

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Cuarto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto en
maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Bach. Walter Espinoza Vilca

ASESOR:

Dr. José Antonio Quispe Tenorio

Ayacucho - Perú

2023

A Jehová Todopoderoso por darme la vida, por su infinito amor, cuidado, guía y fortaleza para continuar a pesar de las adversidades.

A mis padres: Juana y Eugenio por sus consejos, su comprensión, cariño y apoyo incondicional. A mis hermanas Ruth, Elizabeth y Raquel, por brindarme su apoyo en todo momento.

Así mismo a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, por mi formación profesional.

Mi reconocimiento a la plana docente de la Escuela Profesional de Agronomía por haberme compartido sus conocimientos durante mi vida universitaria.

A mi asesor, el Dr. José Antonio Quispe Tenorio por la orientación en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

A los miembros de jurados del presente trabajo: Ing. Edgar Tenorio Mancilla, Ing. Eduardo Robles García, Dr. Rorlando Bautista Gómez, por sus orientaciones.

De igual manera, a todos mis familiares, amigos de la Universidad y al personal de Centro Experimental de Canaán, quienes me brindaron su apoyo moral y sugerencias para hacer realidad esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen.....	1
Introducción	2
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	3
1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	3
1.2. TAXONOMÍA	3
1.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.....	4
1.3.1. Raíz	4
1.3.2. Tallo	4
1.3.3. Hojas	5
1.3.4. Inflorescencia	5
1.3.5. Flores.....	6
1.3.6. Fruto	6
1.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL.....	7
1.5. CLASIFICACIÓN DEL MAÍZ MORADO	8
1.5.1. Cuzco Morado.....	8
1.5.2. Morado Canteño.....	8
1.5.3. Morado de Caráz	8
1.5.4. Arequipeño	8
1.5.5. Negro de Junín	9
1.5.6. Huancavelicano	9
1.5.7. Variedades mejoradas	9
1.6. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN	10
1.7. COMPONENTES DE VARIANCIA	10
1.8. HEREDABILIDAD	11

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA	13
2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	13
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	13
2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	14
2.4. MATERIAL GENÉTICA EMPLEADO	17
2.5. DISTRIBUCIÓN DE CAMPO EXPERIMENTAL	17
2.6. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	19
2.6.1. Preparación del terreno	19
2.6.2. Demarcación del terreno y alineamiento de cintas de riego.....	19
2.6.3. Siembra	19
2.6.4. Abonamiento y fertilización.....	19
2.6.5. Riego	20
2.6.6. Control de malezas y aporque	20
2.6.7. Control fitosanitario	20
2.6.8. Cosecha	21
2.6.9. Secado	21
2.6.10. Almacenamiento	21
2.7. PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	21
2.7.1. Longitud de la mazorca	21
2.7.2. Diámetro de la mazorca	21
2.7.3. Diámetro de la tusa.....	21
2.7.4. Numero de hileras por mazorca	21
2.7.5. Numero de granos por mazorca	22
2.7.6. Peso de 1000 semillas	22
2.7.7. Peso de mazorca	22
2.7.8. Peso de grano por mazorca	22
2.7.9. Peso de tusa por mazorca	22
2.8. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.....	22

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. SELECCIÓN DE GENOTIPOS	24
3.1.1. Variación entre y dentro de parcelas.....	24

3.1.2. Variancia, heredabilidad y selección	25
3.2. RELACIÓN PESO DE MAZORCA CON CARACTERES DE MAZORCA...	28
3.3. ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES	31
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Valor nutricional del maíz morado (Contenido en 100 gr. de la parte comestible)	7
Tabla 2.1. Análisis físico químico del suelo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho	14
Tabla 2.2. Datos climatológicos de la campaña agrícola 2016 – 2017. Estación meteorológica del INIA, Ayacucho	15
Tabla 2.3. Características del maíz morado	17
Tabla 2.4. Una explicación del sitio de prueba	18
Tabla 2.5. Análisis de variancia	23
Tabla 3.1. Cuadrados medios de nueve caracteres de la mazorca de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho	25
Tabla 3.2. Variancia, heredabilidad y selección de nueve caracteres de la mazorca de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	27
Tabla 3.3. ANVA de la regresión con selección de variables con el método Stepwise del peso mazorca sobre longitud de mazorca y diámetro de mazorca en maíz morado (<i>Zea mays</i> L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho	28
Tabla 3.4. Coeficientes de regresión lineal múltiple del peso mazorca sobre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca en maíz morado (<i>Zea mays</i> L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho	28
Tabla 3.5. Resumen de selección de Stepwise con las variables diámetro de mazorca y longitud de mazorca en maíz morado (<i>Zea mays</i> L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	29
Tabla 3.6. Peso de mazorca (g) de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.) para valores diferentes de longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	29
Tabla 3.7. Coeficientes de correlación y significación entre caracteres de mazorca de maíz morado (<i>Zea mays</i> L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico de la campaña 2016 - 2017, Estación Meteorológica – INIA, Ayacucho 2750 msnm ..	16
Figura 2.2. Esquema de la parcela experimental	18
Figura 2.3. Plano de campo de cultivo	19
Figura 3.1. Regresión de peso de mazorca (g) de maíz morada (<i>Zea mays</i> L.) sobre longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	30

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivos: Evaluar caracteres cuantitativos de rendimiento en una población compuesta de maíz morado, con fines de mejoramiento genético y Seleccionar genotipos superiores de mezcla de polinización abierta de maíz Morado mediante estimadores de las componentes de variancia y heredabilidad con fines de mejoramiento genético. Se instaló 60 parcelas, cada parcela de 3 surcos de 10 metros de largo y 0.80 metros entre surcos. Los caracteres de mazorca se evaluaron en 10 plantas seleccionadas. Se utilizó la metodología de selección masal estratificada. La ganancia por selección en los caracteres de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de tusa, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa fueron 0.218 cm, 0.058 cm, 0.044 cm, 0.182, 0.171, 11.100, 10.111g, 9.036g y 1.309g respectivamente; la mejora en porcentaje representa para la longitud de mazorca 1.185 %, diámetro de mazorca 1.143 %, diámetro de tusa 1.812 %, hileras por mazorca 1.656 %, número de granos por hilera 0.591 %, peso de 1000 granos 2.539 %, peso de mazorca 6.412 %, peso de grano 6.737 % y peso de tusa fueron 5.715 %. El peso de mazorca está asociado con alta significación estadística con los parámetros de estudio mencionados. La heredabilidad (h^2) para los caracteres es 0.885, 0.887, 0.966, 0.974, 0.998, 0.935, 0.922, 0.921, 0.984 para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de tusa, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa, respectivamente; son considerados altos y favorables para selección.

Palabras clave: Selección masal, maíz morado, varianza y heredabilidad.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz morado se extiende en Ecuador, Perú y Bolivia, desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm, la planta de maíz produce mazorcas con 85 % de grano y 15 % de tusa de color morado, estas contienen antocianinas (alrededor de 0.1 % en grano y 1 % en la tusa). Las antocianinas del maíz morado tienen un alto poder antioxidante, previenen el cáncer al intestino grueso y bajan la presión sanguínea (Quispe, 2017)

En el año 2021, en el Perú se cosecharon 240 mil hectáreas de maíz amiláceo, el 78% fue de grano seco, el 20% de maíz choclo y el 2% de maíz morado, haciendo una producción anual nacional de 772 mil toneladas, 310 mil toneladas de grano seco, 442 mil toneladas de maíz choclo y 20 mil toneladas de maíz morado. (Agraria.pe, 2022).

La baja productividad de mazorcas de maíz morado entre otros factores está asociada a la ausencia de selección genotípica tecnificada para producir variedades más rendidoras (Camarena *et al*, 2012). La selección masal en el maíz posibilita la generación de variedades de libre polinización, para agricultores con escasos recursos económicos para adquirir semilla mejorada (Gómez, 2018). El experimento tiene los siguientes objetivos.

1. Se busca analizar las características de rendimiento presentes en una población compuesta de maíz morado, con el propósito de realizar mejoras genéticas.
2. El objetivo es identificar genotipos sobresalientes de maíz morado utilizando estimadores de componentes de varianza y heredabilidad, con el fin de impulsar el mejoramiento genético.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta nativa de América y desempeñó un papel fundamental como alimento para las comunidades indígenas durante la época precolombina (Arroyo et al., 2010).

El maíz fue domesticado hace aproximadamente 8000 años en Mesoamérica (México y Guatemala). El ecosistema donde se desarrollaron los primeros tipos de maíz fue estacional (inviernos secos alternados con inviernos lluviosos) y una altura de más de 1500 msnm; estas características también describen el área principal ocupada por los parientes más cercanos del maíz, el Teocintle (*Zea mays* L. ssp mexicana) y el género *Tripsacum* (*Zea mexicana* Scharader kuntze), al contrario del trigo (*Triticum aestivum*) y el arroz (*Oryza sativa*), el maíz ha dejado un rastro oscurecido por su complejidad, ya que no existe formas intermedias vivientes entre el maíz silvestre y las 50 variedades de maíz que han evolucionado bajo la selección agrícola (Quispe, 2017, p. 6)

Las variedades de maíz morado provienen de la raza "Kculli", que aún es cultivada en el Perú. Esta raza "Kculli" se cruzó con otras razas transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas como el Piscoruntu, Huaylefio, Cusco, San Gerónimo, Huancavelicano, Iquefio y Arequípefio (Pinedo, 2015, p.4)

1.2. TAXONOMÍA

El maíz (*Zea mays* L.), es una gramínea, con los siguientes elementos taxonómicos: Reino: Vegetal, División: Fanerógamas, Sub. División: Angiospermas, Clase: Monocotiledóneas, Orden: Graminales, Familia: Gramineae, Tribu: Maydeas, Género: *Zea*, Especie: *Zea mays* L., N° de cromosomas: $2n = 20$, Nombre común: maíz morado (Manrique, 1997)

1.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

La planta de maíz es una gramínea monoica anual que, en un periodo muy corto, tres a siete meses, puede transformar diferentes elementos en sustancias complejas de reserva, azúcar, almidón, proteína, aceite, vitaminas, etc. localizados en el grano (Manrique, 1997, mencionado por Sicha, 2017, p. 7).

