en la Ciudad de México (Coors y Pandey, 1999). Existen dos hipótesis principales que explican el fenómeno de heterosis: la de dominancia y la de sobre-dominancia (Allard, 1960). En términos de acción génica, la heterosis se debe principalmente a efectos de interacción entre alelos o dominancia (Crow, 1999). En forma operativa, la heterosis se calcula como la diferencia entre el valor fenotípico de la F_1 y el valor del progenitor medio o el del progenitor superior y se expresa en porcentaje del progenitor medio o del progenitor superior (Falconer y Mackay, 1996). El valor promedio de heterosis, estimado por investigadores en diferentes híbridos de maíz, es del orden de 15 % o más (Allard, 1960).

Los conceptos de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) fueron definidos por Sprague y Tatum (1942). La técnica más usual para estimar los efectos de ACG (g_i) de las líneas y de ACE (s_{ij}) de sus cruzas, es el diseño dialélico de Griffing (1956) mediante alguno de sus cuatro métodos. Estudios de cruzas dialélicas (Reyes *et al.*, 2004) indican que las cruzas simples de alto rendimiento son aquéllas en las que cuando menos una de las líneas presenta alta ACG y entre las dos líneas ocurren efectos altos positivos de ACE. Por el contrario, las cruzas simples con rendimiento bajo son aquéllas cuyas dos líneas son de baja ACG y entre ellas ocurren efectos negativos s_{ij} de alto valor absoluto. Estos estudios señalan la conveniencia de que los programas de hibridación cuenten con una base de líneas de alta ACG para que en un sistema de cruzas dialélicas se estimen los efectos g_i y s_{ij} y se haga la predicción de los mejores híbridos.

El fenómeno de depresión endogámica es opuesto al de heterosis; fue también observado por primera vez en 1871 por Darwin y lo explican las dos hipótesis de heterosis (Allard, 1960). La depresión endogámica de un híbrido se obtiene como la diferencia en rendimiento entre la F_1 y la F_2 y se expresa en porcentaje de la F_1 . La depresión endogámica de la F_1 de cruzas simples también es explicable en términos de la ACG de las líneas y de la ACE de las cruzas.

Miranda 1999, afirma que la expresión de la heterosis es menor en cruzamientos entre poblaciones de polinización abierta de base genética amplia. Varias publicaciones han señalado que el grado de endogamia, la dominancia unidireccional y la diversidad

genética están estrechamente relacionados con la manifestación del vigor híbrido (Beck, Vasal y Crossa 1990, Crossa, Vasal y Beck 1990, Vasal et al. 1992 y Rezende y Souza Jr. 2000).

Bartolini,(1990) señala que el cruzamiento simple entre dos líneas puras da origen a un híbrido de base genética limitada, el cual, al haberse obtenido de parentales, que tienen una nula variabilidad (líneas), posee un grado limitado de adaptabilidad a las condiciones ambientales, por lo que los híbridos simples tienen una notable reducción de su capacidad productiva si se utilizan en zonas de características, de suelo no idóneas o bien si las técnicas culturales y agronómicas aplicadas no son las adecuadas, por esto se recomienda en el trópico (por las limitaciones) producir híbridos dobles o variedades. Se ha señalado que el sistema de reproducción predominantemente alógamo el maíz ha permitido

2.4.ANTECEDENTES

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), organismo adscrito al Ministerio de Agricultura, liberó en Chiclayo un nuevo híbrido de Maíz Amarillo Duro denominado “INIA 619 – Megahíbrido”, que rinde hasta 14 toneladas por hectárea y tiene una amplia adaptación en la costa y la selva del país.. El híbrido de Maíz Amarillo Duro “INIA 619 – Megahíbrido”, es el resultado de siete años de trabajo realizado por investigadores científicos del Programa Nacional de Innovación Agraria en Maíz del INIA. (<http://www.inforegion.pe/desarrollo/143950/nuevo-hibrido-de-maiz-amarillo-duro-rinde-hasta-14-tm-por-hectarea/>)

Efectúa un comparativo de rendimiento de maíces duros tropicales precoces para verano en el Fundo “El Cienago” de la UNPRG para lo cual se estudiaron 9 cultivares originarios de USA, Chile y Perú, encontrando que los híbridos DK-626 y DK-656 tuvieron los mejores rendimientos, 6772 y 6567 t/ha. (**Aranda, 1997**)

Hidalgo, 2000 (mencionado por Paredes, 2014). Realizó un ensayo en la campaña 2000 para evaluar 59 cruza de híbridos simples generados en 1999 en la Estación Experimental “El Porvenir”, Tarapoto, y 13 variedades CIMMYT, con tres testigos (Marginal 28 – T, PIMTE – INIA, PIMSE) y 45 líneas de la población 22, 24, 27, 28 y

36 en un DBCR con 02, 04 repeticiones. Donde sobresalieron los híbridos simples CML 286 x PLE 76 Y PLE 91 x CML 296, con rendimientos de 7,92 y 7,5 Ton/ha. Para el caso de la evaluación de variedades introducidas sobresalieron el ACROSS, ALGARROBAL y EGIDO con rendimientos de 6,11; 5,94 y 5,83 Ton/ha, variedades que por textura y color de grano son aceptables para las condiciones y necesidades del productor y consumidor de la zona, la variedad Marginal 28 – T, como testigo se comportó similarmente a las variedades con rendimiento de 5,99 Ton/ha.

Chura Ch. J, et al (2014), evaluaron 16 híbridos de maíz amarillo duro en el año 2010, en la Molina, con el objetivo de determinar los más prometedores en cuanto a rendimiento y otras características deseables. Respecto de rendimiento de grano los mejores híbridos fueron: D-8008, BF-9417, BF-9719, BG-9619, E-8008, C-8008 y BE-9005 con 10.9, 10.8, 10.6, 10.5, 10.3, 9.8 y 9.5 t/ ha, respectivamente.

Coronado (2015), realizó un trabajo con dos épocas en el Valle de Yatún, Cutervo, concluyendo que el genotipo DOW-2B registro el mejor rendimiento de grano en la primera época (diciembre-junio) con 6360 Kg/ha, mientras que INIA-609 registró el mejor rendimiento de grano en la segunda época (Junio-Diciembre) con 5810.00 kg/ha.

Entre las ventajas de los híbridos, en relación con las variedades criollas y las sintéticas, se pueden citar las siguientes: mayor producción de grano, uniformidad en floración, altura de planta y maduración, plantas más cortas pero vigorosas, que resisten el acame y rotura, mayor sanidad de mazorca y grano; en general, mayor precocidad y desarrollo inicial. Las desventajas el mismo autor señala: reducida área de adaptación, tanto en tiempo como espacio (alta interacción genotipo ambiente); escasa variabilidad genética que lo hace vulnerable a las epifitas; necesidad de obtener semillas para cada siembra y su alto costo; necesidad de tecnología avanzada y uso de insumos para aprovechar su potencialidad genética; bajo rendimiento de forraje y rastrojo. **(Castañeda, 1990)**

En la costa norte del Perú se puede sembrar todo el año, considerándose como periodo apropiado de abril a setiembre y periodo óptimo de mayo a julio. Responde favorablemente a suelos profundos de textura media y con alta capacidad de retención de humedad. Se adapta a suelos con pH ligeramente ácido (5,6) a ligeramente alcalino

(7,5). Se han establecido dos épocas en las que el maíz requiere más agua, en su primera fase de crecimiento y cuando está en floración y fructificación (**Serquén, 2008**).

Injante y Joyo (2010), indican que en el cultivo de maíz la mayor demanda de nutrientes se da entre 30-60 días después de la siembra (absorción de 38,5 % N; 26,5 % P; 66 % K; 49,2 % Ca; 46,5 % Mg), seguido de 60-90 días (absorción de 47 %N; 46,5% P; 29,6% K; 46,2% Ca; 42% Mg). Al final de los 90 días se ha completado cerca del 88 % de sus necesidades de N; 74 % de P; 100 % de K y 90 % de Mg. La primera fertilización (NPK) se puede realizar al momento de la siembra a máquina y si es a palana cuando la planta tiene cuatro hojas extendidas, 8 días después de la siembra. La segunda fertilización para completar la dosis de N requerida se realiza cuando la planta tiene ocho hojas extendidas, 25-30 días después de la siembra.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1.LUGAR DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la Comunidad de San Julian, Distrito de Motupe, y en el Fundo la Peña, Distrito de Lambayeque, Provincia y Región de Lambayeque, entre el mes de setiembre del 2016 y el mes de junio del 2017. Geográficamente Lambayeque, el lugar donde se ejecutó la compración de los híbridos y los progenitores, se encuentra ubicado en el norte de la costa peruana, aproximadamente entre las coordenadas geográficas 5 28'36" y 7 14'37" de latitud Sur y 79 41'30" y 80 37'23" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud de 18 m.s.n.m.

3.2.CONDICIONES CLIMATICAS

Durante los meses de conducción del experimento se registraron los datos meteorológicos, que incluye: temperaturas, máxima, mínima y media, humedad relativa, precipitación pluvial. Las condiciones climatológicas son adecuadas para el cultivo de maíz (**Tabla 01, Figura 01**).

TABLA 01. Datos climatológicos, observados durante la conducción experimental.

	Temperatura (°C)			Precipitación.
Mes/año	Máxima	Mínima	Media	(mm)
Set. 16	24.75	14.31	19.53	00
Oct. 16	24.13	17.29	20.71	00
Nov. 16	25.42	17.03	21.22	00
Dic. 16	27.62	18.25	22.93	00
Ene. 17	30.35	22.06	26.20	00
Feb. 17	31.65	22.77	27.16	2.50
Mar. 17	31.54	24.35	27.95	3.71
Abr. 17	28.33	20.62	24.48	00
May. 17	27.70	20.19	23.94	00
Jun. 17	24.68	17.71	21.20	00

3.3.ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICAS DEL SUELO.

Se realizó un muestreo de suelo, para determinar las características físicas-químicas del suelo experimental. Podemos observar que el suelo presentó un pH alcalino, bajos niveles de sales solubles, que se consideran valores normales para los híbridos de maíz; presenta deficiencias de nitrógeno y fosforo por el bajo tenor de materia orgánica; alto contenido de calcáreo, con valor medio de potasio. Las condiciones de suelo son adecuadas para el desarrollo del cultivo de maíz (**Tabla 02**).

TABLA 02. Análisis físico y químico del suelo experimental. Comunidad San Julian de Motupe”, Lambayeque, 2017.

Clase Textural	pH	C.E mhos/cm	M.O. (%)	N	P ppm	K ppm	Calcarea (%)
Franco Arenoso	7.60	2.40	1.32	0.15	7.20	315	3.47

Fuente: Laboratorio Facultad de Agronomía de la U.N.P.R.G.

3.4.PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO

El presente trabajo se desarrolló en dos etapas

- a. Formación de los híbridos simples.

Se realizó mediante la cruce de los padres (P1 = chuska), (P2 = vasquez), (P3 = chimbote), cortando la inflorescencia masculina de los padres que actuaron como hembras en el experimento (P2 = vasquez), (P3 = chimbote), antes que estos se autopolinicen

b. Evaluación de la heterosis, respecto a sus progenitores

Comprobar el rendimiento de los híbridos.

Se utilizaron tres progenitores para formar las cruces F1

Progenitor hembra (P2 = vasquez) x Progenitor masculino (P1 = chuska) (rusticidad)

Progenitor hembra (P3 = chimbote) x Progenitor masculino (P1 = chuska) (rusticidad)

Características de los progenitores

Progenitor hembra (P2 = vasquez), tiene alta capacidad de rendimiento, actuará como hembra o receptora de polen, formado por líneas provenientes de Poza Rica, donde la temperatura llega hasta 43 °C, por lo que transmitirá alelos para hacer frente al cambio climático, tiene las hojas superiores erectas, que permitirá sembrar altas densidades de plantas por hectárea, debido a la modificación de la arquitectura de las plantas.

Progenitor femenino (P3 = chimbote)

El material original fue proporcionado por el Ing. Vásquez que es semillerista.

También tiene alto rendimiento, actuará también como hembra o receptora de polen, formado por líneas provenientes de barranca también es tolerante a las elevadas temperaturas por lo cual se puede adaptar a condiciones del África

Progenitor masculina (P1 = chuska) (rusticidad) que es tolerante a plagas y enfermedades, adaptado a suelos marginales y es prolífico, es de doble propósito para grano y forraje, depende del manejo que se le dé, es tolerante a la bacteriosis, transmite alelos para adaptación a costa norte, el material original proviene del INIA 617, fue adquirido en el INIA-Chiclayo y seleccionado en Pacora.

3.5.CRONOLOGÍA DE TRABAJO

- 1.) Siembra de progenitores y obtención de la F1 para las cruces **P2 x P1**, y **P3 x P1**, se **ejecutó en la Comunidad de “San Julian” de Motupe**
- 2.) Evaluación de la heterosis, se evaluó en el Fundo la Peña, parte baja del Valle Chancay. Cabe **aclarar** que esta evaluación debió realizarse en la Comunidad de

San Julian, de Motupe, pero por falta de area de terreno de cultivo se optó por realizarse en el Distrito de Lambayeque.

3.6.DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En los ensayos de rendimiento se utilizará la prueba de F del Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar, para evaluar los progenitores.

Regla de Decisión: Las hipótesis nulas (H_0 : los progenitores son iguales) se rechazan con un nivel de significación de (0.05) si el F_c resulta mayor que el valor de la tabla F_{tabla} con los grados de libertad correspondientes a cada caso.

Población y Muestra de Estudio: La población estará representada por las semillas de los tres progenitores a evaluar.

3.7.MATERIALES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

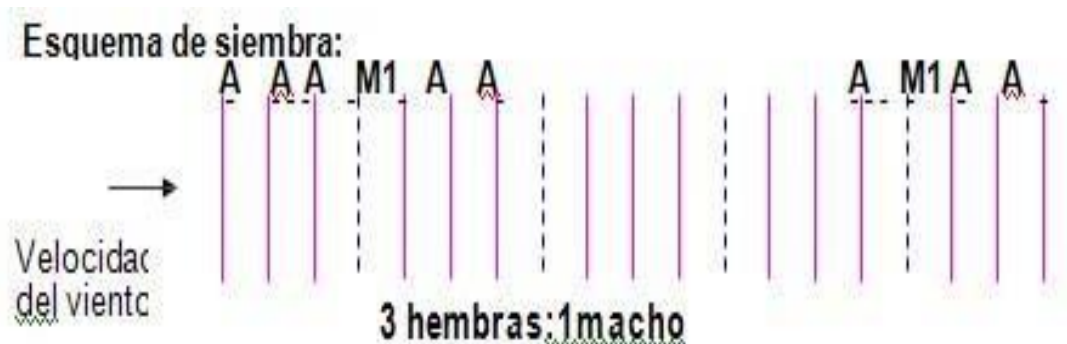
Materiales.