1.3.1. Raíz

El maíz posee un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces.

Las raíces primarias emitidas por la semilla comprenden la radícula y raíces seminales. La radícula demora entre 2 a 4 días en romper la cubierta del pericarpio luego del crecimiento inicial de la radícula, aparecen casi simultáneamente tres raíces seminales.

Las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyen casi la totalidad del sistema radicular.

Las raíces aéreas y adventicias que nacen en el último lugar, en los nudos de la base del tallo por encima de la corona. cumplen básicamente la función de sostén, permitiendo a la planta un mejor anclaje; además y aunque limitadamente participan en la absorción de agua y nutrientes. (Llanos, 1984, mencionado por Sicha, 2017, p. 7)

1.3.2. Tallo

El tallo es simple recto, de elevada longitud puede alcanzar hasta los 4 metros de altura, es robusta y sin ramificaciones. (Takhtajan, 1980 mencionado por Justiniano, 2010, p. 4)

El tallo del maíz es sólido y presenta nudos bien definidos, los cuales están separados por entrenudos. En la parte cercana al suelo, los entrenudos son cortos, y desde los nudos inferiores se desarrollan raíces aéreas. Su forma es redonda en sección transversal, aunque desde la base hasta donde se une la mazorca, hay una depresión que se va profundizando a medida que se aleja del suelo. A partir del punto donde se origina

el pedúnculo que sostiene la mazorca, el tallo retoma su sección circular hasta llegar a la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta (Llanos, 1984 citado por Sicha, 2017, p. 8).

1.3.3. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervadas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Puma, 1998 mencionado por Justiniano, 2010, p. 4)

Los maíces de clima caliente las hojas son generalmente largas y angostas, envainadoras, formados por la vaina y el limbo, con nervaduras lineales y paralelas a la nervadura central. (Manrique, 1997 mencionado por Sicha, 2017, p. 8)

Según Llanos (1984), el maíz generalmente tiene entre 15 y 30 hojas alargadas y envainadas (con un ancho de 4 a 5 cm y una longitud de 30 a 50 cm). Estas hojas tienen bordes ásperos, finamente ciliados y ligeramente ondulados, y se distribuyen de manera alterna a lo largo del tallo.

1.3.4. Inflorescencia

El maíz es una planta de inflorescencia monoica, lo que significa que tiene flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta. La inflorescencia masculina se presenta en forma de panícula, que es conocida comúnmente como espigón o penacho, y tiene una coloración amarilla. Esta panícula contiene una gran cantidad de polen, alrededor de 20 a 25 millones de granos. Cada florecilla que conforma la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina tiene una cantidad menor de polen, aproximadamente 800 a 1000 granos, y se forma en estructuras vegetativas llamadas espádices, que se disponen lateralmente en la planta (Sicha, 2017, p. 8).

El maíz es una planta monoica, lo que significa que en cada planta se encuentran flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula terminal, también conocida como penachos o pendones. Estas panículas forman varias espigas o panojas que nacen de flores masculinas con un tamaño aproximado de 6 a 8 mm. Estas flores masculinas se distribuyen en parejas a lo largo de múltiples ramas finas, con una

aparición plumosa, ubicadas en la parte superior del tallo. Cada flor masculina cuenta con tres estambres largos y filamentosos. Por otro lado, las espículas o espiguillas femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa, con forma cilíndrica, y están cubiertas por brácteas con sedas o barbas (Llanos, 1984 citado por Sicha, 2017, p. 8).

1.3.5. Flores

El maíz presenta flores unisexuales en la misma planta (monoica), las masculinas o estaminadas agrupan en una inflorescencia denominada panoja y las femeninas o pistiladas agrupadas en una espiga modificada llamada mazorca o espata. Las ramas primarias ubicadas en las panojas se asientan en las espiguillas formadas por pares de espiguillas que siguen un arreglo dístico o simple espiralado, y cada una de las espiguillas es biflora, es decir tiene flores masculinas y femeninas. (Manrique, 1997 mencionado por Sicha, 2017, p. 8)

1.3.6. Fruto

El fruto del maíz es una cariósida compuesta por tres partes principales: el pericarpio o cubierta (representando el 6% del peso total), el endospermo (constituyendo el 80% del peso) y el embrión o germen (representando el 11% del peso de la semilla). Cada flor femenina, cuando es fecundada a tiempo, desarrollará un fruto que adoptará la forma de un grano, con diferentes niveles de dureza y brillo. Estos frutos se agrupan en hileras alrededor de un eje grueso, formando la característica mazorca de maíz (Sicha, 2017, p. 9).

Los granos del maíz están recubiertos por una delgada y seca envoltura de origen maternal, compuesta por la cutícula y el pericarpio. Dentro del pericarpio se encuentran el embrión y el endospermo, siendo este último el depósito de reserva que almacena carbohidratos, proteínas y vitaminas (Sicha, 2017, p. 9).

El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. (Takhtajan, 1980 citado por Justiniano, 2010, p. 4)

El pigmento antocianico del maíz morado se localiza en la savia celular y su aparición ocurre después de la fecundación, durante el proceso de maduración de la

mazorca. Inicialmente, la mazorca muestra un color blanco, pero a medida que madura, surgen puntos morados en los granos y posteriormente la coloración se expande hacia el pericarpio del grano y hacia el centro de la mazorca. Es por esto que la tusa es especialmente rica en pigmento, ya que allí se encuentra la coloración morada, mientras que la semilla o grano no se tiñe y solo el pericarpio presenta la coloración característica (Sansoni y Gamero, 1988 citados por Sicha, 2017, p. 9).

1.4. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

La composición nutricional del maíz morado, que se da en el cuadro siguiente. (Collazos, 1962 mencionado por Sicha, 2017, p. 10)

Tabla 1.1

Valor nutricional del maíz morado (Contenido en 100 gr. de la parte comestible)

Calorías	357.00 gr.
Agua	11.40 gr.
Proteína	6.70 gr.
Grasa	3.4 gr.
Carbohidratos	76.90 gr.
Fibra	1.80 gr.
Ceniza	1.70 gr.
Calcio	12.00 mg.
Fósforo	328.00 mg.
Hierro	0.02 mg.
Vitamina B1	0.38 mcg.
Tiamina	0.38 mg.
Riboflavina	0.02 mg.
Niacina	2.80 mg.
Ácido ascórbico reducido	2.1
Antocianina	1.5 – 6 %

Fuente: Collazos (1962)

Los componentes químicos en el maíz morado son: Ácido salicílico, grasas, resinas, saponinas, sales de potasio y sodio, azufre y fósforo, y sus compuestos fenólicos. (Piña, 2018, p. 9)

La mazorca, compuesta por tusa y grano, está compuesta en un 85% por grano y un 15% por coronta, como mencionó Piña. Este fruto contiene un pigmento llamado antocianina, el cual se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cáscara) del grano. Debido a esto, el maíz morado es uno de los alimentos

más importantes en la dieta peruana y se utiliza con frecuencia en la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra morada (Piña, 2018, p. 9).

Recientes investigaciones informan sobre la existencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide) contenida en este fruto. Otras antocianinas identificadas fueron cianidina 3- (6"- malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido. (Piña, 2018, p. 9)

1.5. CLASIFICACIÓN DEL MAÍZ MORADO

Los cultivares de maíz morado provienen de la raza ancestral “Kculli” cultivada actualmente en el Perú.

1.5.1 Cuzco Morado

Relacionado a la raza Cuzco gigante. Es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas con hileras muy bien definidas. Se le cultiva en diferentes lugares en zonas intermedias de altitud en los departamentos de Cuzco y Apurímac.

1.5.2 Morado Canteño

Muy similar a la raza Cuzco morado, de menores dimensiones. Se cultiva especialmente en las partes más altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, hasta los 2 500 msnm. Es la variedad más consumida en los mercados de Lima.

1.5.3 Morado de Caráz

Derivada de las razas Ancashino y Alazán. Recibe este nombre porque se le cultiva en la localidad de Caraz, en el Callejón de Huaylas, en extensiones relativamente grandes. Es de precocidad intermedia y tiene la ventaja que puede adaptarse también a la costa. Entre las variedades tradicionales es la que muestra mayor capacidad de rendimiento y la que presenta la coronta más pigmentada. (Manrique, 1995 mencionado por Quispe, 2022, p. 6)

1.5.4 Arequipeño

En las alturas de los departamentos de Arequipa se encuentra una variedad de granos morados dispuestos en hileras regulares en la mazorca. La forma de la mazorca es similar a la variedad Cuzco morado, pero más chica. El color de la coronta no es tan

intenso como en otras variedades, pero en la colección hecha en Arequipa se encuentra mucha variabilidad para estas características por lo que puede ser mejorada. Es más precoz que las variedades previamente citadas.

1.5.5 Negro de Junín

Se denomina así a una variedad precoz de granos negros, grandes, dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Similar en forma a raza San Jerónimo.

1.5.6 Huancavelicano

Se le encuentra en la Sierra Centro y Sur hasta Arequipa, ocupando alturas mayores que otras variedades. (p. 5-6)

1.5.7 Variedades mejoradas

Las variedades mejoradas de maíz morado también provienen de la raza ancestral “Kculli”. Altamirano (2019) refiere a varios autores:

PMV - 581: variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, obtenida a través de la variedad Morado de Caráz, adaptada a la costa y sierra, con resistencia a roya y cercospora. Su periodo vegetativo es intermedio, con mazorcas medianas de 15 a 20 cm, alargadas con alto contenido de pigmento y un potencial de rendimiento de 6 t/ha (Manrique 1997).