Se emplearon semillas de maíz ya identificadas en trabajos anteriores, de buen potencial de rendimiento y características agronómicas deseables; tolerancia a endocria, buena habilidad combinatoria, alto comportamiento en cruzamiento con otras poblaciones de grupo heterótico opuesto y buena capacidad para generar progenitores endocriados (cruzamiento de individuos emparentados. Tiene por resultado el aumento de las proporciones de individuos homocigotas en una poblacion de desmedro de los heterocigotas). y no endocriados (Vasal et *al.*, 1990). Además, se emplearon fertilizantes, instrumentos de labranza, balanzas, libretas y lo requerido para las evaluaciones de los datos biométricos en campo.

Consideraciones durante la cosecha de las mazorcas en las plantas hembras

- ✓ Se cosechó previamente las hileras de machos (15 días antes de la cosecha de las hembras), que serán eliminadas.
- ✓ Se recolectó en forma manual de las mazorcas provenientes de las plantas hembras.

- ✓ Se realizó la selección manual de mazorcas para la eliminación de mazorcas y granos que por su condición y características se hacen indeseables. Si llegan a la recepción del productor de semilla 1 mazorcas atípicas por cada 1000.



Línea roja continua: plantas hembra

Línea punteada de color azul: son los machos

3.8.DISEÑO EXPERIMENTAL

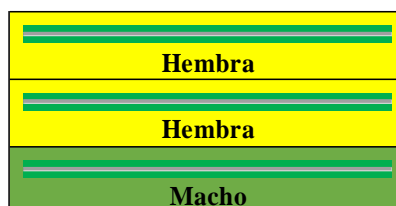
El trabajo, una vez obtenido los híbridos a partir de los progenitores mencionados, los progenitores y un testigo, se les adecuó para su análisis estadístico al diseño experimental de Bloques Completos al Azar.

3.9.CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Disposición del campo para la obtención de los híbridos

Numero de progenitores: 3

Se sembró en una proporción de dos surcos hembras y un surco macho, con una longitud de 30 metros y un distanciamiento entre surco de 0.80 m.



Hembra
Hembra
Macho
Hembra
Hembra
Macho

Característica del ensayo comparativo: progenitores (2), híbridos (2) y testigo (1).

Numero de tratamientos	:	05
Numero de repeticiones o bloques	:	04
Número de parcelas por bloque	:	05
Número de surcos por parcela	:	06
Ditanciamiento entre surcos	:	0.80 m
Largo de parcela	:	6.0 m
Ancho de parcela	:	4.8 m.
Área de parcela	:	19.20 m ²

Bloques

Largo de bloque	:	24.00 m.
Ancho de bloque	:	06.00 m
Área de bloque	:	144.00 m ²
Area total de Bloques	:	576.00 m ²

Calles

Número de calles	:	03
Ancho de calle	:	1.0 m
Area de calles	:	72 m ²

Experimento

- Área neta del experimento : 576.00 m².
- Área total del experimento : 600.00 m².

3.10. INSUMOS, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

- Libreta de campo.
- Papel y lapicero.
- Estacas.
- Letreros de madera, Cordel.
- Yeso.
- Semillas.
- Fertilizantes.
- Pesticidas.
- Palana
- Wincha
- Rastrillo
- Cámara fotográfica.
- Bomba de mochila.
- Balanza.

3.11. MANEJO Y CONDUCCIÓN DEL TRABAJO.

El trabajo se realizó en la Comunidad de San Julian de Motupe y en el Fundo “La Peña” en la parte baja del Valle Chancay, Distrito de Lambayeque. Tanto para la primera etapa cuyo propósito fue sembrar los progenitores hembra y progenitores machos para la obtención de los híbridos, como en la segunda etapa para comparar los híbridos con los progenitores e incluyendo el testigo, se preparó el terreno de manera similar, pasando rastra pesada, cruzando el terreno, para luego proceder a nivelar, surcar y realizar el trazado de las parcelas y de inmediato realizar la siembra, colocando 3 semillas por golpe aun distanciamiento de 0.50 m. Previo a la siembra, la semilla fue tratada con Orthene y Vitavax para evitar el ataque de gusano de tierra y hongos de suelo. El control de malezas se realizó en forma manual durante los primeros 40 días después de la siembra. La presencia de plagas, como gusano de tierra fue controlada con aplicaciones de pesticida. Los riegos, se dieron acorde a las necesidades del cultivo con riego por gravedad. La fertilización, se realizó aplicando como fuente nitrogenada, urea, como fuente fosforada el fosfato di amónico, y de

potasio, sulfato de potasio.

3.12. DETERMINACIÓN DE LA HETEROSIS

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Heterosis} = [(F_1 - (P_x + P_y) / 2)] / (P_x + P_y) / 2 \times 100$$

P_x y P_y : Progenitores

F₁ = P_x x P_y : Cruza o híbrido

Así mismo se estimó la heterobeltiosis, que esta referido a comparar el híbrido con el mejor progenitor.

3.13. CARACTERÍSTICAS REGISTRADAS

3.13.1. Días al 50% de floración masculina

Se realizó desde el momento de la siembra hasta cuando el 50% de la población de cada unidad experimental, inició la dehiscencia de polen.

3.13.2. Días al 50% de floración femenina

Se realizó desde la siembra hasta cuando los estigmas del pistilo se presentaron fuera del jilote, en el 50% de la población en cada unidad experimental.

3.13.3. Altura de planta

Se tomaron diez plantas competitivas de cada parcela, midiéndose la altura desde la base del tallo hasta el último nudo donde nace la última hoja, base de la inflorescencia masculina.

3.13.4. Área foliar

El área foliar se midió cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica. Para evaluar esta característica se registró en 10 plantas por parcela. Para su determinación se realizó las siguientes mediciones:

- 1) Longitud de hoja (L). - Esta medida se realizará desde la aurícula hasta el ápice de la hoja central.
- 2) Ancho de la hoja (A). - Esta medida se realizará en el centro de la lámina de la hoja.

- 3) Número de hojas (N°) Se contará el número total de hojas presentes en la planta.

Para calcular el área foliar, se empleará la fórmula siguiente:

$$AF = L \times A \times N^{\circ} \text{ de hojas} \times 0.75$$

Dónde: 0.75 es una constante de corrección, calculada para hallar el área de la hoja de maíz.

3.13.5. Número de mazorcas por planta

Se estimó en 10 plantas tomadas al azar, a las cuales se contó individualmente el número de mazorcas, para luego obtener un promedio.

3.13.6. Peso de mazorcas por parcela

Se registró el peso de las mazorcas de los surcos centrales de unidad experimental.

3.13.7. Longitud de mazorca

Se registró en diez mazorcas tomadas al azar en cada unidad experimental. Se midió de extremo a extremo en cada mazorca.

3.13.8. Numero de hileras por mazorca

Esta característica se determinó en una muestra de diez mazorcas tomadas al azar, en cada parcela experimental.

3.13.9. Numero de granos por hilera

Se registró, en diez mazorcas tomadas al azar por cada parcela experimental.

3.13.10. Índice de mazorca

Se determinó tomando en cuenta la siguiente relación:

$$\text{Índice mazorca} = \text{peso de mazorca} / \text{peso de grano de mazorca}$$

Para estimar esta relación se tomó una muestra de 10 mazorcas.

3.13.11. Materia seca total

Representa la materia seca de la planta y se expresa en términos de peso. Se determinó a la madurez de cosecha; para ello se tomó un metro lineal, en los surcos centrales, para cada parcela. Las muestras se sometieron a estufa por

espacio de 72 horas a 75° C, hasta obtener un peso constante.

3.13.12. Rendimiento de grano

Se obtuvo pesando la producción de grano por parcela en ambos ambientes, llevando al 14% de humedad. Se expresó en kg/ha.

3.14. ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis de varianza de cada característica, se utilizó el modelo de bloques al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = es la observación de la i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque

μ = es la media general del experimento

α_i = es el efecto asociado de la i-ésimo tratamiento

β_j = es el efecto asociado al j-ésimo bloque

ε_{ij} = variación aleatoria asociada a la parcela de la i-ésimo tratamiento en j-ésimo bloque

Para la comparación de medias para los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 5%.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Observamos en la Tabla 03 que para la fuente de variación repetición todas las características evaluadas no mostraron significación estadística; similar sucedió para la fuente de variación tratamientos, con excepción de altura de planta. El análisis de varianza de la mayoría de las características, implicó aceptar la hipótesis nula, que señala que los tratamientos, que incluyeron la evaluación de los progenitores y los híbridos, tuvieron un comportamiento similar. Los valores de coeficientes de variabilidad, indica que la conducción y evaluaciones, se realizaron correctamente, encontrándose dichos valores entre los rangos aceptables.

TABLA 03. Análisis de varianza de las características evaluadas. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe, Lambayeque, 2017.

CARACTERÍSTICAS		REPETICIÓN	TRATAMIENTOS	ERROR	CV (%)
-----------------	--	------------	--------------	-------	--------

	GL	3	5	15	
Altura de planta		0.02 n.s	0.20 **	0.04	9.61
Área foliar		206.71 n.s	198.42 n.s	155.74	18.23
N° de mazorcas por planta		0.05 n.s	0.02 n.s	0.03	18.99
Diámetro de tallo		0.04 n.s	0.03 n.s	0.03	9.74
N° de granos por hilera		5.93 n.s	6.16 n.s	4.72	6.65
N° de hileras por mazorca		1.00 n.s	2.22 n.s	1.02	7.45
Longitud de mazorca		1.23 n.s	2.14 n.s	1.56	6.77
Diametro de mazorca		0.03 n.s	0.03 n.s	0.02	3.94
Peso de grano / mazorca		0.0011 n.s	0.0016 n.s	0.0013	22.12
Índice de mazorca		0.00062 n.s	0.0018 n.s	0.0023	6.15
Peso de mazorcas / parcela		0.79 n.s	3.72 n.s	3.64	32.92
Rendimiento de grano		428899.37 n.s	3746968.40 n.s	3897870.20	42.17
Días floracion femenina		2.39 n.s	0.77 n.s	2.32	2.61
Días floración masculino		4.33 n.s	0.47 n.s	1.60	2.34

* y ** = Significación y alta significación estadística al 0.05 y 0.01 de prob

4.2. ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

4.2.1. Dias al 50% Floracion Masculina

Los valores promedios obtenidos por los progenitores, el testigo, y las cruzas, mostraron similitud estadística, oscilando entre 54.50 y 53.50 días para iniciar la floración masculina, perteneciendo estos valores a la craza $F_1 = P_3 \times P_1$ y P_1 (Chuska). (Tabla 04, Figura 02).

La heterosis para esta característica fue baja, siendo de 0.70% y 1.16% para las cruzas $P_2 \times P_1$ y $P_3 \times P_1$; valores que no resultan significativas para lograr precocidad; lo mismo sucedió con la heterobetiosis, se registraron valores bajos.

4.2.2. Días al 50% De Floración Femenina

Los valores promedios registrados para los progenitores, las cruzas y el testigo, no mostraron diferencias estadísticas, fluctuando entre 59.00 y 57.75 días, correspondiendo estos valores a las cruzas $P_3 \times P_1$ y $P_2 \times P_1$. (Tabla 05, Figura

03).

La heterosis estimada para ambas cruzas ($P_2 \times P_1$ y $P_3 \times P_1$), no se evidenció con una precocidad para iniciar la floración femenina, comparada con los días que necesitaron los progenitores; esta misma expresión se observó, cuando se calculó la heterobeltiosis, comparando la **F1** para ambos casos con el progenitor superior, resultando valores de -1.28% y 0.42%

4.2.3. Altura de planta

La prueba de Tukey, determinó diferencias estadísticas entre los materiales genéticos de maíz amarillo, donde el progenitor P1 (CHUSKA) registró el mayor promedio de altura con 2.16 m, mostrando similitud estadística con la F1 ($P_3 \times P_1$), F1 ($P_2 \times P_1$), P2 (VASQUEZ) y P3 (CHIMBOTE), pero superior al TESTIGO, que registró la menor altura con 1.61 m. (Tabla 06, Figura 04).