PMV - 582: variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, adaptada a la sierra alta. Las plantas son de tamaño intermedio, mazorcas medianas, con alto contenido de antocianinas y un potencial de rendimiento de 4 t/ha (Manrique 1997).

INIA – 615: (Negro Canaán): variedad mejorada por el INIA, producto del trabajo de mejoramiento por selección recurrente de medios hermanos a partir de 36 colecciones de cultivares de la raza kculli realizados durante nueve ciclos. Los progenitores femeninos fueron las variedades locales Negro kculli, Morado y los progenitores masculinos un compuesto balanceado de tres variedades (Negro, kculli y Morado) (INIA 2007).

INIA - 601 (Negro Cajamarca): la variedad de maíz morado INIA 601 fue desarrollada en la Estación Experimental Baños del Inca en 1990, fue formada por 256 progenies, 108 provienen de la variedad de maíz morado de Caraz (Huaraz) y 148 progenies de la variedad local Negro Parubamba (Cajabamba-Cajamarca). En el mejoramiento se utilizó selección recurrente de medios hermanos, dando énfasis al rendimiento de grano, color morado del grano y coronta, precocidad y prolificidad. (IEPARC 2016). (p. 6-7)

1.6. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN

Según Camarena, Chura y Blas (2012), para lograr un exitoso mejoramiento de cualquier cultivo, el fitomejorador no solo debe dominar técnicas de cruzamiento y selección precisas y cuidadosas, sino también aplicar métodos adecuados para obtener la variedad mejorada. Esto está estrechamente relacionado con el trabajo que debe llevar a cabo un programa de mejoramiento. Es esencial que el fitomejorador posea un conocimiento adecuado del cultivo, especialmente en lo que se refiere a su forma de reproducción, ya sea asexual o sexual.

Las plantas alógamas son muy heterogéneas debido a su forma de polinización cruzada. En una población de plantas alógamas se pueden seleccionar individuos superiores de alta producción y características agronómicas deseables, sin embargo, estos no pueden mantener constante de generación a generación estas características, debido a que comienzan a segregarse, porque son polinizadas por plantas no seleccionadas de la misma población. (p. 160)

Poehlman y Allen (2005), afirman que:

En los cultivos de polinización cruzada, los métodos de mejoramiento genético se basan fundamentalmente en el principio del mejoramiento de la población, es decir, aumentar la frecuencia de genes de la población para alcanzar los objetivos trazados de mejoramiento. Es imperativo que los genes que permitan alcanzar los objetivos deseados estén presentes en la población fuente. (p. 196)

1.7. COMPONENTES DE VARIANCIA

Salinas (2015), en referencia a Dudley & Moll (1969), proporciona una interpretación de la variancia fenotípica y genotípica:

La variancia fenotípica representa la necesidad total observada entre los fenotipos que se desarrollan en distintos ambientes. Por otro lado, la variancia genética total es la parte de la variancia fenotípica que se puede atribuir a las diferencias genotípicas entre los fenotipos. Asimismo, la variancia de la interacción genotipo-medio ambiente corresponde a la parte de la variancia fenotípica que se atribuye a la falta de diferencias entre genotipos similares en diferentes ambientes.

La variancia genética total puede subdividirse en tres componentes: la variancia genética aditiva, la variancia genética de dominancia y la variancia genética epistática. La variancia genética aditiva de una población es la suma de la variancia genética aditiva contribuida por loci individuales. La variancia genética aditiva para un locus simple se determina por la frecuencia génica y el efecto medio de sustitución de un alelo por otro (efecto aditivo). Es importante destacar que el concepto de variancia genética aditiva no implica, sin embargo, acción genética aditiva, ya que esta variancia también puede deducirse de genes con algún grado de dominancia o epistasis.

La variancia de la dominancia se refiere a la variancia intralocus que permanece después de restablecer la variancia genética aditiva del total de variancia intralocus. Por otro lado, la variancia genética epistática representa la proporción de la variancia genética total que queda después de restablecer la variancia total intralocus y refleja la falta de aditividad en la variancia genética intralocus, explicada por la variación total entre genotipos.

Cockerham (1954) y Kempthorne (1955) subdividieron la variancia epistática en diferentes tipos representativos de variación posible, como la interacción entre efectos aditivos y dominantes (p. 20-21).

1.8. HEREDABILIDAD

Stansfield (1992) citado por Espinoza (2019) refiere que:

La heredabilidad de un carácter en particular puede ser cualquier número desde 0 hasta 1. No existe una definición precisa en lo que se entiende por alta o baja heredabilidad, pero por lo general se aceptan los siguientes valores: alta heredabilidad > 0.5 , heredabilidad media = $0.2 - 0.5$, baja heredabilidad < 0.2 . La heredabilidad de un carácter solo se aplica a una población en particular que vive en un ambiente específico.

Es probable que una población genéticamente diferente (quizá una variedad, raza o subespecie diferentes de la misma especie) que viva en un ambiente idéntico tenga una heredabilidad diferente para el mismo carácter. Asimismo, es probable que la muestra de la población manifieste heredabilidades diferentes para el mismo carácter cuando se miden en ambientes diferentes debido a que un genotipo específico no siempre responde a los diferentes ambientes de la misma manera. No hay ningún genotipo que adaptativamente sea superior en todos los ambientes posibles. Esto se debe a que la selección natural tiende a crear poblaciones genéticamente diferentes dentro de una especie siendo cada población adaptada específicamente a las condiciones locales en vez de adaptarse en forma general a todos los ambientes en los cuales se encuentre la especie.

(p. 16)

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuya ubicación es la siguiente:

Lugar	: Centro Experimental Canaán
Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincial	: Huamanga
Departamento	: Ayacucho
Altitud	: 2735 msnm.
UTM	: Este (X): 586264.7, Norte (Y): 8544068 : 13°10'8.44" Latitud Sur y 74° 12' 12.35" LW
Región natural	: Quechua

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo del campo experimental fue de textura franco arcillosa, poco profunda. El terreno tiene una topografía plana, con pendiente que oscila entre 1 a 1.5 %.

Con la ayuda de una pala recta, se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 25 cm, recorriendo el terreno y cubriendo toda el área del trabajo.

La muestra compuesta de 1 kg de suelo fue remitida para su análisis al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas y Aguas "Nicolás Roulet" de Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, los resultados se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1*Análisis físico químico del suelo. Canaán, 2735 msnm – Ayacucho*

Componentes	Valores	Métodos	Interpretación
pH	7.48	potenciómetro	Ligeramente alcalino
Materia orgánica (%)	2.03	Walkley Black	Pobre
Nitrógeno total (%)	0.10	Kjeldahl	Pobre
Fosforo disponible (ppm)	14.3	Braykurtz I	Medio
Potasios disponibles (ppm)	46.3	Turbidimetria	Bajo
Clase textural		Hidrómetro	Franco Arcilloso

Fuente: Laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas de la UNSCH.

El contenido de materia orgánica (2.03%) y nitrógeno (0.1 0%) es un nivel pobre, mientras que el fosforo disponible (14.3 ppm.) es medio y el potasio disponible (46.3 ppm.) se ubica en un nivel bajo. La textura del suelo es franco arcillosa.

De los resultados se concluye que el pH es ligeramente alcalino, para el maíz morado está determinado un pH 6-7 donde hay una reacción óptima. Dentro del rango óptimo tiene una tolerancia de pH 5-8 (Tineo, 2009, Ibañez y Aguirre, 1983).

Considerando la extracción de nutrientes de 128, 48 y 140 kg.ha⁻¹ de NPK para un rendimiento de 4400 kg. de grano, se calculó la fórmula de abonamiento; con la metodología propuesta por (Ibañez y Aguirre, 1983) obteniendo una fórmula recomendada de 150 – 140 – 120 kg.ha⁻¹ de N – P₂O₅ – K₂O.

2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La información climatológica fue recopilada de la estación meteorológica INIA Ayacucho, la cual se encuentra a una altitud de 2735 msnm. en las coordenadas 13°10' 8.72" Latitud Sur y 74° 12' 12.85" Longitud Oeste (tabla 2.2)

Los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2016 y mayo, junio, julio y agosto de 2017 presentan déficit de agua, mientras que los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril de 2017 presentan excedentes de agua.