Tabla 04. Días al 50% de la floración masculina. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad “San Julian” de Motupe y Fundo “La Peña” Distrito de Lambayeque. Región Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
F1 (P3 X P1)	54.50	A
P3 (CHIMBOTE)	54.25	A
P2 (VASQUEZ)	54.25	A
TESTIGO	54.25	A
F1 (P2 x P1)	54.25	A
P1 (CHUSKA)	53.50	A
DMS	5.69	
HETEROSIS	%	
H1 = $(F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	0.70	
H2 = $(F_1 - (P_3 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	1.16	
HETEROBELTIOSIS	%	
HB1 = $F_1 - P_s / P_s \times 100$	0.00	
HB2 = $F_1 - P_s / P_s \times 100$	0.46	

Figura 02. Días a la floración masculina. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

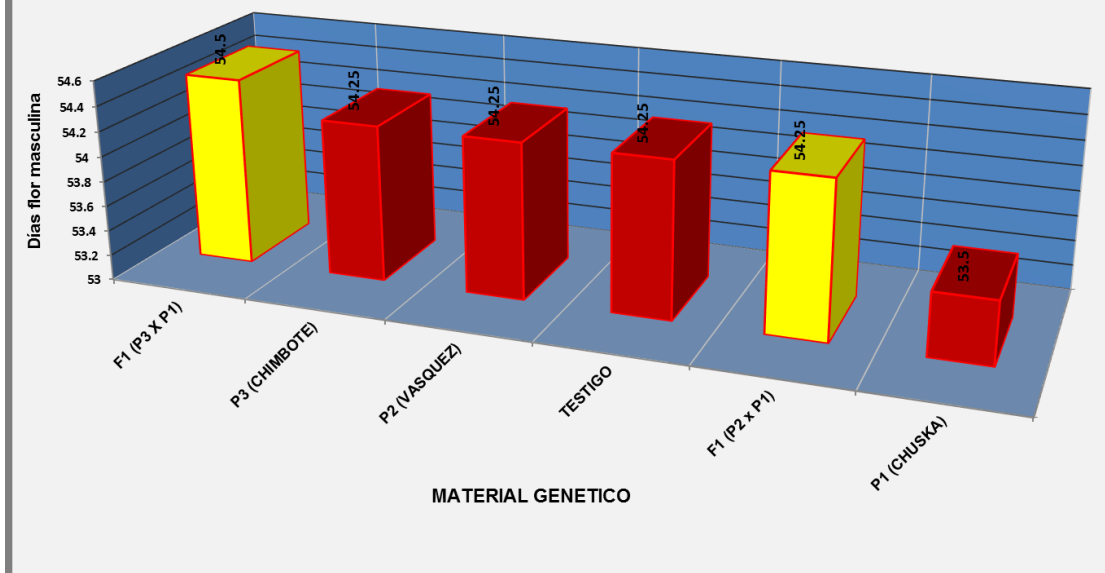


Tabla 05. Días a la floración femenina. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
F1 (P3 X P1)	59.00	A
P3 (CHIMBOTE)	58.75	A
P2 (VASQUEZ)	58.50	A
TESTIGO	58.25	A
P1 (CHUSKA)	58.25	A
F1 (P2 x P1)	57.75	A
DMS	4535.69	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F1 - (P2 + P1) / 2) / (P2 + P1) / 2 \times 100$	-1.07	
$H2 = (F1 - (P3 + P1) / 2) (P2 + P1) / 2 \times 100$	0.85	
HETEROBELTIOSIS	%	

$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-1.28	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	0.42	

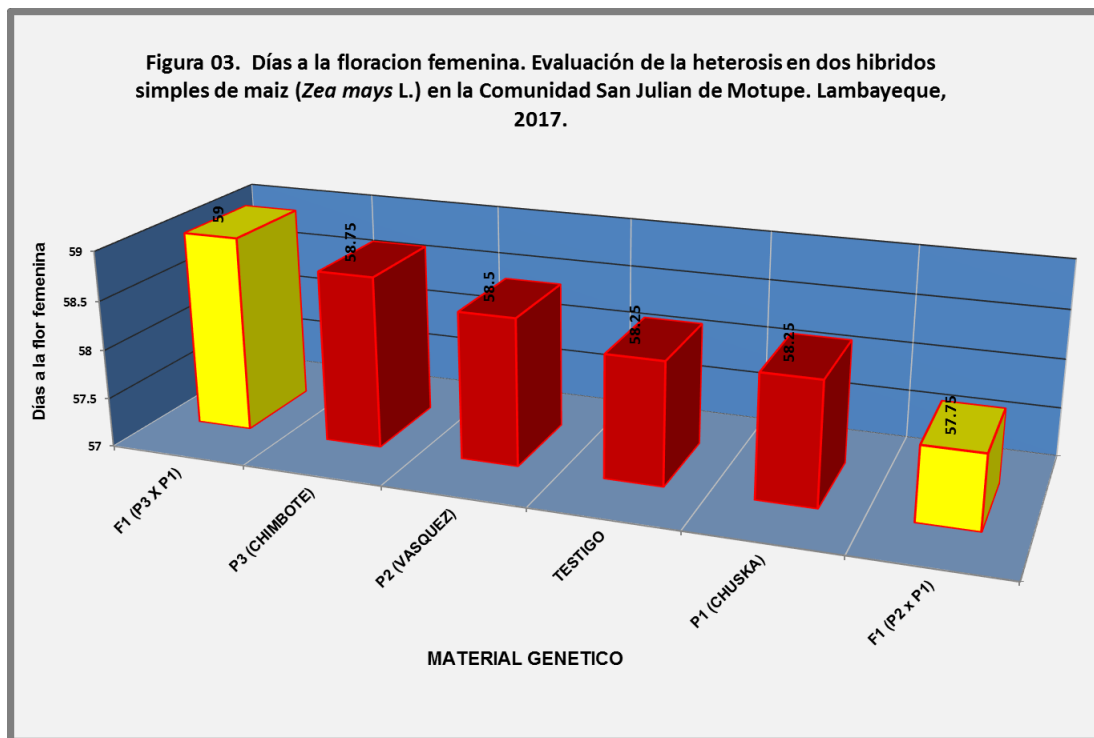
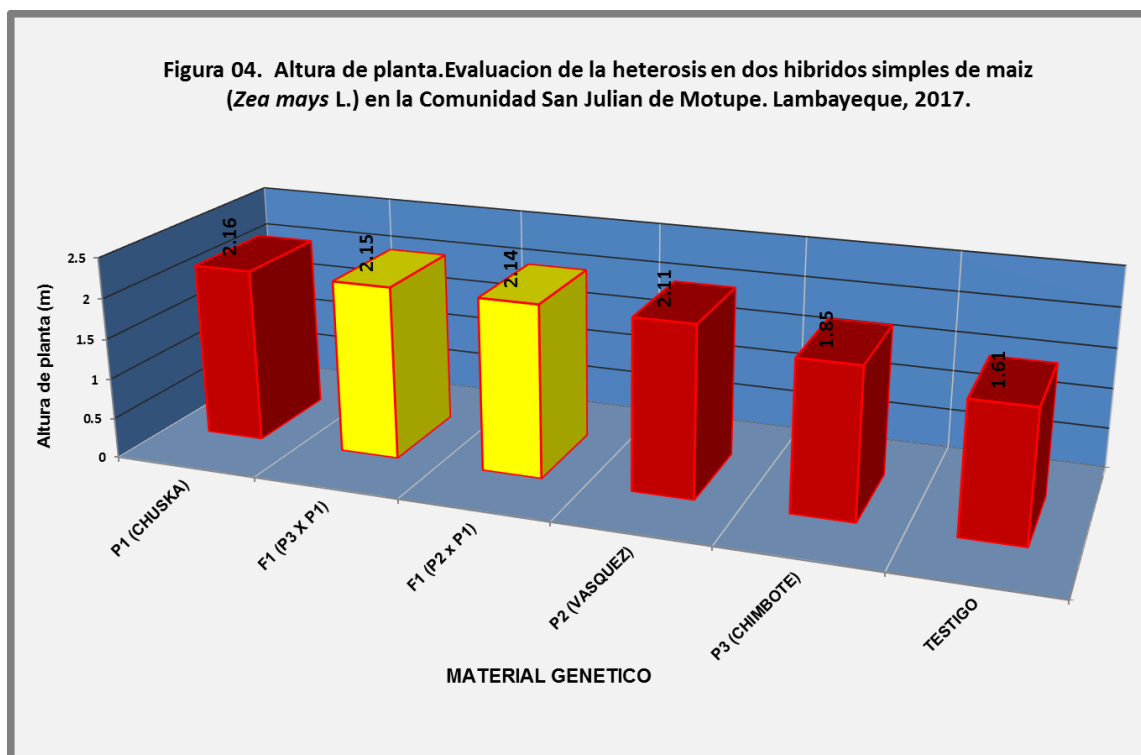


Tabla 06. Altura de planta (m). Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P1 (CHUSKA)	2.16	A
F1 (P3 X P1)	2.15	A
F1 (P2 x P1)	2.14	A
P2 (VASQUEZ)	2.11	A
P3 (CHIMBOTE)	1.85	A B
TESTIGO	1.61	B
DMS	0.441	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F1 - (P2 + P1) / 2) / (P2 + P1) / 2 \times 100$	0.23	
$H2 = (F1 - (P3 + P1) / 2) (P2 + P1) / 2 \times 100$	7.23	
HETEROBELTIOSIS	%	
$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	- 0.92	

$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-0.46	
-----------------------------------	-------	--



La **heterosis** para el híbrido $F_1 = P_1 \times P_2$ fue de 0.23%, valor inferior comparado con el valor de heterosis para el híbrido $F_1 = P_1 \times P_3$, equivalente a 7.23%; es probable que exista una mejor combinación del acervo genético contenido en las poblaciones de los progenitores **P₁** y **P₃**.

La **heterobeltiosis (HB₁)** determinada para esta característica cuando se comparó la $F_1 = P_1 \times P_2$ con el mejor progenitor (P₁), fue negativa y con un valor equivalente a -0.92%, lo mismo sucedió cuando se determinó la heterobeltiosis (**HB₂**) y se comparó la $F_1 = P_1 \times P_3$ con el mejor progenitor (**P₁**), obteniéndose un valor de heterobeltiosis equivalente a -0.46%.

4.2.4. Diámetro De Tallo

La comparación de promedio a través de la prueba de Tukey, expresó similitud en sus valores de diámetro de tallo, cuyos valores oscilaron entre 1.71 y 1.53 cm, correspondiendo estos a los materiales $F_1 (P_2 \times P_1)$ y $F_1 (P_3 \times P_1)$. (Tabla 07, Figura 05).

La **heterosis** estimada para el híbrido $F_1 = P_2 \times P_1$ fue muy baja, con un valor equivalente a 1.78%, mientras que la heterosis para el híbrido $F_1 = P_3 \times P_1$ fue negativa con un valor de -7.55%. Por otro lado, la **heterobeliosis** estimada, fue de 0.00 y -7.83% para **HB₁** y **HB₂** respectivamente; lo que implica que los valores híbridos no difirieron con los valores registrados para los padres. Supuestamente, por los resultados obtenidos para esta característica, no se produce una combinación de genes que produzca una actividad superior a los valores registrados para los progenitores.

4.2.5. Longitud de mazorca

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey, se determinó similitud estadística entre los valores promedios correspondiente a la longitud de mazorca, cuyos valores oscilaron entre 19.28 y 17.18 cm, correspondiente a los materiales **P₁ (CHUSKA)** y **F₁ (P₃ x P₁)**. En cuanto a la **heterosis**, se determinó que en ambas cruzas **F₁ (P₂ x P₁)** y **F₁ (P₃ x P₁)**, se expresó una disminución de vigor híbrido, siendo en el primer caso de -2.164% y en el segundo caso de -10.24%, cuando se les comparó con el promedio de los progenitores $[(F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1)]$. (Tabla 08, Figura 06).

Tabla 07. Diametro de tallo (cm). Evaluacion de la heterosis en dos hibridos simples de maiz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
F₁ (P₂ x P₁)	1.71	A
P₂ (VASQUEZ)	1.71	A
P₃ (CHIMBOTE)	1.66	A
P₁ (CHUSKA)	1.65	A
TESTIGO	1.55	A
F₁ (P₃ X P₁)	1.53	A
DMS	0.36	
HETEROSIS	%	
H₁ = $(F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) \times 100$	1.78	
H₂ = $(F_1 - (P_3 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) \times 100$	- 7.55	
HETEROBELTIOSIS	%	

$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	0.00	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-7.83	

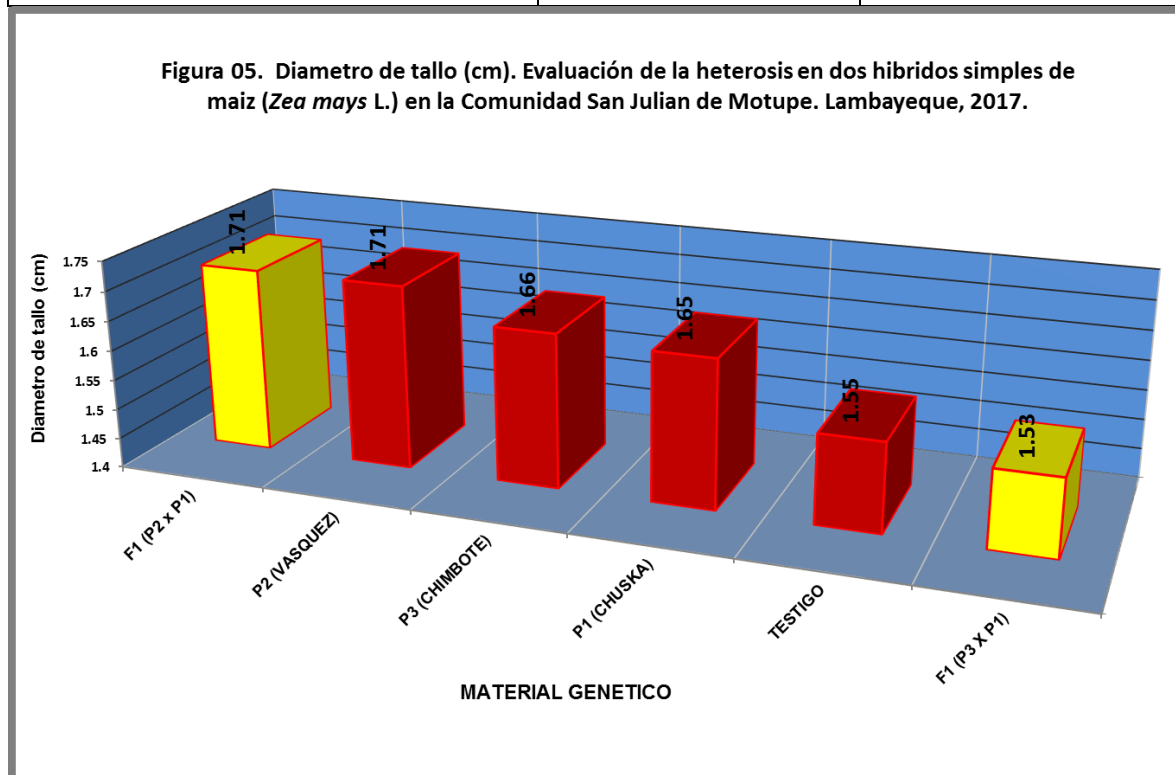
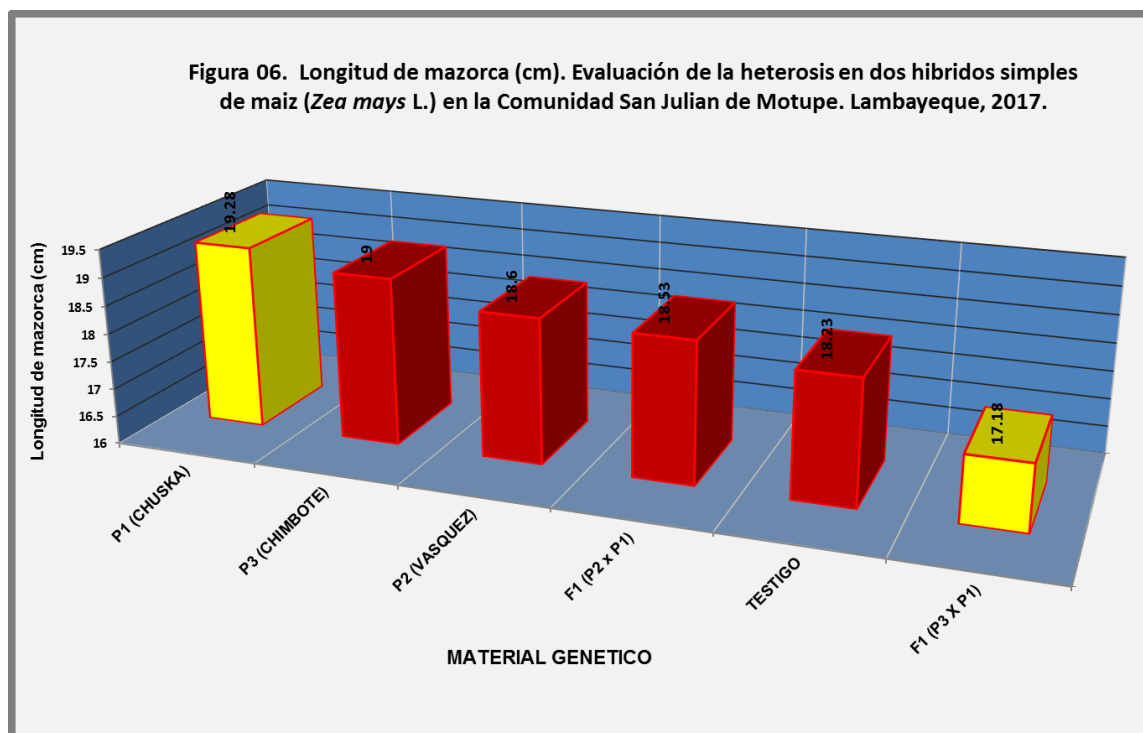


Tabla 08. Longitud de mazorca (cm). Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P ₁ (CHUSKA)	19.28	A
P ₃ (CHIMBOTE)	19.00	A
P ₂ (VASQUEZ)	18.60	A
F ₁ (P ₂ x P ₁)	18.53	A
TESTIGO	18.23	A
F ₁ (P ₃ x P ₁)	17.18	A
DMS	2.87	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-2.16	
$H2 = (F_1 - (P_3 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-10.24	
HETEROBELTIOSIS	%	

$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-3.89	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-1.10	



Los híbridos, **F₁ (P₂ x P₁)** y **F₁ (P₃ x P₁)** no superaron a los progenitores superiores, por lo que los resultados de heterobeltiosis fueron negativos; siendo el efecto mas negativo cuando el híbrido F₁ fue producto del cruzamiento P₃ x P₁, lo que quiere decir que los factores geneticos aportados por los progenitores no se complementan favorablemente para mejorar esta característica en longitud o tamaño de mazorca.

4.2.6. Diámetro de Mazorca

La comparación de los valores promedios mediante la prueba de Tukey, se determinó que, si existió diferencias estadísticas, fluctuando los valores entre 3.27 y 3.26 cm de diámetro de mazorca, correspondiendo estos, a los materiales **TESTIGO** y **P₂ (VÁSQUEZ)** (Tabla 09, Figura 07).

La **heterosis** estimada para esta característica, disminuyó cuando se realizaron las cruzas **F₁ (P₂ x P₁)** y **F₁ (P₃ x P₁)**, comparada con el promedio de los progenitores, registrándose valores de -1.91% y -0.94%, para el primer y segundo caso

respectivamente. La, razon de estos resultados, son los mismos de lo que puede haber ocurrido con el tamaño en longitud de la mazorca. Esto puede evidenciarse tambien con los resultados de **heterobeltiosis**, pues los híbridos $F_1 = P_2 \times P_1$ y $F_1 = P_3 \times P_1$ no superaron a los progenitores superiores, registrándose valores negativos de -4.34 y -2.48 para cada caso; quedando claro que no existió complementariedad favorable en los acervos genéticos de los progenitores.

4.2.7. Numero de Granos por Hilera

Aplicando la prueba de Tukey, para comparar los valores promedio obtenidos por cada material para esta característica, se determinó similitud estadística, cuyos valores fluctuaron entre 34.45 y 31.00 granos por hilera, correspondiendo estos, a los materiales **P₃ (CHIMBOTE)** y **F₁ (P₃ x P₁)**. (Tabla 10, Figura 08).

Referente a la **heterosis**, se estimó un valor de 0.76% para la cruza **F₁ (P₂ x P₁)**, mientras que en la cruza **F₁ (P₃ x P₁)**, la heterosis fue negativa (-8.89%). Así mismo la heterobeltiosis, comparando el híbrido **F₁** con el progenitor superior, en el caso **F₁ (P₂ x P₁)**, fue de -0.6%, y en el caso **F₁ (P₃ x P₁)**, fue de -3.45%. Según estos resultados, pareciera que no existió un complemento genético que favorezca una actividad metabólica entre los progenitores que pudiera haber afectado.

Tabla 09. Diametro de mazorca (cm). Evaluacion de la heterosis en dos hibridos simples de maiz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
TESTIGO	3.27	A
P1 (CHUSKA)	3.22	A B
F1 (P3 X P1)	3.14	A B
P3 (CHIMBOTE)	3.12	A B
F1 (P2 x P1)	3.08	A B
P2 (VASQUEZ)	3.06	B
DMS	0.28	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-1.91	
$H2 = (F_1 - (P_3 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-0.94	

HETEROBELTIOSIS	%	
$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-4.34	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-2.48	

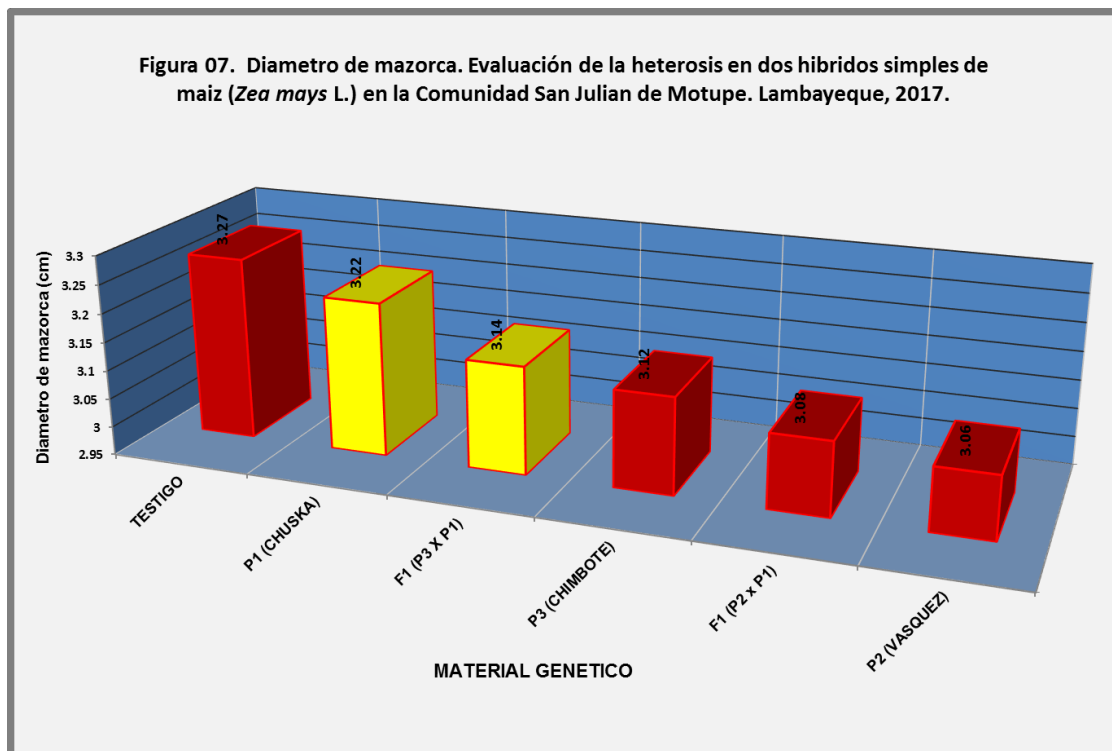
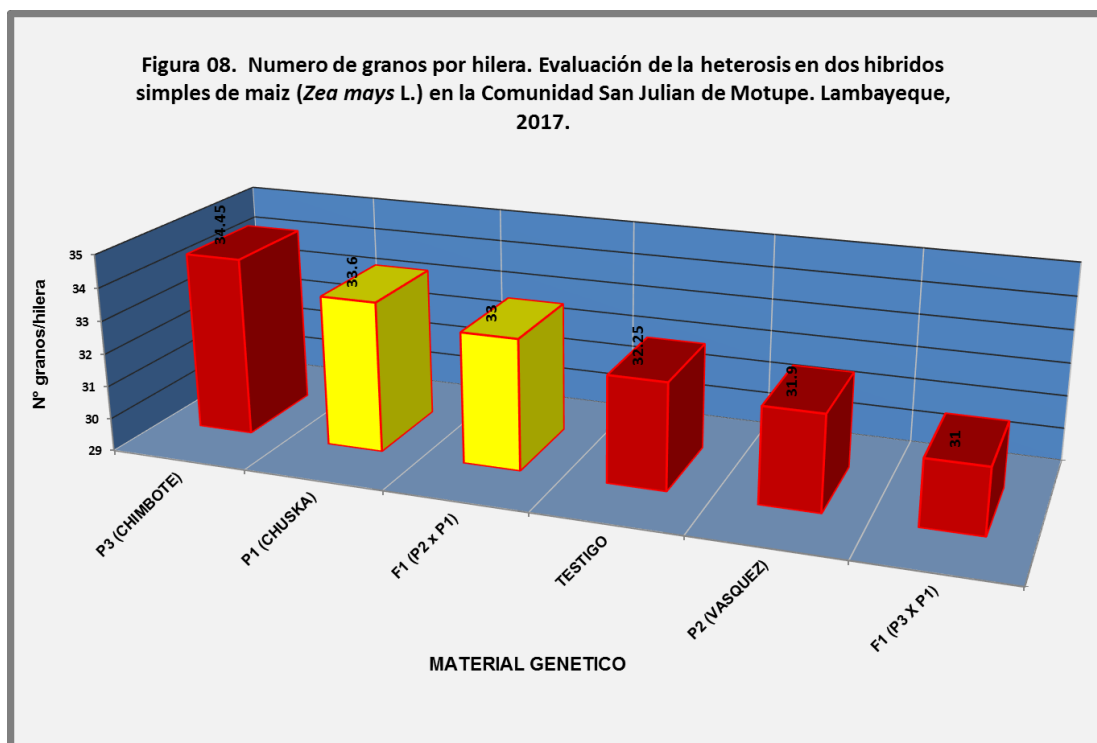


Tabla 10. Granos por hilera. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P3 (CHIMBOTE)	34.45	A
P1 (CHUSKA)	33.60	A
F1 (P2 x P1)	33.00	A
TESTIGO	32.25	A
P2 (VASQUEZ)	31.90	A
F1 (P3 X P1)	31.00	A
DMS	4.99	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F1 - (P2 + P1) / 2) / (P2 + P1) / 2 \times 100$	0.76	
$H2 = (F1 - (P3 + P1) / 2) (P2 + P1) / 2 \times 100$	-8.89	
HETEROBELTIOSIS	%	

$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-1.78	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-10.01	



número de granos en la cruza **F₁**, en los casos mencionados; pero es más evidente cuando se consideró el progenitor **P₃** (VASQUEZ).

4.2.8. Numero de Hileras por Mazorca

Se determinó diferencias estadísticas entre los valores promedio obtenidos por el material genético, fluctuando los valores entre 14.90 y 12.80 hileras por mazorca, correspondiendo los mismos, a los tratamientos **TESTIGO** y **F₁ = P₃ x P₁**. (Tabla 11, Figura 09).

La **heterosis** obtenido por la cruza **F₁ = P₂ x P₁**, fue de -4.37%, mientras que para la cruza **F₁ = P₃ x P₁** fue de -5.19%.

En cuanto a la **heterobeltiosis**, para la **F₁** producto de la cruza **P₂ x P₁**, manifestó un valor negativo de -5.07%; mientras que para la **F₁** correspondiente a la cruza **P₃ x P₁**, fue del -7.24%. Por los resultados obtenidos, existió un complemento genético de los progenitores para ambas cruzas que afectó negativamente el número de hileras por mazorca.

4.2.9. Numero de Mazorcas por Planta

La prueba de tukey, detectó similitud estadística entre los valores promedio de prolificidad, de los materiales en estudio, oscilando los valores entre 1.07 y 0.83 mazorcas por planta, perteneciendo estos valores al progenitor **P₃** (**CHIMBOTE**) y a la cruza **F₁ = P₃ x P₁**. (**Tabla 12, Figura 10**).

Se registró una heterosis positiva en la cruza **F₁ = P₂ x P₁** con un valor equivalente a 3.74%, mientras que la cruza **F₁ = P₃ x P₁** registró un valor de heterosis negativo equivalente a -17.40%. En cuanto a la heterobeltiosis, el híbrido **F₁** de la cruza **P₂ x P₁** registró un valor de 3%, mientras que para el híbrido **F₁** de la cruza **P₃ x P₁** registró un valor negativo de -17.41%. Estos resultados no son significativos, de tal manera que no afectaron favorablemente para incrementar el numero de mazorcas por planta. Sin embargo, se puede mencionar que nos da indicio de un efecto interactivo superior de los progenitores para la cruza **F₁ = P₂ x P₁** que para la cruza **F₁ = P₃ x P₁**.