Tabla 2.2*Datos climatológicos de la campaña agrícola 2016 – 2017. Estación meteorológica del INIA, Ayacucho*

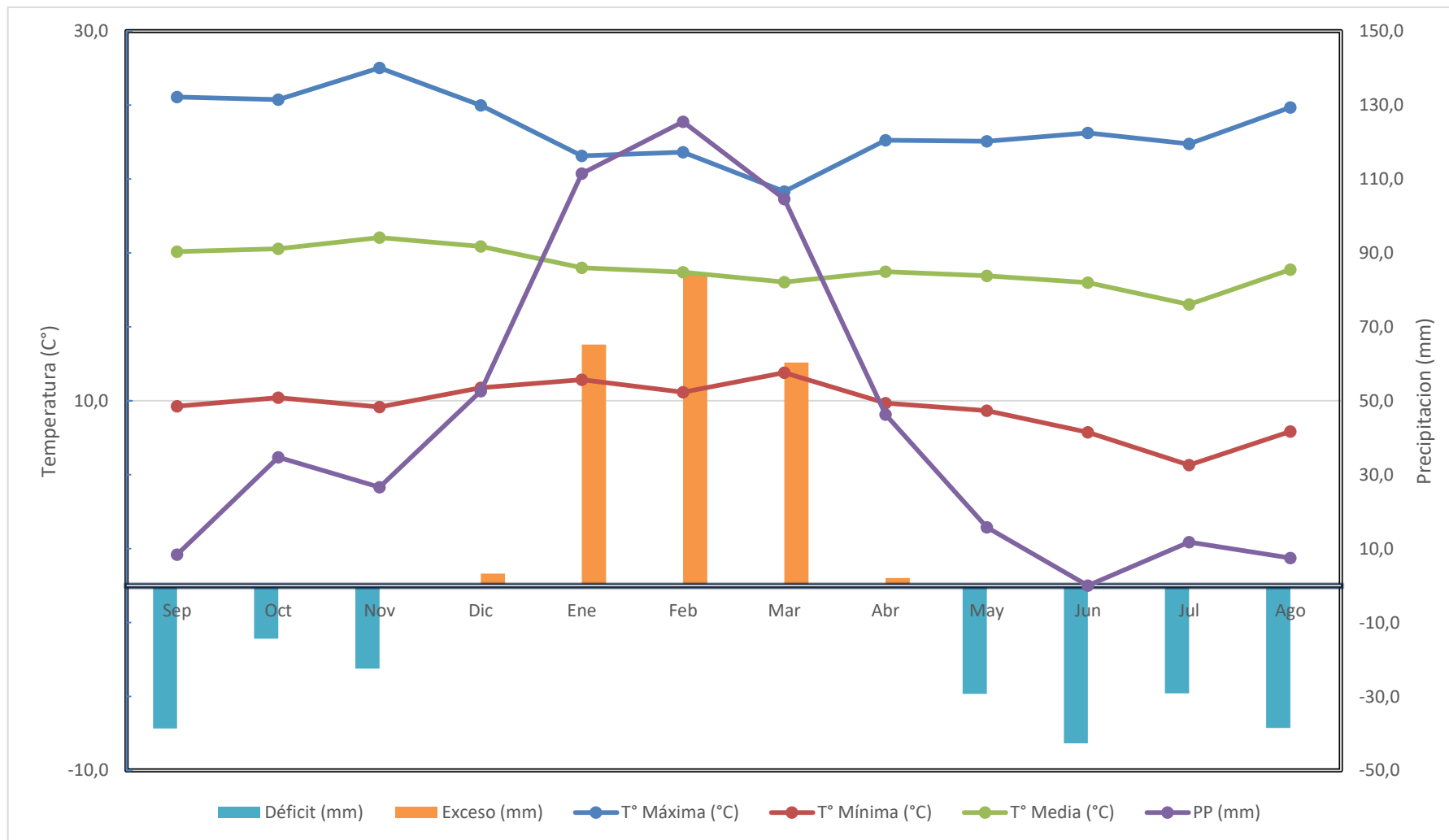
Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray	Altitud	: 2750 msnm
Provincia	: Huamanga	Latitud	: 13°10'8.44" S
Departamento	: Ayacucho	Longitud	: 74° 12' 12.35" W

MESES	AÑO 2016				2017								Total	PROM
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago		
T° Máxima (°C)	26.4	26.3	28.0	26.0	23.3	23.5	21.3	24.1	24.0	24.5	23.9	25.9		24.8
T° Mínima (°C)	9.7	10.2	9.7	10.7	11.1	10.5	11.5	9.9	9.5	8.3	6.5	8.3		9.7
T° Media (°C)	18.1	18.2	18.8	18.3	17.2	17.0	16.4	17.0	16.8	16.4	15.2	17.1		17.2
PP (mm)	8.4	34.7	26.6	52.6	111.5	125.5	104.6	46.3	15.8	0	11.8	7.5	545.3	
Factor	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96		
E.T.P (mm)	86.7	90.4	90.4	91.0	85.3	76.0	81.5	81.5	83.1	78.7	75.4	84.8	1004.9	
E.T.P ajustado	47.1	49.1	49.1	49.4	46.3	41.2	44.2	44.2	45.1	42.7	40.9	46.0		
Exceso (mm)				3.2	65.2	84.3	60.4	2.1						
Déficit (mm)	38.7	14.4	22.5						29.3	42.7	29.1	38.5		

Fuente: - SENAMHI – estación meteorológica de INIA – Ayacucho. Registro de datos promedios mensuales (año 2016 – 2017).

Figura 2.1

Temperatura máxima, media, mínima y balance hídrico de la campaña 2016 - 2017, Estación Meteorológica – INIA, Ayacucho 2750 msnm



2.4. MATERIAL GENÉTICA EMPLEADO

Utilizamos una población de maíz morado que estaba libre para polinizar, la cual es una mezcla balanceada de las variedades Negro Canaán, PMV 581 y Arequipeño, procedente del tercer ciclo de selección recurrente. (tabla 2.3)

Tabla 2.3

Características del maíz morado

Color de tusa	Morado oscuro
Color de grano	Negro
Altura de la planta (m)	280 +/- 30 cm
Altura de la mazorca (m)	176 +/- 18 cm
Color de la hoja	verde oscuro
Tipo de grano	amiláceo
Color del tallo	verde claro y purpura
Color de panoja	purpura claro
Color de estigma	amarilla
Diámetro de la mazorca	4.5
Numero de hileras por mazorca	8,10, 12
Numero de granos por hileras	28
Numero mazorca por planta	1 a 2 mazorcas
Peso de grano por mazorca (g)	120.2

2.5. DISTRIBUCIÓN DE CAMPO EXPERIMENTAL

Se sembró en un terreno de un área 1440 m², con 13,500 plantas, y se dividió en 10 bloques de 2.40 m de ancho por 10 m de largo; cada bloque contenía 6 parcelas cada uno.

Cada parcela se dividió en 3 surcos de 10 m de largo por 2.40 m de ancho y 0.80 m entre surcos, en ellos se sembró 25 golpes con 3 semillas por golpe espaciado 0.40 m, produciendo un total de 225 plantas por parcela.

Para cada unidad experimental se cosecharon las 10 mejores mazorcas, resultando 60 mazorcas por bloque y 600 mazorcas para todo el campo experimental.

Tabla 2.4

Una explicación del sitio de prueba

Ancho del campo experimental	14.40 m
Largo del surco	100.00 m
Área neta del experimento	1440 m ²
Área de unidad experimental	24.0 m ²
Total de surcos en estudio	180
Total de surcos en el experimento	18
Total de parcela	60
Numero surcos por parcela	03
Numero de golpes por surcos en parcela	25
Distanciamiento entre surcos	0.8m
Distanciamiento entre golpes	0.4 m

Características de la unidad experimental

Largo (paralela al surco)	: 10 m
Ancho (perpendicular al surco)	: 2.40 m
espacio de la parcela	: 24.0 m ²
N° de surcos por parcela	: 3
La distancia entre surcos	: 0.8 m
La distancia entre platas	: 0.4 m
Granos por golpe	: 03

Figura 2.2

Esquema de la parcela experimental

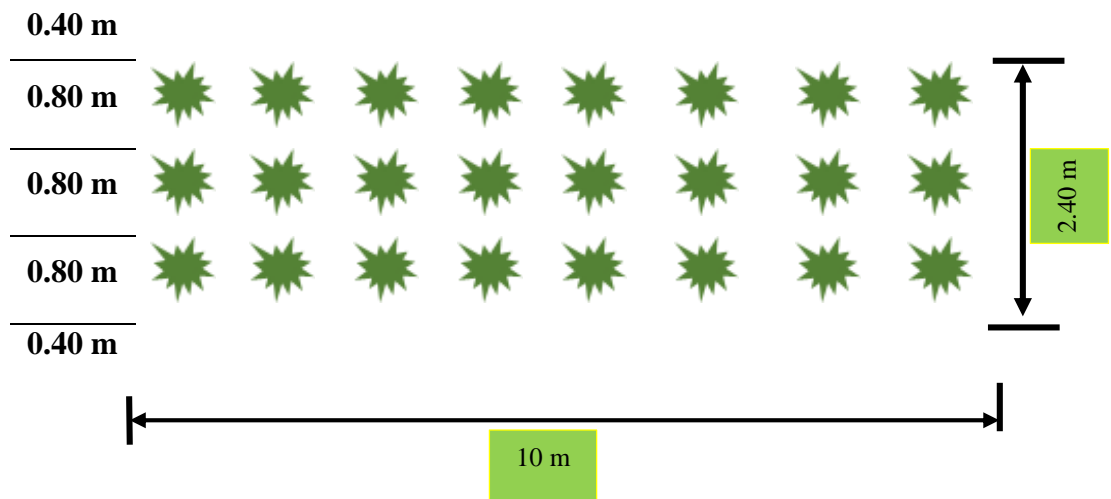
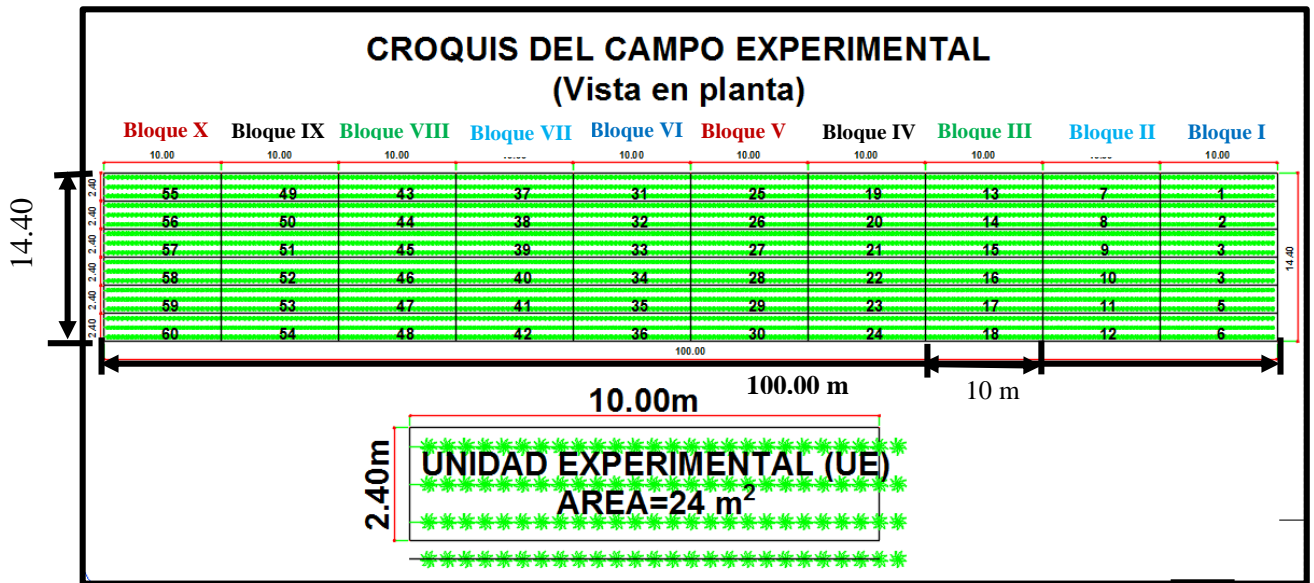