Tabla 11. Número de hileras por mazorca. Evaluacion de la heterosis en dos híbridos simples de maiz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
TESTIGO	14.90	A
P1 (CHUSKA)	13.80	A B
P2 (VASQUEZ)	13.60	A B
P3 (CHIMBOTE)	13.20	B
F1 (P2 x P1)	13.10	B
F1 (P3 X P1)	12.80	B
DMS	2.32	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-4.37	
$H2 = (F_1 - (P_3 + P_1) / 2) (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-5.18	

HETEROBELTIOSIS	%	
$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-5.07	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-7.24	

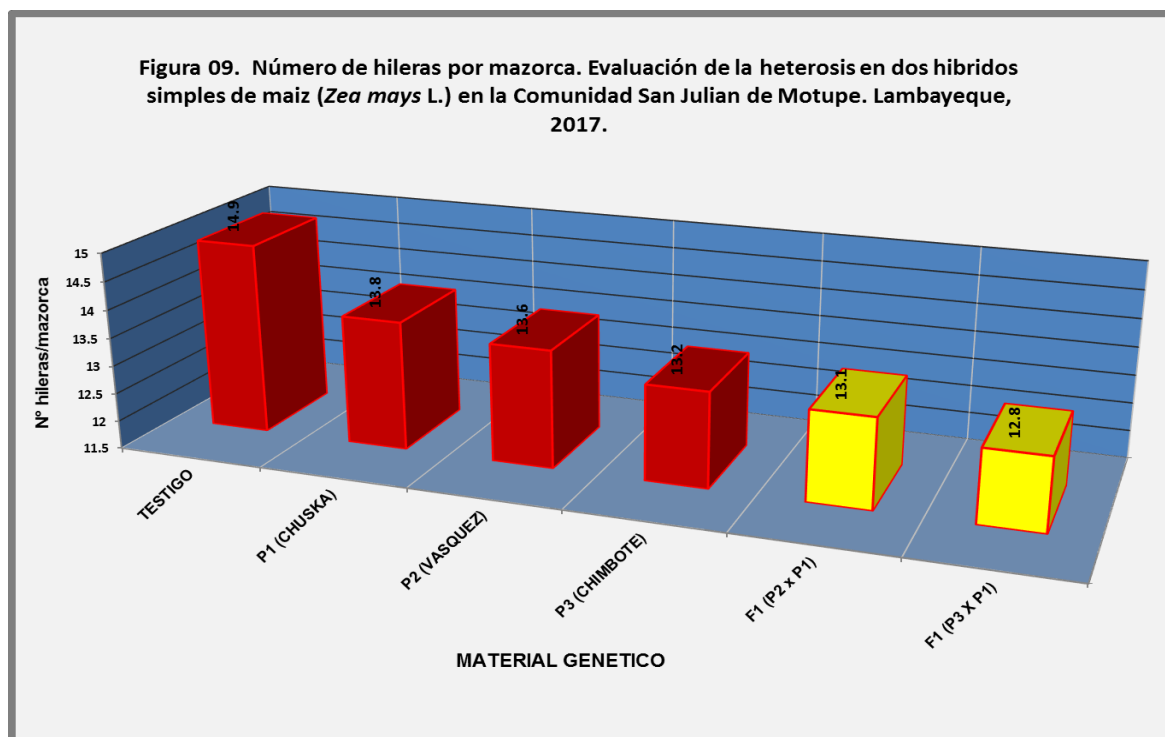
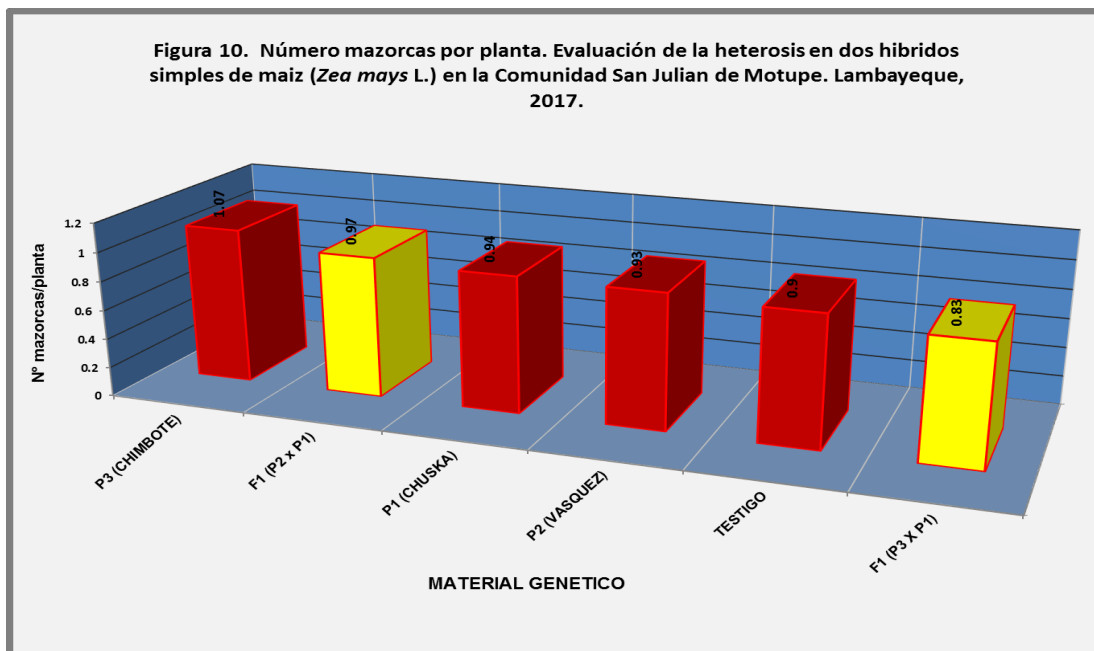


Tabla 12. Número de mazorcas por planta. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P3 (CHIMBOTE)	1.07	A
F1 (P2 x P1)	0.97	A
P1 (CHUSKA)	0.94	A
P2 (VASQUEZ)	0.93	A
TESTIGO	0.90	A
F1 (P3 X P1)	0.83	A
DMS	0.409	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F1 - (P2 + P1) / 2) / (P2 + P1) / 2 \times 100$	3.74	
$H2 = (F1 - (P3 + P1) / 2) / (P2 + P1) / 2 \times 100$	-17.41	

HETEROBELTIOSIS	%	
$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	3.19	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-22.42	



4.2.10. Peso de Mazorcas por Parcela

No se detectó diferencias estadísticas entre el peso de mazorcas por parcela, fluctuando los valores entre 6.88 y 4.12 kg, correspondiendo estos valores a la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$ y al progenitor P_3 (CHIMBOTE). (Tabla 13, Figura 11).

La heterosis de la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$ registró un valor de 10.08%, inferior al valor de heterosis obtenido por la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$ equivalente a 15.41%, aparentemente, sucede una mejor interacción de los factores genéticos para el segundo caso. Sin embargo, en la heterobeltiosis, se tiene mejores resultados para la cruza $P_2 \times P_1$ (5.84%) comparado con el progenitor superior, que para la cruza $P_3 \times P_1$ (-2.66%). Estos resultados, se producen teniendo en cuenta que tenemos un mejor peso de mazorcas por parcela para el híbrido $F_1 = P_2 \times P_1$.

4.2.11. Area Foliar

Los valores promedio de área foliar, no difirieron estadísticamente, fluctuando entre 77.30 y 59.84 dm², correspondiendo los mismos a los materiales P_1 (CHUSKA) y el TESTIGO (Tabla 14, Figura 12).

La heterosis, para la craza $F_1 = P_2 \times P_1$ fue negativa, con un valor de -2.98%; así mismo para la craza $F_1 = P_3 \times P_1$, donde se produjo un mayor detrimento del área foliar, con un valor equivalente a -19.67%; en cuanto a la heterobeliosis, para ambas cruza también resultó negativas con valores equivalentes a -7.46% y -22.21%. Estos resultados, indican que la condición genética de los progenitores no complementó positivamente para incrementar el área foliar, en cualquiera de las cruza F_1 . Con estos resultados se presume que la constitución genética del progenitor femenino P_3 (Chimbote) no interactúa favorablemente con el progenitor masculino P_1 (INIA 617), como ha ocurrido en las características antes discutidas.

Tabla 13. Peso de mazorcas por parcela (kg). Evaluacion de la heterosis en dos hibridos simples de maiz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
F1 (P2 x P1)	6.88	A
P2 (VASQUEZ)	6.50	A
P1 (CHUSKA)	6.00	A
F1 (P3 X P1)	5.84	A
TESTIGO	5.42	A
P3 (CHIMBOTE)	4.12	A
DMS	4.38	
HETEROSIS	%	
H1 = $(F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	10.08	
H2 = $(F_1 - (P_3 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	15.41	
HETEROBELTIOSIS	%	
HB1 = $F_1 - P_s / P_s \times 100$	5.84	
HB2 = $F_1 - P_s / P_s \times 100$	-2.66	

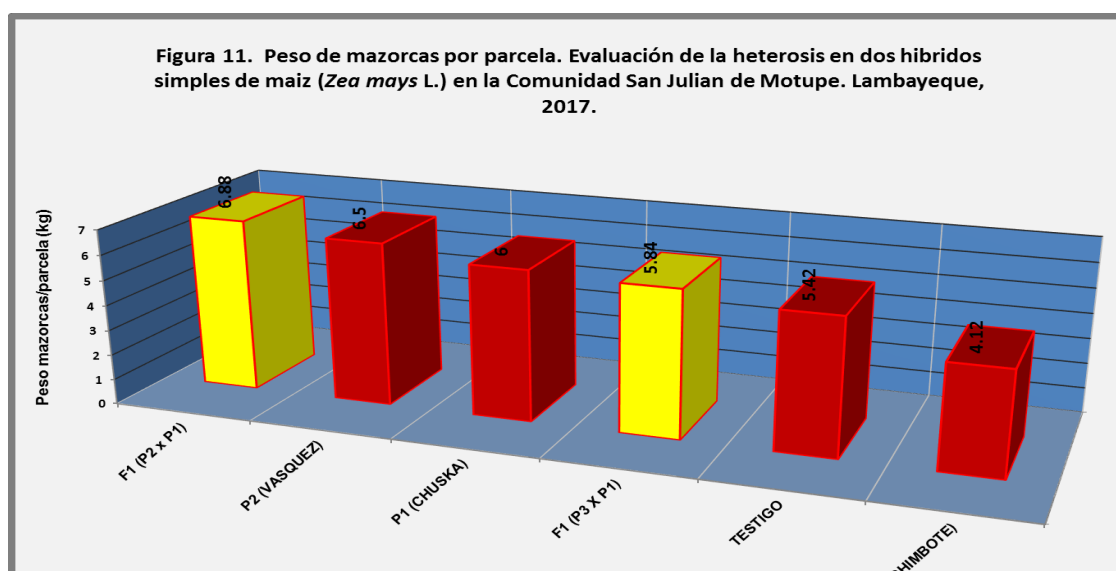
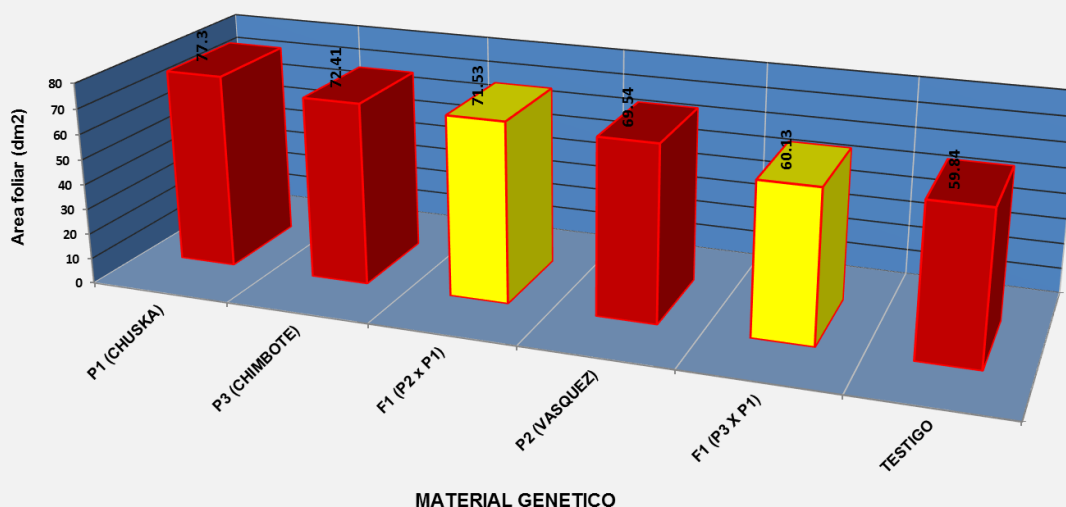


Tabla 14. Area foliar (dm2). Evaluacion de la heterosis en dos hibridos simples de maiz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P1 (CHUSKA)	77.30	A
P3 (CHIMBOTE)	72.41	A
F1 (P2 x P1)	71.53	A
P2 (VASQUEZ)	69.54	A
F1 (P3 x P1)	60.13	A
TESTIGO	59.84	A
DMS	28.67	
HETEROSIS	%	
H1 = $(F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-2.58	
H2 = $(F_1 - (P_3 + P_1) / 2) (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-19.66	
HETEROBELTIOSIS	%	
HB1 = $F_1 - P_s / P_s \times 100$	-7.46	
HB2 = $F_1 - P_s / P_s \times 100$	-22.21	

Figura 10. Area foliar por planta. Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.



4.2.12. Índice de Mazorca

Los valores promedio de índice de mazorca para los materiales, no variaron estadísticamente, oscilando entre 0.81 y 0.74, correspondiendo estos valores a los materiales **P₂ (VASQUEZ)** y **P₃ (CHIMBOTE)**. (Tabla 15, Figura 13). La heterosis estimada para la crusa **F₁ (P₂ x P₁)**, fue negativa, con valor equivalente a -0.628% y una heterobeltiosis de -2.47%. Sin embargo, la heterosis para la crusa **F₁ (P₃ x P₁)**, fue positiva, siendo su valor de 3.95% y una heterobeltiosis equivalente a 1.28%; este resultado, indica el efecto genético complementario positivo de los progenitores **P₃** y **P₁** en la crusa, pero no de mucho impacto, que ha permitido la formación de mayor cantidad de grano en peso que de coronta.

4.2.13. Peso de Grano por Mazorca

Los valores promedio de grano por mazorca, no difirieron estadísticamente, fluctuando sus valores entre 0.200 y 0.140 gramos, correspondiendo los mismos a los materiales **P₁ (CHUSKA)** y **F₁ = P₃ x P₁** (Tabla 16, Figura 14). La heterosis fue negativa para la crusa **F₁ = P₂ x P₁**, con un valor equivalente a -14.29%, y una heterobeltiosis de -25.00%; similar sucedió con la heterosis de

la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$, registrándose un valor de -22.22% y una heterobeltiosis de - 30.00%. Por los resultados obtenidos, se presume que la complementariedad genética de los progenitores no afectó positivamente para incrementar el peso por mazorca en las cruzas.

4.2.14. Rendimiento de Grano

Los valores promedio de rendimiento de grano, no difirieron estadísticamente, oscilando sus los valores entre 5740.63 kg/ha para la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$ y 2935.00 kg/ha para el progenitor P_3 (CHIMBOTE). El material que actuó como **Testigo**, registró un rendimiento de grano de 4426.56 kg/ha (**Tabla 17, Figura 15**).

La heterosis fue positiva para ambas cruzas $P_2 \times P_1$ y $P_3 \times P_1$; para el primer caso fue de 13.89%, y para el segundo caso fue de 27.26%. La heterobeltiosis para la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$, registró un valor de 8.25%; sin embargo, para la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$, la heterobeltiosis fue mucho menor con un valor de 2.72%.

Tabla 15. Índice de mazorca. Evaluacion de la heterosis en dos hibridos simples de maiz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P2 (VASQUEZ)	0.81	A
F1 (P2 x P1)	0.79	A
TESTIGO	0.79	A
F1 (P3 X P1)	0.79	A
P1 (CHUSKA)	0.78	A
P3 (CHIMBOTE)	0.74	A
DMS	0.11	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-0.628	
$H2 = (F_1 - (P_3 + P_1) / 2) (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	3.947	
HETEROBELTIOSIS	%	

$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-2.47	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	1.28	

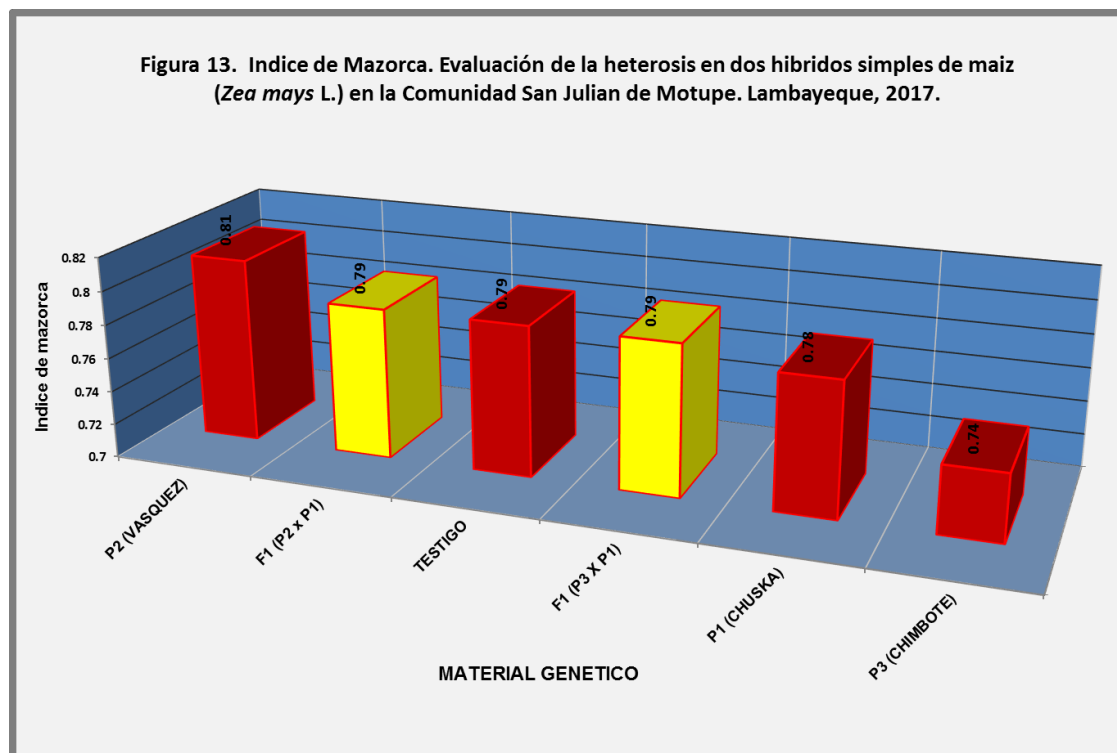


Tabla 16. Peso de grano por mazorca (g). Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
P1 (CHUSKA)	0.200	A
TESTIGO	0.170	A
P3 (CHIMBOTE)	0.160	A
F1 (P2 x P1)	0.150	A
P2 (VASQUEZ)	0.150	A
F1 (P3 X P1)	0.140	A
DMS	0.080	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F_1 - (P_2 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-14.28	
$H2 = (F_1 - (P_3 + P_1) / 2) / (P_2 + P_1) / 2 \times 100$	-22.22	

HETEROBELTIOSIS	%	
$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-25.00	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	-30.00	

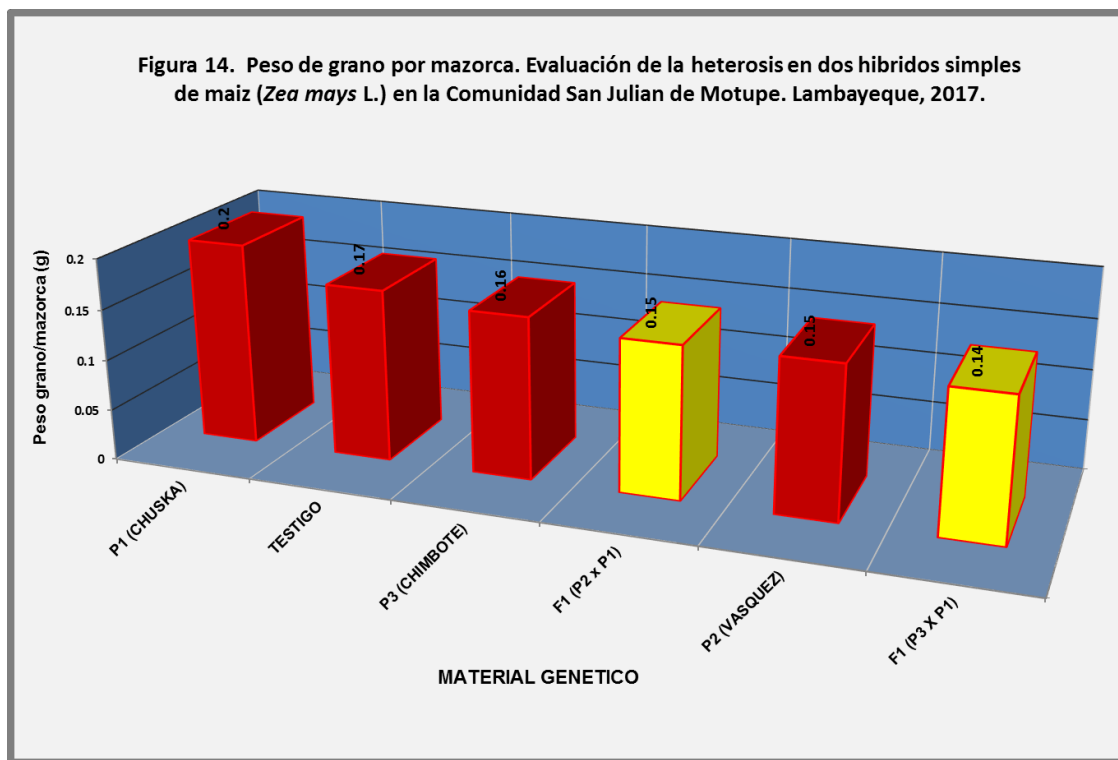
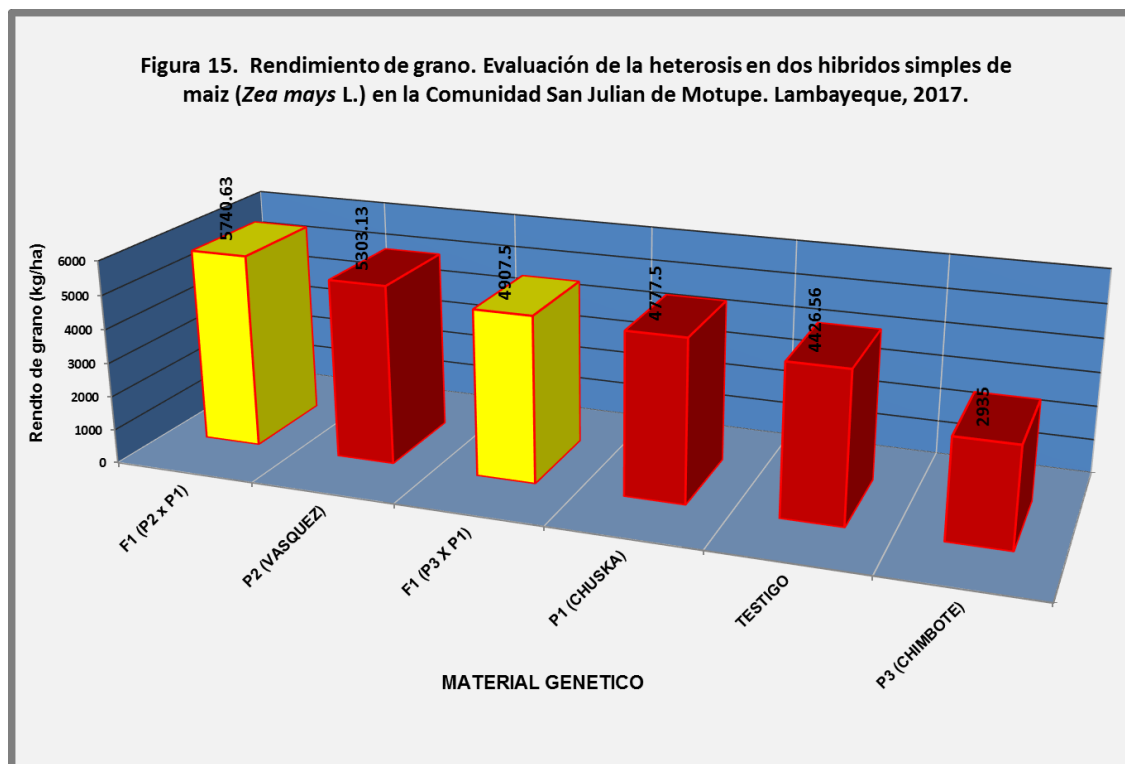


Tabla 17. Rendimiento de grano por hectarea (kg/ha). Evaluación de la heterosis en dos híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) en la Comunidad San Julian de Motupe. Lambayeque, 2017.

TRATAMIENTOS	PROMEDIO	SIG. (A = 0.05)
F1 (P2 x P1)	5740.63	A
P2 (VASQUEZ)	5303.13	A
F1 (P3 X P1)	4907.50	A
P1 (CHUSKA)	4777.50	A
TESTIGO	4426.56	A
P3 (CHIMBOTE)	2935.00	A
DMS	4535.69	
HETEROSIS	%	
$H1 = (F1 - (P2 + P1) / 2) / (P2 + P1) / 2 \times 100$	13.89	
$H2 = (F1 - (P3 + P1) / 2) (P2 + P1) / 2 \times 100$	27.24	

HETEROBELTIOSIS	%	
$HB1 = F1 - P_s / P_s \times 100$	8.24	
$HB2 = F1 - P_s / P_s \times 100$	2.72	



Según los resultados obtenidos, existió una mejor complementariedad genética de los progenitores **P₃** y **P₁**, en la cruza **F₁ = P₃ x P₁**, que se expresó en una heterosis o vigor híbrido superior, en cuanto a rendimiento de grano, que los progenitores **P₂** y **P₁** en la cruza **F₁ = P₂ x P₁**. En un trabajo realizado por **Gaytan - Mayek (2010)**, para determinar heterosis en maíz, cruzando progenitores de Valles Altos x Tropicales en México, encontró que la heterosis para rendimiento de grano en las cruzas fue de 50.7 a 618.6% y la heterobeliosis de 32.9% a 476.9 %. Así mismo concluyen que al incrementarse la heterosis aumenta el rendimiento de las cruzas, pero la heterosis disminuye al incrementarse el rendimiento de grano de los progenitores. Esto último ha ocurrido en nuestro trabajo, en la cruza **F₁ = P₂ x P₁**.

4.3. ANALISIS MULTIVARIADO

4.3.1. Analisis de Cluster

Una forma más fácil de interpretar el historial de conglomeración, es a través del análisis de Cluster. Podemos observar en la **Figura 16**, que la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$, el progenitor P_1 (**Chuska**) y el testigo tienen, probablemente características similares genéticas y fenotípicamente; otra apreciación a estos resultados, deja evidencia que el efecto del progenitor P_1 en la cruza es mayor que el progenitor P_3 (**Chimbote**). Por otro lado, se forma otro grupo entre la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$ y P_2 , presumiéndose que ambos materiales tienen características genéticas y fenotípicas similares, y que el progenitor P_2 (**Vasquez**) tuvo un efecto mayor que el progenitor P_1 en la expresión de la cruza. El progenitor P_3 (**Chimbote**), aparece aislado, probablemente el efecto que causó en la cruza $P_3 \times P_1$ no fue trascendente.

4.3.2. Analisis de componentes principales

En el **Tabla 19**, la matriz de correlaciones, podemos observar que existe una correlación directa muy fuerte entre longitud de mazorca **con** granos por hilera, prolificidad, peso de grano por mazorca; área foliar con longitud de mazorca, granos por hilera, prolificidad, peso de grano por mazorca. Granos por hilera **con** prolificidad; e índice de mazorca con el rendimiento de grano.

TABLA 18. Historial de conglomeración, de dos progenitores, dos híbridos y un testigo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), Motupe, Lambayeque, 2017.