Figura 2.3

Plano de campo de cultivo



2.6. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.6.1. Preparación del terreno

Se utilizó un tractor agrícola para preparar el terreno, primero removiendo con arado de disco, luego se procedió el desterronado con rastra, al final el surcado del terreno.

2.6.2. Demarcación del terreno y alineamiento de cintas de riego

Se demarco y delimito el campo experimental, se realizó el surcado una vez preparado el terreno, colocado las cabeceras de riego y tendieron las mangueras de riego por goteo, en este proyecto se utilizaron cordel, wincha, estacas y personal de obra para el alineamiento adecuado.

2.6.3. Siembra

El procedimiento consiste en depositar 3 semillas por golpe cada 0.40 m entre golpes, enterrar la semilla aproximadamente 05 cm debajo de la superficie del suelo e irrigar para promover la germinación y la emergencia de la semilla.

2.6.4. Abonamiento y fertilización

La fórmula del Fertilizante es 120 (N) – 100 (P)- 80 (K), y la fuente del fertilizante es urea, fosfato di amónico, y cloruro de potasio, se aplicó el fertilizante en dos momentos a la siembra la mitad de nitrógeno, todo fosforo, todo el potasio y la segunda mitad del nitrógeno al momento del aporque.

2.6.5. Riego

Para mejorar la conducción del riego por goteo, se instalaron mangueras conductoras desde el cabezal de riego. A partir de las mangueras conductoras se instalaron cintas de goteo con sus correspondientes llaves de paso. El riego consiste en proporcionar a la planta la cantidad de agua necesaria para cubrir su ciclo vegetativo, especialmente en momentos críticos, como en la etapa de establecimiento del cultivo, durante las etapas de floración desde el panojamiento hasta el final de la floración, y en la etapa de llenado de granos. Durante esta última etapa, se lleva a cabo la actividad de riego una vez cada 2 días, con una frecuencia de 1 hora por riego. El primer riego se llevó a cabo el 24 de octubre de 2016, y posteriormente se continuó el riego de manera periódica. Es importante mencionar que no se proporciona riego cuando hay presencia de lluvia durante los meses de diciembre, enero y febrero; sin embargo, se asegura que el riego sea aplicado en ausencia de lluvia.

2.6.6. Control de malezas y aporque

Con el objetivo de promover el desarrollo de la planta y prevenir el tumbado durante las etapas posteriores, se llevó a cabo el aporque el 28 de noviembre de 2016, cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 30 cm. Esta tarea fue realizada manualmente mediante el uso de un azadón para eliminar las malezas presentes en el cultivo.

La acción de deshierbo se llevó a cabo el 10 de febrero de 2017, empleando tanto una segadera como el arranque manual de malezas. El propósito de esta labor consistió en mantener el campo libre de hierbas no deseadas para evitar que compitan con el cultivo y, al mismo tiempo, prevenir posibles influencias en las variables evaluadas.

2.6.7. Control fitosanitario

Se han reportado la aparición del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y de coleópteros (*Diabrotica*), causando daños visibles tanto en las hojas como en el corazón o cogollo de la planta. Para abordar esta situación, se optó por utilizar un insecticida llamado Ciperklin, aplicándolo una sola vez el 12 de diciembre de 2016, en una dosis de 30 ml por cada mochila de 20 litros.

2.6.8. Cosecha

Esto se hace cuando las mazorcas ya llegan a madurar, es cuando el grano tiene un contenido de 30% de humedad, requerido por el mercado o el cliente. La cosecha se realizó el 01 de abril del 2017, 159 días después de la siembra, cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica, este trabajo se realizó a mano.

2.6.9. Secado

El secado de las muestras seleccionadas de mazorcas de maíz morado se realizó en el secadero, ubicado en el Centro Experimental de Canaán, UNSCH, durante 15 días, se dan un contenido de 14 % de humedad del grano.

2.6.10. Almacenamiento

Las semillas obtenidas al término de este trabajo fue almacenadas en recipientes herméticamente cerrados, previo control fitosanitario de ataque de gorgojo del maíz, las cuales fueron cuidadosamente preparado en el almacén del centro experimental de Canaán, para su correcto almacenamiento y uso adecuado en el siguiente trabajo.

2.7. PARÁMETRO DE EVALUACIÓN

2.7.1. Longitud de la mazorca

Este carácter se mostrará en centímetros, teniendo en cuenta la distancia entre la base y el ápice de la mazorca.

2.7.2. Diámetro de la mazorca

En este carácter se mide en la parte media perpendicular a su longitud el diámetro de la mazorca, expresado en centímetros.

2.7.3. Diámetro de la tusa

En este carácter la medida de la tusa se mide perpendicular a su centro de su longitud de la tusa, expresado en centímetros.

2.7.4. Numero de hileras por mazorca

Se determina contando el número de hileras de grano existente en promedio por mazorca.

2.7.5. Numero de granos por mazorca

En este carácter se determina contando el número promedio de granos por hilera de cada mazorca.

2.7.6. Peso de 1000 semillas

Se calcula por cada uno de las muestras, se pesó 1000 granos en una balanza de precisión con una humedad al 14 por ciento, el peso expresado en gramos.

2.7.7. Peso de mazorca

Se procedió a determinar el peso de cada una de las muestras utilizando una balanza de precisión, y se registró el valor en gramos, aproximadamente con una humedad del 14 por ciento.

2.7.8. Peso de grano por mazorca

Cada muestra a los que se retiró los granos luego pesarlos en una balanza de precisión al 14 por ciento de humedad expresados en gramos.

2.7.9. Peso de tusa por mazorca

Se evaluó cada muestra, extrayendo los granos y posteriormente pesando únicamente la coronta utilizando una balanza de precisión, con un nivel de humedad aproximado del 14 por ciento, y se registró el peso en gramos.

2.8. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Se llevó a cabo un análisis de varianza para cada característica evaluada. El modelo utilizado para el análisis de varianza correspondió a los cálculos para efectos fijos, y los cuadrados medios observados se obtuvieron bajo el supuesto del modelo de efectos aleatorios. Los cuadrados medios observados representan estimaciones de los cuadrados medios esperados (Kuehl, 2001).

$$TC = \frac{Y_{..}^2}{pk}$$

$$SC \text{ total} = \sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{TC^2}{pk}$$

$$SC \text{ parcelas} = \frac{\sum Y_{i.}^2}{k} - \frac{TC^2}{pk}$$

$$SC \text{ dentro de parcelas} = SC_{total} - SC \text{ parcelas}$$

$$CM \text{ entre parcelas} = \frac{SC \text{ parcelas}}{p}$$

$$CM \text{ dentro de parcelas} = \frac{SC \text{ dentro de parcelas}}{p(k-1)}$$

$$CM \text{ total} = \frac{SC \text{ total}}{pk}$$

Tabla 2.5

Análisis de variancia

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrados medios esperados
Entre parcelas	p	SC entre parcelas	CM entre parcelas	$\sigma_G^2 + k\sigma_p^2$
Dentro de parcelas	p(k-1)	SC dentro de parcelas	CM dentro de parcelas	σ_G^2
Total	pq	SC total	CM total	$\sigma_G^2 + \sigma_p^2$

Las estimaciones obtenidas fueron de la variancia genética (σ_G^2), la variancia ambiental (σ_p^2), la variancia fenotípica (σ_F^2), la heredabilidad (h^2), el diferencial de selección (DS) y la ganancia por selección (GS).

$$\sigma_G^2 = CM \text{ dentro de parcelas}$$

$$CM \text{ parcelas} = \sigma_G^2 + k\sigma_p^2$$

$$\sigma_p^2 = \frac{CM \text{ parcelas} - CM \text{ dentro de parcelas}}{k}$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_p^2$$

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2}$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. SELECCIÓN DE GENOTIPOS

3.1.1. Variación entre y dentro de parcelas

Se evidencia diferencia significativa entre parcelas en caracteres que se indican (medias entre paréntesis): longitud y diámetro de mazorca (18.40, 5.09 cm), diámetro de tusa (2.42 cm), N° de hileras (11.02), N° de granos por hilera (28.88), peso de 1000 granos (437.14 g) peso de mazorca (157.69 g), peso de grano (134.13 g) y peso de tusa (22.90 g). Implica una variancia ambiental + variancia genética significativa. (Tabla 3.1) Se observó diferencia significativa dentro de parcelas, en los 9 caracteres. La variancia genética es significativa para estos caracteres. Las medias de los caracteres en general son parecidas o mejores a las medias del anterior ciclo de selección (Gómez, 2017). En el ciclo anterior las medias fueron: longitud y diámetro de mazorca 16.83 y 4.66 cm, diámetro de tusa 2.52 cm, N° de hileras 11.16, N° de granos por hilera 28.08, peso de 1000 semillas 448.87, peso de mazorca 150.81 g, peso de grano 130.53 g y peso de tusa 20.59 g. Quispe (2017) en el tercer ciclo de selección de un compuesto de maíz morado, encontró medias de: longitud y diámetro de mazorca 16.49 cm, 46.8 mm, diámetro de tusa 28.0 mm, peso de mazorca 127.58 g, peso de grano 108.71 g y peso de tusa 18.11 g.

Los resultados del presente estudio superan a los encontrados por Mendoza (2017) en un comparativo de variedades, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa siguientes: INIA 615 con 143.60, 116.40 y 27.10 g, Canteño con 130.87, 107.10 y 23.63 g, PMV 581 con 127.10, 104.00 y 23.87 g, Arequipeño con 124.10, 98.73 y 25.37 g, INIA 601 con 123.40, 101.90 y 21.70 g, y UNC 47 con 91.03, 77.07 y 14.23 g.

La población de maíz estudiada tiene el potencial de mejorar a través de la selección. Para lograr esto, es fundamental proporcionar las condiciones agroecológicas óptimas. Además, al cumplir con la alta demanda actual del mercado, se obtendrá una

buena calidad de antocianina. Los agricultores modernos están constantemente en búsqueda de mazorcas de maíz morado con dimensiones más grandes en longitud y diámetro, así como diámetro de la tusa, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de la mazorca, peso del grano y peso de la tusa.

Tabla 3.1

Cuadrados medios de nueve caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente	GL	Cuadrados medios								
		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Diámetro de tusa	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso de 1000 semillas	Peso de mazorca	Peso de grano / mazorca	Peso de tusa
Parcelas	59	5.407	0.256	0.073	3.104	15.132	7429.2	738.0	625.0	29.076
Dentro de parcelas	540	2.357	0.113	0.054	2.460	14.786	4381.6	398.8	336.8	24.973
Total	599									
CV (%)		8.34	6.60	9.60	14.23	13.31	15.14	12.66	13.68	21.82
Promedio		18.40	5.09	2.42	11.02	28.88	437.14	157.69	134.13	22.90

3.1.2. Variancia, heredabilidad y selección

En la tabla 3.2, se observa que la varianza ambiental es significativa en caracteres como longitud y diámetro de mazorca, diámetro de tusa, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa. Los valores encontrados en esta varianza son considerados altos y beneficiosos para el proceso de selección. Por otro lado, la varianza genética fue significativa en todos los caracteres mencionados, lo que indica que existen diferencias genéticas en el material genético que serán favorables para la selección.

El porcentaje de varianza genética se determina mediante la heredabilidad. Los resultados de heredabilidad para diferentes características fueron los siguientes: longitud y diámetro de mazorca (0.885, 0.887), diámetro de tusa (0.966), número de hileras (0.974), número de granos por hilera (0.998), peso de 1000 granos (0.935), peso de mazorca (0.922), peso de grano (0.921) y peso de tusa (0.984). Estos valores son considerados altos y favorables para el proceso de selección.

Valenzuela (2014) informó heredabilidad de 0.94 para longitud de mazorca y 0.80 para diámetro de mazorca, valores similares a los obtenidos por Hallauer y Miranda

(1981) y Quispe (1999). Además, Quispe (2017) encontró heredabilidades de 87.7%, 99.7%, 92.6%, 92.8% y 95.2% para la longitud de mazorca, diámetro de tusa, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa, respectivamente. Estos resultados también son considerados altos y coinciden con los hallazgos del presente experimento.

Los valores de la heredabilidad encontrados en el presente estudio favorecen la selección. Esto se traduce en la ganancia por selección que se espera en la próxima generación, esto valores son: longitud de mazorca (0.218 cm), diámetro de mazorca (0.058 cm), diámetro de tusa (0.044 cm), número de hileras (0.182), número de granos por hilera (0.171), peso de 1000 granos (11.100 g), peso de mazorca (10.111 g), peso de grano (9.036 g) y peso de tusa (1.309 g) (tabla 3.2)

En el ciclo de selección anterior, Espinoza (2017) obtuvo respuestas a la selección expresadas en porcentajes, que fueron de 0.356 cm (2.32%) para la longitud de mazorca, 0.052 cm (1.15%) para el diámetro de mazorca, 0.141 (1.31%) para el número de hileras por mazorca, 0.361 (2.40%) para el diámetro de tusa, 0.033 cm (1.29%) para el peso de la mazorca, 6.036 g (5.81%) para el peso de grano y 5.227 g (5.88%) para el peso de tusa.

Tabla 3.2

Variación, heredabilidad y selección de nueve caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Componentes de variancia, heredabilidad y selección		Longitud de	Diámetro de	Diámetro de	Número de	Número de	Peso de 1000	Peso de	Peso de grano /	Peso de
		mazorca	mazorca	tusa	hilera por	granos por	semillas	mazorca	mazorca	tusa
		cm	cm	cm			g	g	g	g
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
Variación genética	σ_G^2	2.357	0.113	0.054	2.460	14.786	4381.603	398.754	336.840	24.973
Variación ambiental (parcelas)	σ_P^2	0.305	0.014	0.002	0.064	0.035	304.759	33.927	28.816	0.410
Variación fenotípica	σ_F^2	2.662	0.127	0.056	2.525	14.821	4686.362	432.682	365.656	25.383
Heredabilidad	h^2	0.885	0.887	0.966	0.974	0.998	0.935	0.922	0.921	0.984
Promedio población	\bar{Y}_0	18.399	5.085	2.418	11.020	28.880	437.140	157.687	134.132	22.898
Promedio selecciones	\bar{Y}_S	18.891	5.216	2.509	11.394	29.222	460.883	179.629	153.750	25.559
Diferencial de selección	DS	0.493	0.131	0.091	0.374	0.342	23.743	21.942	19.618	2.660
Ganancia por selección	GS	0.218	0.058	0.044	0.182	0.171	11.100	10.111	9.036	1.309
Porcentaje de mejora	%GS	1.185	1.143	1.812	1.656	0.591	2.539	6.412	6.737	5.715
Promedio población mejorada	\bar{Y}_1	18.617	5.143	2.462	11.202	29.051	448.240	167.797	143.168	24.207
Porcentaje plantas seleccionadas		2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273

3.2. RELACIÓN PESO DE MAZORCA CON CARACTERES DE MAZORCA

Tabla 3.3

ANVA de la regresión con selección de variables con el método Stepwise del peso mazorca sobre longitud de mazorca y diámetro de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	73598	36799.0	118.58	<.0001
Error	597	185274	310.3		
Total	599	258871			

La regresión del peso de mazorca, longitud de mazorca y diámetro de mazorca resulta significativa (tabla 3.3). El coeficiente de determinación obtenido es del 28.43%, lo que indica que la variación en el peso de la mazorca está influenciada o determinada por la longitud de la mazorca y el diámetro de la mazorca, y esta relación tiene significancia estadística. En otro estudio, Alca (2000) encontró un coeficiente de determinación de 56.8%. Por su parte, Quispe (2017) encontró una relación entre el peso de la mazorca, el peso de grano y el peso de la tusa, obteniendo un coeficiente de determinación del 99.70%. En el ciclo de selección anterior, Espinoza (2017) obtuvo un coeficiente de determinación del 99.83%, pero en relación al peso de la mazorca con el número de hileras por mazorca, el peso de grano y el peso de la tusa.

Tabla 3.4

Coefficientes de regresión lineal múltiple del peso mazorca sobre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variable	Coefficiente de regresión	Error estándar	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Término independiente	-57.656	14.003	5261.5	16.95	<.0001
Longitud de mazorca	4.692	0.445	34494.0	111.15	<.0001
Diámetro de mazorca	25.373	2.037	48131.0	155.09	<.0001

Los coeficientes de regresión del peso de la mazorca respecto a la longitud de la mazorca y el diámetro de la mazorca son significativos, según se muestra en la tabla 3.4. Cada centímetro de incremento en la longitud de la mazorca resulta en un aumento de

4.69 g en el peso de la mazorca, mientras que cada centímetro de incremento en el diámetro de la mazorca produce un aumento de 25.37 g en el peso de la mazorca. Estos incrementos son independientes de los demás caracteres evaluados.

Por otro lado, Quispe (2017) obtuvo valores de coeficientes de regresión de 0.998 para la relación peso de la mazorca respecto al peso de grano, y 1.027 para el peso de la tusa, valores similares a los encontrados en el presente estudio. En el ciclo anterior de selección, Espinoza obtuvo coeficientes de regresión de -0.0561 para el número de hileras por mazorca, 1.0018 para el peso de grano y 1.0024 para el peso de la tusa.

Tabla 3.5

Resumen de selección de Stepwise con las variables diámetro de mazorca y longitud de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variable introducida	Número de variables	R² parcial	R² modelo	F-Valor	Pr > F
Diámetro de mazorca	1	0.151	0.151	106.40	<.0001
Longitud de mazorca	2	0.133	0.284	111.15	<.0001

En la estimación del peso de la mazorca, las variables más importantes son el diámetro de la tusa en primer lugar y, en segundo lugar, la longitud de la mazorca, como se muestra en la tabla 3.5. Quispe (2017) también obtuvo un resultado similar en cuanto a la importancia de las variables, con el peso de grano en primer lugar y el peso de la tusa en segundo lugar. Además, Espinoza en el ciclo anterior de selección también encontró el mismo orden de importancia en estas variables.