Historial de conglomeración						
Etapa	Clúster combinado		Coeficientes	Primera aparición del clúster de etapa		Etapa siguiente
	Clúster 1	Clúster 2		Clúster 1	Clúster 2	
1	2	3	8646,324	0	0	3
2	1	4	104356,665	0	0	4
3	2	6	219958,293	1	0	4
4	1	2	1023045,016	2	3	5
5	1	5	4685370,900	4	0	0

Figura 16. Dendrograma, de dos progenitores, dos híbridos y un testigo de maíz

amarillo duro (*Zea mays* L.), Motupe, Lambayeque, 2017.

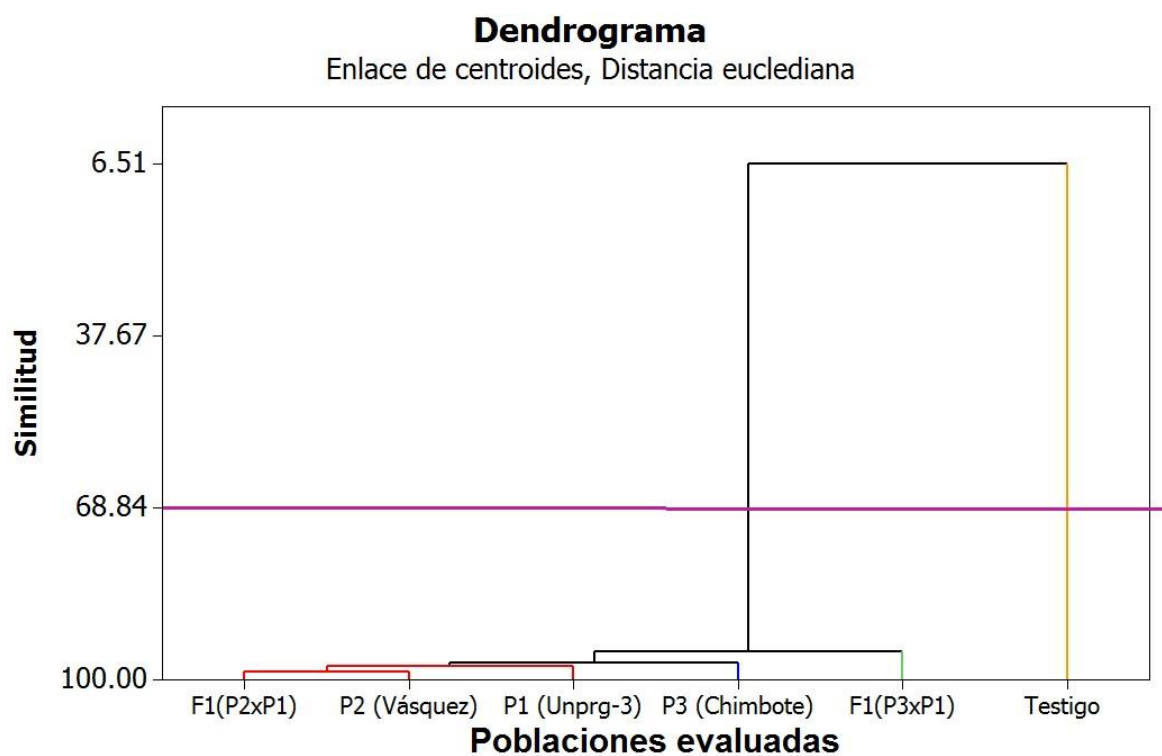


TABLA 19. Matriz de correlaciones de las características evaluadas en dos progenitores, dos híbridos y un testigo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), Motupe, Lambayeque, 2017.

		MATRIZ DE CORRELACIONES																
		ALTURA DE PLANTA	HOJAS/PLANTA	DIAMETRO DE TALLO	AREA FOLIAR	LONG. DE MAZORCA	DIAMETRO MAZORCA	GRANOS/HIL	N° DE HILERAS /MAZORCA	PLANTAS / PARCELA	MAZORCAS / PARCELA	PROLIFICIDAD	INDICE MZCA	PESO MZCAS/PAR	PESO GRA/MZCA	PESO GRAN/PARC	FLOR MASCUL	FLOR FEMENIN
Correlación	ALTURA DE PLANTA	1,000	,618	,375	,433	-,039	-,534	-,180	-,718	,671	,751	-,172	,298	,613	-,055	,575	-,210	-,013
	HOJAS/PLANTA	,618	1,000	,336	,767	,535	,116	,394	-,175	,261	,389	,108	-,035	,307	,732	,235	-,866	-,332
	DIAMETRO DE TALLO	,375	,336	1,000	,774	,682	-,656	,485	-,230	-,075	,207	,648	,017	,335	,096	,227	-,276	-,517
	AREA FOLIAR	,433	,767	,774	1,000	,869	-,263	,755	-,225	-,196	,045	,669	-,316	,064	,605	-,053	-,724	-,359
	LONG. DE MAZORCA	-,039	,535	,682	,869	1,000	,017	,854	,233	-,485	-,260	,749	-,362	-,153	,728	-,266	-,743	-,435
	DIAMETRO MAZORCA	-,534	,116	-,656	-,263	,017	1,000	,036	,722	-,132	-,270	-,322	-,063	-,283	,601	-,240	-,408	-,052
	GRANOS/HIL	-,180	,394	,485	,755	,854	,036	1,000	,023	-,743	-,556	,904	-,758	-,483	,602	-,570	-,519	-,276
	N° DE HILERAS /MAZORCA	-,718	-,175	-,230	-,225	,233	,722	,023	1,000	-,208	-,247	-,139	,220	-,099	,428	-,090	-,288	-,317
	PLANTAS / PARCELA	,671	,261	-,075	-,196	-,485	-,132	-,743	-,208	1,000	,956	-,773	,841	,875	-,232	,907	,014	-,152
	MAZORCAS / PARCELA	,751	,389	,207	,045	-,260	-,270	-,556	-,247	,956	1,000	-,564	,817	,963	-,157	,964	-,102	-,359
	PROLIFICIDAD	-,172	,108	,648	,669	,749	-,322	,904	-,139	-,773	-,564	1,000	-,714	-,455	,238	-,542	-,188	-,205
	INDICE MZCA	,298	-,035	,017	-,316	-,362	-,063	-,758	,220	,841	,817	-,714	1,000	,859	-,259	,885	,079	-,307
	PESO MZCAS/PAR	,613	,307	,335	,064	-,153	-,283	-,483	-,099	,875	,963	-,455	,859	1,000	-,161	,992	-,089	-,552
	PESO GRA/MZCA	-,055	,732	,096	,605	,728	,601	,602	,428	-,232	-,157	,238	-,259	-,161	1,000	-,225	-,954	-,286
	PESO GRAN/PARC	,575	,235	,227	-,053	-,266	-,240	-,570	-,090	,907	,964	-,542	,885	,992	-,225	1,000	-,009	-,509
	FLOR MASCUL	-,210	-,866	-,276	-,724	-,743	-,408	-,519	-,288	,014	-,102	-,188	,079	-,089	-,954	-,009	1,000	,362
	FLOR FEMENIN	-,013	-,332	-,517	-,359	-,435	-,052	-,276	-,317	-,152	-,359	-,205	-,307	-,552	-,286	-,509	,362	1,000

En la **Tabla 20**, tenemos las **comunalidades**, que nos permite determinar cual de las variables son más importantes, con valores superiores a 0.4; en nuestros resultados determinamos que la mayoría de las variables evaluadas resultaron siendo importantes, solo la floración femenina resulta con un valor menor, pero tambien es importante.

Tabla 20. Comunalidades

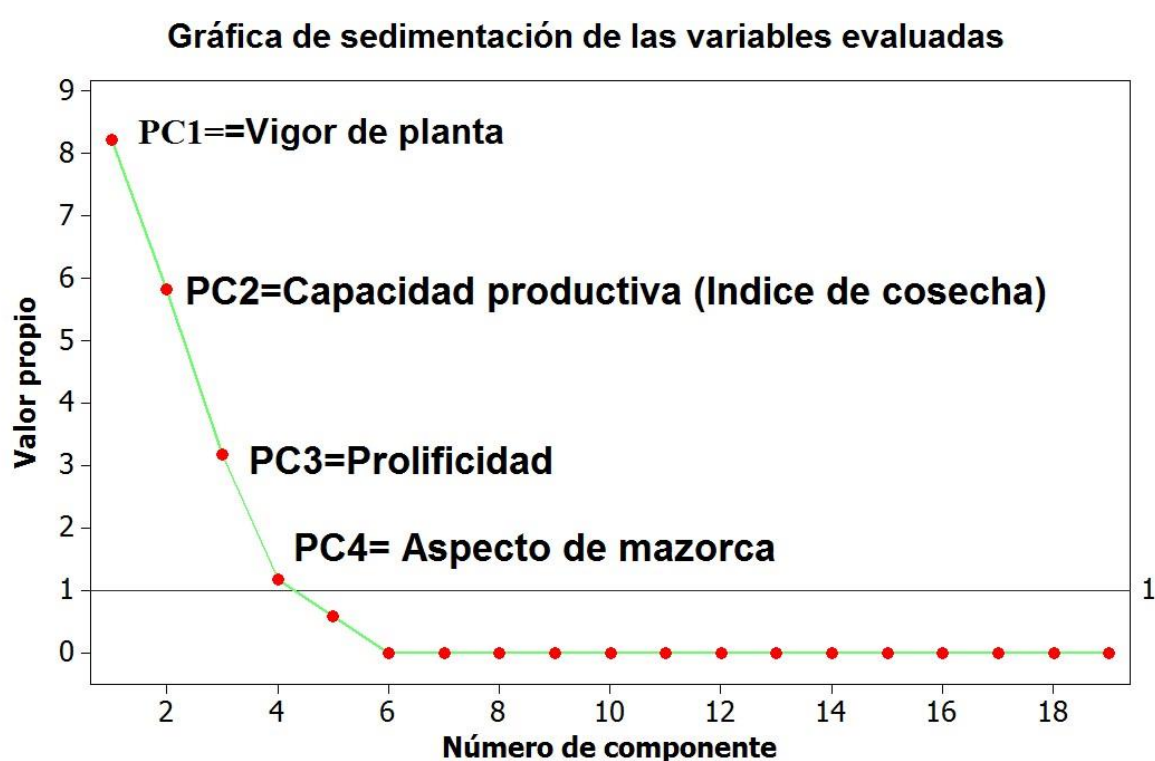
Comunalidades		
	Inicial	Extracción
Altura de planta	1,000	,999
Hojas/planta	1,000	,988
Diametro de tallo	1,000	,969
Area foliar	1,000	,993
Long. de mazorca	1,000	,962
Diametro mazorca	1,000	,974
Granos/hil	1,000	,971
N° de hileras /mazorca	1,000	,953
Plantas / parcela	1,000	1,000
Mazorcas / parcela	1,000	,999
Prolificidad	1,000	,996
Indice mazorca	1,000	,941
Peso mazorca/parcela	1,000	,998
Peso granos por mazorca	1,000	,998
Peso grano por parcela	1,000	,993
Flor masculina	1,000	,986
Flor femenina	1,000	,842
Método de extracción: análisis de componentes principales.		

En **tabla 21**, se presenta la varianza total explicada, que nos permite determinar que componente explica mejor lo que esta pasando en el problema, en este caso resulta ser el componente C1 (vigor de planta); aunque podemos considerar un total de cuatro componentes, ya que con ellos se explica el 97.47% de la varianza.

Tabla 21. Varianza total explicada

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	6,658	39,163	39,163	6,658	39,163	39,163	6,068	35,696	35,696
2	5,224	30,729	69,892	5,224	30,729	69,892	4,110	24,177	59,873
3	2,996	17,621	87,514	2,996	17,621	87,514	3,576	21,036	80,909
4	1,685	9,914	97,427	1,685	9,914	97,427	2,808	16,518	97,427
5	,437	2,573	100,000						
6	6,553E-16	3,855E-15	100,000						
7	3,676E-16	2,162E-15	100,000						
8	2,811E-16	1,654E-15	100,000						
9	1,491E-16	8,770E-16	100,000						
10	3,052E-17	1,795E-16	100,000						
11	-5,219E-17	-3,070E-16	100,000						
12	-1,283E-16	-7,546E-16	100,000						
13	-2,210E-16	-1,300E-15	100,000						
14	-2,769E-16	-1,629E-15	100,000						
15	-3,563E-16	-2,096E-15	100,000						
16	-4,910E-16	-2,888E-15	100,000						
17	-5,975E-16	-3,515E-15	100,000						
Método de extracción: análisis de componentes principales.									

El **grafico de sedimentación** y la **matriz de componentes** nos señala que es el componente **C1 (vigor de la planta)**, el equipo con mejor desempeño y mayor correlacion positiva con las características plantas por parcela, índice de mazorca, peso de grano por parcela, numero de mazorcas por parcela y peso de mazorcas por parcela; agregamos a ello el componente **C2 (capacidad productiva)**, conformado por características como longitud de mazorca, numero de hojas por planta, área foliar, diametro de tallo y altura de planta; el componente **C3 (prolificidad)**, que estuvo conformado por las características diametro de mazorca y número de hileras por mazorca (**Tabla 22**).



En la **Tabla 23**, en cuanto a la matriz rotada, es la que **define** los componentes, así tenemos que para el **componente 1** (vigor de planta) pertenecen las siguientes características: peso de grano por parcela, peso de mazorcas por parcela, numero de mazorcas por parcela, índice de mazorca, numero de plantas por parcela y altura de planta; para el **componente 2 (capacidad productiva)**, las características peso de grano por mazorca, numero de hojas por planta y área foliar; el **componente 3 (prolificidad)**, constituido por el diametro de tallo, prolificidad y longitud de mazorca; y el **componente 4 (aspecto de mazorca)** conformado por la altura de planta.

Tabla 22. Matriz de componentes.