Tabla 3.6

Peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.) para valores diferentes de longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)				
	4.0	4.7	5.4	6.1	6.8
13.6	107.6	125.4	143.2	160.9	178.7
16.2	119.8	137.6	155.4	173.1	190.9
18.8	132.0	149.8	167.6	185.3	203.1
21.4	144.2	162.0	179.8	197.5	215.3
24.0	156.4	174.2	192.0	209.7	227.5

Según el modelo de regresión lineal múltiple presentado en la tabla 3.4, se obtiene una superficie de respuesta reformulada para la relación entre el peso de la mazorca, el diámetro de la mazorca y la longitud de la mazorca. Los resultados se reflejan en la tabla 3.6, donde se pueden apreciar los valores estimados del peso de la mazorca. Esta misma relación también se muestra en la figura 3.1.

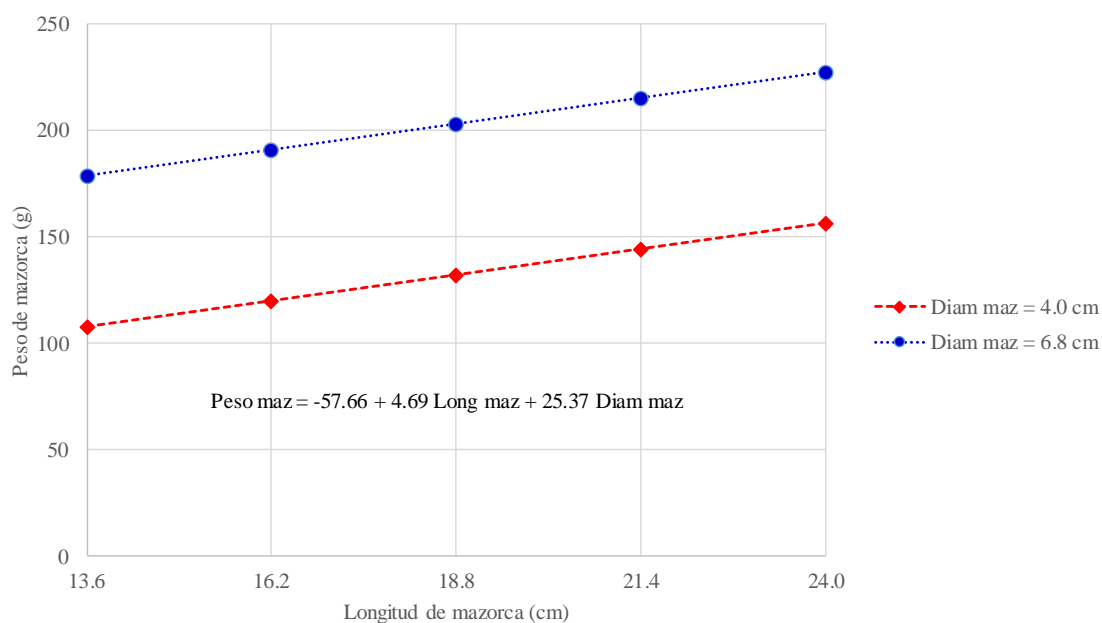
En la figura 3.1, se puede observar que cuando el diámetro de la mazorca se incrementa en 1 cm, el peso de la mazorca aumenta en 25.37 g, y cuando la longitud de la mazorca aumenta en 1 cm, el peso de la mazorca se incrementa en 4.69 g.

El peso mínimo estimado de la mazorca, según el modelo de regresión, es de 107.6 g, y ocurre cuando el diámetro de la mazorca es de 4.0 cm y la longitud de la mazorca es de 13.6 cm. Por otro lado, el peso máximo estimado de la mazorca es de 227.5 g, y se presenta cuando el diámetro de la mazorca es de 6.8 cm y la longitud de la mazorca es de 24.0 cm.

$$PMZ = -57.66 + 4.69 \text{ Longitud de mazorca} + 25.37 \text{ Diámetro de mazorca}$$

Figura 3.1

Regresión de peso de mazorca (g) de maíz morada (Zea mays L.) sobre longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho



3.3. ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES

Tabla 3.7

Coefficientes de correlación y significación entre caracteres de mazorca de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Diámetro de tusa	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso de 1000 semillas	Peso de mazorca	Peso de grano / mazorca	Peso de tusa
	cm Y1	cm Y2	cm Y3	Y4	Y5	g Y6	g Y7	g Y8	g Y9
Y1		-0.125 **	-0.053	-0.104 *	0.225 **	0.056	0.314 **	0.247 **	0.332 **
Y2			0.407 **	0.352 **	-0.100 *	0.155 **	0.389 **	0.363 **	0.229 **
Y3				0.282 **	-0.110 **	0.044	0.349 **	0.217 **	0.613 **
Y4					-0.256 **	-0.218 **	0.270 **	0.272 **	0.087 *
Y5						-0.297 **	0.099 *	0.100 *	0.003
Y6							0.379 **	0.398 **	0.060
Y7								0.968 **	0.430 **
Y8									0.201 **

El peso de la mazorca muestra una asociación significativa con todas las variables consideradas en el estudio, como se muestra en la tabla 3.7. Esto implica que es recomendable realizar una selección positiva de mazorcas que presenten mayores dimensiones en relación a los 9 caracteres evaluados, con el propósito de aumentar el peso de la mazorca. Además, se sugiere llevar a cabo una selección simultánea de características de calidad, tales como un color morado intenso en la tusa y en el grano, así como una forma homogénea de la mazorca (Phoelhman, 1981; Allard, 1980 y Quispe, 1999).

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los encontrados por Alca (2002), Valenzuela (2014) y Quispe (2017).

CONCLUSIONES

1. El promedio de los 9 caracteres del maíz morado evaluados fueron los siguientes: longitud de mazorca (18.40 cm), diámetro de mazorca (5.09 cm), diámetro de tusa (2.42 cm), número de hileras (11.02), número de granos por hilera (28.88), peso de 1000 granos (437.14 g), peso de mazorca (157.69 g), peso de grano (134.13 g) y peso de tusa (22.90 g).
2. Los coeficientes de heredabilidad obtenidos para cada característica son los siguientes: longitud de mazorca (0.885), diámetro de mazorca (0.887), diámetro de tusa (0.966), número de hileras (0.974), número de granos por hilera (0.998), peso de 1000 granos (0.935), peso de mazorca (0.922), peso de grano (0.921) y peso de tusa (0.984). Estos valores se consideran altos y favorables para llevar a cabo la selección.
3. Las ganancias por selección obtenidas para cada característica evaluada fueron las siguientes: longitud de mazorca (0.218 cm), diámetro de mazorca (0.058 cm), diámetro de tusa (0.044 cm), número de hileras (0.182), número de granos por hilera (0.171), peso de 1000 granos (11.100 g), peso de mazorca (10.111 g), peso de grano (9.036 g) y peso de tusa (1.309 g). En términos porcentuales, estas ganancias representan una mejora del 1.185% para la longitud de mazorca, 1.143% para el diámetro de mazorca, 1.812% para el diámetro de tusa, 1.656% para el número de hileras por mazorca, 0.591% para el número de granos por hilera, 2.539% para el peso de 1000 granos, 6.412% para el peso de la mazorca, 6.737% para el peso de grano y 5.715% para el peso de la tusa.
4. Existe relación funcional del peso de mazorca con longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Siendo el modelo: $Y = -57.66 + 4.69 \text{ Long.} + 25.37 \text{ Diámetro.}$
5. El peso de la mazorca está fuertemente asociado de manera significativa con la longitud de la mazorca, el diámetro de la mazorca, el diámetro de la tusa, el número de hileras, el número de granos por hilera, el peso de 1000 granos, el peso de la mazorca, el peso de grano y el peso de la tusa.

RECOMENDACIONES

1. Realizar la quinta ciclo de selección masal con la siembra de la población mejorada del presente estudio.
2. Evaluar rendimientos en diferentes ambientes y zonas productoras de maíz morado.
3. Evaluar caracteres de calidad en un programa de selección recurrente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, D. (2008) Tesis comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de fertilización en la parroquia la concepción cantón mira. Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales, escuela de ingeniería agropecuaria-Ecuador.
- ALCA, M.R. (2002) Selección masal estratificada en Maíz Morado (*Zea mays* L.) Canaán a 2750 m.s.n.m.-Ayacucho. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
- ALLARD R. W. (1980) Principios de la mejora genética. Cuarta edición. Edición omega S.A. España. 498 p.
- ARAUJO J. (1995) Estudio de la extracción del colorante de maíz morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNA- La Molina. Lima- Perú.
- ARROYO J, RAEZ E, RODRÍGUEZ M, CHUMPITAZ V, BURGA J, DE LA CRUZ W, BURGA J, VALENCIA J. 2008. Actividad antihipertensiva y antioxidante del extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado (*Zea mays* L.) Rev Peru Med Exp Salud Publ 25: 195 - 199.
- ARBOLEDA F. (1973) Interacción genotipo - ambiente: selección masal en diferentes ambientes. IV reunión de maiceros de la zona andina. Cochabamba - Bolivia.
- BRAUER O. (1973) Filogenética aplicada. Editorial Limusa. México. 495 p.
- CABALLERO P. M. (2013) Niveles de Guano de Isla y Densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) Chihua a 2360 msnm Huanta, Ayacucho. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Ayacucho, Perú.
- CAMARENA, M. F., Chura Ch. J. y Blas S. R. (2012) Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. AGROBANCO. Lima, Perú.
- CERRA TE D. M. (1999) Selección mazorca - hilera modificada en una variedad choclera de la Sierra alta del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNA La Molina. Lima Perú.
- DUDLEY J. W. & MOLL R. H. (1969) Interpretation and Use of Estimates of Heritability and Genetic Variance in plant Breeding. Crop.
- ENRIQUEZ SOTO R y VILCAPOMA D. (2012) "Evaluación de vida útil en anaquel de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) Nativo tostado y envasado en tres tipos