Cuadro N° Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

Valor propio	8.2193	5.8182	3.1848	1.1904	0.5872
Proporción	0.433	0.306	0.168	0.063	0.031
Acumulada	0.433	0.739	0.906	0.969	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Prolificidad	0.082	0.086	0.525	0.114	0.110
Rdtoxha	0.247	-0.008	0.048	-0.538	-0.496
AltaPta	0.188	-0.246	-0.327	-0.034	-0.166
No hojas	0.301	0.073	-0.230	0.143	-0.236
DiámetroTallo	0.249	-0.128	0.209	-0.463	-0.052
LongitudHoja	0.288	-0.158	-0.087	-0.137	0.466
AnchoHoja	-0.216	0.303	0.114	-0.180	-0.079
Long Mzca	0.282	0.147	0.239	-0.116	0.203
Area de Hoja cm2	-0.208	0.308	0.124	-0.184	-0.071
Diametro Mzca	-0.074	0.376	-0.119	0.265	-0.057
granosHileraa	0.229	0.104	0.363	0.269	-0.033
NoHileras	-0.083	0.367	0.057	-0.330	0.183
Florac Masc Marzo	-0.274	-0.236	0.129	-0.035	-0.080
Ffemenina	-0.274	-0.236	0.129	-0.035	-0.080
Per-vegetativo	-0.274	-0.236	0.129	-0.035	-0.080
AspectoPta	0.301	-0.105	0.216	0.098	0.226
IndiceCosecha	-0.031	-0.407	0.070	-0.013	0.134
%Grano	-0.191	-0.213	0.362	0.074	-0.146
AspectoMzcaChavez	0.272	0.012	0.209	0.304	-0.488

PC1=Vigor de planta

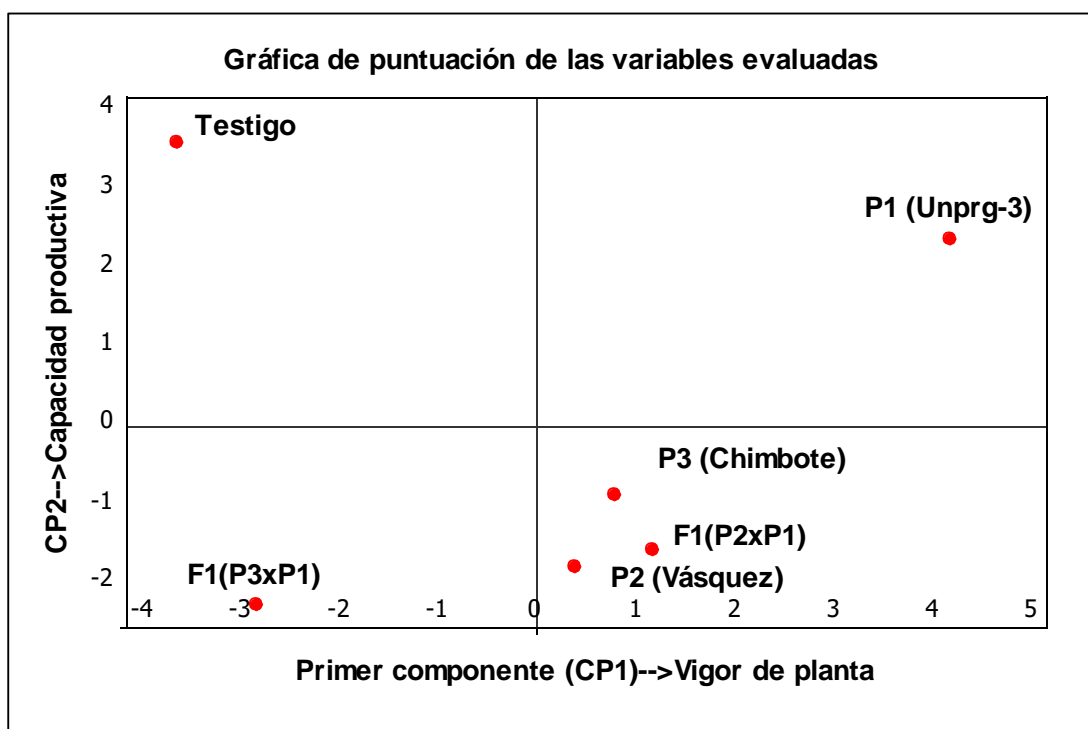
PC2=Capacidad productiva (Indice de cosecha)

PC3=Prolificidad

PC4= Aspecto de mazorca

Tabla 23. Matriz de componente rotado

Matriz de componente rotado ^a				
	Componente			
	1	2	3	4
PESO GRAN/PARC	,989	-,033	,088	,074
PESO MZCAS/PAR	,977	,031	,182	,097
MAZORCAS / PARCELA	,957	,107	-,015	,268
INDICE MZCA	,931	-,170	-,099	-,185
PLANTAS / PARCELA	,926	,032	-,297	,232
GRANOS/HIL	-,624	,479	,593	-,024
FLOR MASCUL	-,048	-,964	-,176	,156
PESO GRA/MZCA	-,176	,926	,082	-,319
HOJAS/PLANTA	,227	,919	,140	,268
AREA FOLIAR	-,105	,679	,650	,314
DIAMETRO DE TALLO	,147	,131	,927	,265
PROLIFICIDAD	-,625	,114	,761	,116
LONG. DE MAZORCA	-,283	,611	,698	-,144
FLOR FEMENIN	-,461	-,219	-,645	,406
N° DE HILERAS /MAZORCA	,006	,121	-,030	-,968
ALTURA DE PLANTA	,531	,308	,046	,788
DIAMETRO MAZORCA	-,144	,428	-,511	-,713
Método de extracción: análisis de componentes principales.				
Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.				
a. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.				



V. CONCLUSIONES

1. La heterosis para el rendimientos fue positiva para ambas cruzas $P_2 \times P_1$ y $P_3 \times P_1$; para el primer caso fue de 13.89%, y para el segundo caso fue de 27.24 %. La heterobeltiosis para la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$, registró un valor de 8.24%; sin embargo para la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$, la heterobeltiosis fue mucho menor con un valor de 2.72%.
2. La cruza $P_2 \times P_1$ registro un rendimiento de 5740.63 kg/ha, mientras que la cruza $P_3 \times P_1$, registro un rendimiento de 4907.50 kg/ha. El tratamiento **testigo**, registro un rendimiento de 4426.56 kg/ha.
3. Para la altura de planta, la **heterosis** para el hibrido $F_1 = P_1 \times P_2$ fue de 0.23%, valor inferior comparado con el valor de heterosis para el hibrido $F_1 = P_1 \times P_3$, equivalente a 7.23%.
4. La **heterosis** en las cruzas $F_1 (P_2 \times P_1)$ y $F_1 (P_3 \times P_1)$, se expresó en una disminución de vigor hibrido de la longitud de mazorca siendo en el primer caso de -2.164% y en el segundo caso de -10.24%, cuando se les comparó con el promedio de los progenitores.
5. La **heterosis**, para la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$ fue negativa, con un valor de -2.98%; así mismo para la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$, donde se produjo un mayor detrimento del área foliar, con un valor equivalente a -19.67%.
6. La **heterosis obtenido para el numero de hileras por mazorca**, por la cruza $F_1 = P_2 \times P_1$, fue de -4.37%, mientras que para la cruza $F_1 = P_3 \times P_1$ fue de -5.19%.
7. Para el numero de granos por hilera, se estimó una **heterosis** de 0.76% para la cruza $F_1 (P_2 \times P_1)$, mientras que en la cruza $F_1 (P_3 \times P_1)$, la heterosis fue negative, equivalente a -8.89%.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Aranda, A. 1997.** Comparativo de rendimiento de Maices Amarillos Duros Tropicales Precoces para condiciones de verano en la Costa Norte. Tesis Ing. Agrónomo. UNPRG. Lambayeque, PERU.
2. **Aragón-Cuevas, F.; Taba, S.; Hernández Casillas, J. M.; Figueroa, J. de D.; Serrano Altamirano, V. y Castro García, F. H.** Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA: Libro Técnico No. 6. Oaxaca, México, 2006. 344p.
3. **Bejarano, A. y Segovia, M.** Origen y evolución de la especie. Sección1 Origen del maíz. En: El maíz en Venezuela. Fundación Polar, 2000. p. 11-14.
4. **Castañedo, P. 1990.** El maíz y su cultivo. Editorial AGTEditor S.A. primera edición México, D.F. México. pp. 248 – 256.CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DEL MAIZ.
5. **CIMMYT.** Generation Challenge Programme Partner and Product. Highlights, México, D. F., 2006.
6. **Collantes, R.J; Villalobos, M.A. (2015).** Deficiencia hídrica en dos etapas fenológicas de 7 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) y sus efectos sobre el rendimiento. Ing. Agronomo, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
7. **Coronado U.M (2015).** “Evaluacion del comportamiento de 07 genotipos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L), en dos épocas de siembra, en la Comunidad de Yatun, Provincia de Cutervo, Cajamarca. Tesis Ing. Agronomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
8. **Doebley, J.** Molecular systematic of *Zea* (Gramineae). Maydica, 1990, vol. 35, no. 2, p. 143-150.
9. **Hidalgo, M. E. 2000** “Informe Sobre Ensayo de Generación y Evaluación de Variedades y/o Híbridos con Alto Potencial de Rendimientos Adaptados a Condiciones de Selva y Costa Norte”. Estación Experimental El Porvenir. Tarapoto – Perú.

10. **Horna, D. 2000.** Ensayo de maíces Amarillos Duros precoces tropicales en condiciones de verano en la Costa Norte. Tesis Ing. Agrónomo UNPRG, Lambayeque, Perú.
11. **Injante, P. & Joyo, G. 2010.** Curso – Taller: Manejo integrado de maíz amarillo duro Universidad Nacional Agraria La Molina. La libertad, Perú.
12. **Jugenheimer, R. 1990.** Maíz, variedades mejoradas. Métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial LIMUSA, México, D.F. 836 pp
13. **Macrobert, J.F; Setimela, P; Gethi, J; Worku R. M. 2015.** Manual de producción de semilla de maíz híbrido. CIMMYT. México.
14. **McClintock, B.; Kato, T. y Blumenschein, A. Constitución cromosómica de las razas de maíz.** Colegio de Post-graduados de Chapingo, México, 1981. 168p.
15. **Paliwal, L. L. 2001.** El maíz en los trópicos. Disponible en: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/X7650S/x7650s15.htm>. Consultado (3-3-2001), 2001.
16. **PAREDES, Y.A. 2014.** Evaluación de adaptación de siete híbridos introducidos de maíz amarillo (*Zea mays* L.) en suelos del Bajo Mayo, Región San Martín. Tesis Ingeniero Agrónomo. Tarapoto, Perú.
17. **Paterniani, E.** Origen y evolución de la especie. Sección 1. Evolución del maíz. En: El maíz en Venezuela. Fundación Polar, 2000. p. 15-25.
18. **Serquén, J. (2008).** Efecto de la densidad de siembra y dosis de fertilización balanceada en el rendimiento de maíz amarillo duro en dos localidades del valle Chancay Lambayeque. Tesis de Ing. Agronomo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
19. **Sinobas, J. y Díaz, M.** Relaciones entre diferentes razas de maíz españolas y dos sintéticos americanos. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg., 1999, vol. 14, no. 1-2, p. 5-14

20. **Wilkes, H. G. y Goodman, M. M. Mystery and Missing Links: The origen of Maize.** En: Maize Genetics Resources. Taba, S (Eds.). Maize Program Special Report. México, D.F. CIMMYT, 1995. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba
21. **Wilkes, G.** Teosinte and the Other Wild Relatives of Maize. En: Recent Advances in the Conservation and Utilization of Genetic Resources: Proceedings of The Global Maize Germplasm Workshop. México. D.F. CIMMYT, 1988. p. 70-80.
22. **Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, E. y Mangelsdorf, P.** Razas de Maíz en México. Su origen, características y distribución. Chapingo: Universidad Autónoma de Chapingo, 1987.
23. **OECD. Consensus Document on the Biology of Zea mays subsp. mays (Maize).** OECD Environment, Health and Safety Publications. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology. No. 27. Paris. Disponible en: .
24. **Vigouroux, Y.; Glaubitz, J. C.; Matsuoka, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, G. J. y Doebley, J.** Population structure and genetic diversity of New World maize races assessed by DNA microsatellites. American Journal of Botany, 2008, vol. 95, p. 1240-1253.
25. **Rosa Acosta, 2009.** El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maiz en cuba Cultivos Tropicales, 2009, vol. 30, no. 2, p. 113-120
26. **Nérida Escorcia–Gutiérrez, José D. Molina–Galán*, Fernando Castillo–González y José A. Mejía–Contreras. 2010.** Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. Rev. fitotec. mex vol.33 no.3 Chapingo jul./sep. 2010
27. **MacRobert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi y M. Worku. 2014.** Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.
28. **José Luis Ramírez Díaz, Margarito Chuela Bonaparte, Víctor A. Vidal Martínez, José Ron Parra y Filiberto Caballero Hernández. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 30 (4): 453 – 461, 2007.**

29. **Beck, D. L; Vasal, S. K; Crossa, J. 1990.** Heterosis and combining ability of CIMMYTs tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* K.) germplasm. *Maydica* 35(3):279-285.

30. **Beck, D. L; Vasal, S. K; Crossa, J. 1991.** Heterosis and combining ability among subtropical and temperate intermediate-maturity maize germplasm. *Crop Sci.* 31: 68-73.

31. **Crossa, J; Vasal, S. K; Beck, D. L. 1990.** Combining ability study in diallel crosses of CIMMYTs tropical late yellow maize germplasm. *Maydica* 35(5):273-278.

32. **Miranda Filho, J. B. 1999.** Inbreeding and heterosis. p. 69-80. En: International Symposium, CIMMYT (1997: México) The genetics and exploitation of heterosis in crops. Proceedings. Madison: Crop Science Society of America. Mohanty, B. K. and Prusti, A. M.

LINKOGRAFIA

[http://www.inforegion.pe/desarrollo/143950/nuevo-hibrido-de-maiz-amarillo-duo-rinde-hasta-14-tm-por-hectarea/](http://www.inforegion.pe/desarrollo/143950/nuevo-hibrido-de-maiz-amarillo-duro-rinde-hasta-14-tm-por-hectarea/)

http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapitacionesProductores/MAD/MANEJO_INT_EGRADO_DE_MAIZ_AMARILLO_DURO.pdf.

<http://www.monografias.com/trabajos35/produccion-maiz-peru/produccion-maiz-peru.shtml>

<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/ma%C3%ADz/ma%C3%ADz31?start=2>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Heterosis> (2018).

ANEXOS