- de envases" tesis para obtener el título Ingeniero En Industrias Alimentarias Huancayo-Perú.
- ESPINOZA Q. J. (2016) Segundo ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- FOPEX (1985) “El maíz morado. Manual de fondo de promoción de exportadores- Perú”.
- FLORES, C. D (2008) (*Zea mays* L.) Variedad morada y su efecto protector de daño osteoarticular en artritis inducida en ratas tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias de La Salud, Facultad de Medicina Humana Unidad de Posgrado U.N.M.S.M. Lima – Perú.
- GOMEZ, M. (2018) Tercer ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán, 2735 msnm – Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
- IBÁÑEZ, R.; AGUIRRE, G. (1983). Fertilidad de suelos: Manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH, Ayacucho. 136 p.
- KUEHL R. (2001). Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Segunda edición. International Thomson. Editores, S.A. de C.V., Mexico, DF, MX
- QUISPE, J. A. (1999) Heterosis en variedades precoces de maíz de sierra alta. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae. UNA La Molina. Lima – Perú.
- QUISPE M. S. (2017) Quinto ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- QUISPE, J. O. (2017) Fertilización N-P-K densidad de planta en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán 2750 msnm. Ayacucho facultada de ciencias agrarias UNSCH- Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias Ayacucho-Perú.
- GROBMAN, A (2012) El maíz se originó en el Perú y México. Universia: <http://noticias.universia.edu.pe/tiempo-libre/noticia/2012/02/13/911136/maiz-origino-peru-mexico.html>.

- HALLAUER, A. R. y MIRANDA, J.H. (1981) *Genética Cuantitativa en el Mejoramiento del Maíz*. Prensa de la Universidad Estatal de Iowa, Ames, 124-126.
- INIA (2020) *Compendio tecnológico del programa de investigación de maíz*. Edit. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Lima- Perú.
- JUSTINIANO, A. E. (2010) *Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (Zea mays L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la molina tesis para optar el grado de: Magister scientiae, Escuela de post grado especialidad de producción agrícola*. Lima-Perú.
- LAZO, R. (1999) *Fertilización potásica y fosfórica en el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.)*. PM 581.Tesis UNA. El cural- Arequipa- Perú.
- LIBROGEN (2004) *Mejoramiento, Endogamia y Heterosis* [en línea] <http://member.fortunecity.Es/librogen/mejoramiento.htm> consultado el día 26 de julio del 2016.
- LONNQUIST, J. H. (1961) *El mejoramiento de las plantas de polinización cruzada*. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Buenos Aires, Actas v. 2, p. 238.
- LLANOS, M. (1984) *El maíz, su cultivo y aprovechamiento*. Editorial. Mundiprensa-España. 318 p.
- MANRIQUE, A. (1997) “El maíz en el Perú. Segunda edición CONCYTEC. Perú”.
- MANRIQUE, A. (1999) *Maíz morado peruano (Zea mays L.)*. amilaceae st). Folleto R.Y. N° 2-99 Perú 24 p.
- MARQUEZ, F. (1985) *Genotecnia vegetal: métodos, teoría, resultados*. Tomo I. México. pp: 138-145, 155-202, 225-226.
- MENDOZA. N. (2017). *Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.)*, Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- NEVADO, M. y SEVILLA, R. (1976) *Selección de variedades de maíz en zonas con características ambientales y tecnológicas agrícolas*. Extraordinaria información del maíz. Vol. II. UNA La Molina. Lima-Perú.
- PAUCARIMA, R. E. (2007) *Respuesta de maíz morado (Zea mays L.) a cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra Canaán a 2750 msnm*. Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero agrónomo facultad de ciencias agrarias escuela de profesional de agronomía UNSCH. Ayacucho-Perú.

- POELHMAN, J. M. (1981) Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México. 453 p.
- PUMA, J (1998) “Dos fuentes de materia orgánica y el rendimiento de maíz morado en zonas áridas”. Tesis UNAS. Arequipa –Perú.
- SALINAS, R. (2015) Mejoramiento poblacional de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán a 2735 msnm-Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo facultad de ciencias agrarias escuela de formación profesional de agronomía UNSCH. Ayacucho-Perú.
- SAQUINUIX, I. F. (2011) Selección masal en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para pequeños agricultores. Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola –ICTA. Quetzaltenango, Guatemala.
- SANSONI, J. A. Y GAMERO, C. D. 1988. Obtención de colorante a partir de maíz morado Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico. UNI. Lima-Perú. Consultado el 14 de junio del 2016. Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni14691/elias_sj.pdf.
- SUMAR, L. (1993) *Amaranthus caudatus*, el pequeño gigante. Programa de investigación amarantos. Boletín N° 03: Setiembre Cuzco – Perú.
- VALENZUELA, Y. M. (2014) Selección masal estratificada en Maíz Morado (*Zea mays* L.) II Etapa en Canaán a 2735 m.s.n.m.-Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
- TINEO, A.; PALOMINO R.; CERDA, M. & GIRON J. (2004) Manual de fertilidad de suelos. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- VALLEJO, F. y ESTRADA, E. (1992) Fundamentos genéticos del Mejoramiento vegetal. Universidad Nacional de Colombia. 102 p.
- VEGA, O. (1988) Introducción a la Teoría Genética Cuantitativa con Especial Referencia al Mejoramiento de plantas. Caracas- Venezuela. Pp: 325- 333.
- ZAMBRANO, O. L. (2011) “Guía de cereales”. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias y Escuela Profesional de Agronomía.

PÁGINAS WEB

AGRARIA.PE (2022) boletín informativo

[https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-maiz-amilaceo-alcanzo-las-772-mil-ton-](https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-maiz-amilaceo-alcanzo-las-772-mil-ton-27743#:~:text=En%20el%202021%2C%20se%20cosecharon,grano%20seco%2C%20442%20mil%20toneladas)

[27743#:~:text=En%20el%202021%2C%20se%20cosecharon,grano%20seco%2C%20442%20mil%20toneladas](https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-maiz-amilaceo-alcanzo-las-772-mil-ton-27743#:~:text=En%20el%202021%2C%20se%20cosecharon,grano%20seco%2C%20442%20mil%20toneladas) Consultado el 20 de julio del 2022.

INEI (2020)

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap13/cap13.pdf . Consultado el 12 de noviembre del 2021.

INIA (2020)

<https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/29414-inia-identifica-variedad-de-maiz-morado-con-mayor-contenido-de-antocianina-y-potencial-de-rendimiento> Consultado el 10 de diciembre del 2021.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Foto 1. Preparación del terreno



Foto 2. Surcado del terreno



Foto 3. Siembra de la semilla y distribución de cintas de goteo



Foto 4. Emergencia del 90% de la semilla



Foto 5. Crecimiento y desarrollos de plantas



Foto 6. Primer aporque y aplicación del riego



Foto 7. Inicio de panojamiento de maíz morado



Foto 8. Pistilos en la inflorescencia femenina del maíz morada



Foto 9. Madurez fisiológica de maíz morada lista para la cosecha



Foto 10. Selección de las mejores mazorcas de las parcelas



Foto 11. Cosecha de diez plantas seleccionadas por unidad experimental



Foto 12. Secado las unidades experimentales en el invernadero



Foto 13. Datos de medida de la longitud de mazorca



Foto 14. Datos de medida del diámetro de mazorca



Foto 15. Datos de Peso de la mazorca



Foto 16. Datos de Peso de la Tusa de una mazorca



Foto 17. Datos de Peso del grano de una mazorca



Foto 18. Datos de medida del diámetro de la tusa de una mazorca



Foto 19. Datos de conteo de número de hileras de una mazorca.

pnc mazorca n°	Longitud o d cm	Diametr o Mazorca cm	N° hileras/ Mazorca	N° Granos/ Mazorca	Peso de Granos/ Mazorca ca (g)	Peso de de Tuza (g)	Diametr o de Tuza (cm)	Peso de 1000 semilla (g)	Peso de mazorca a sacca 14-16 H° gr	Peso de mazorca a humeda a 28-34 H° gr																														
											10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	16.5	5.4	10	390	154	22	2.4	43	175	196 *																														
2	16.7	5.1	10	394	149	28	2.4	49	177	231 *																														
3	16.6	4.6	10	348	147	20	2.2	45	161	232 *																														
4	16.3	5.2	10	324	97	22	2.5	33	124	211																														
5	16.2	5.1	10	312	90	16	2.0	33	106	239																														
6	16.1	4.6	10	292	70	20	2.2	33	124	211																														
7	15.5	5.2	10	266	136	26	2.2	33	106	239																														
8	15.2	5.2	10	266	111	18	2.4	40	121	188																														
9	14.4	4.9	10	250	111	18	2.4	40	121	188																														
10	14.8	4.2	10	200	70	17	2.5	45	140	160																														
									130	130																														
									140	140																														
									150	150																														
									160	160																														
									170	170																														
									180	180																														
									190	190																														
									200	200																														
									210	210																														
									220	220																														
									230	230																														
									240	240																														
									250	250																														
									260	260																														
									270	270																														
									280	280																														
									290	290																														
									300	300																														
									310	310																														
									320	320																														
									330	330																														
									340	340																														
									350	350																														
									360	360																														
									370	370																														
									380	380																														
									390	390																														
									400	400																														
									410	410																														
									420	420																														
									430	430																														
									440	440																														
									450	450																														
									460	460																														
									470	470																														
									480	480																														
									490	490																														
									500	500																														

Foto 20. Los datos obtenidos todos los parámetros de la mazorca

Cuarto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto en maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho

Walter Espinoza Vilca¹
walter.espinoza.01@unsch.edu.pe¹
José Antonio Quispe Tenorio²
jose.quispe@unsch.edu.pe²
Área de Investigación en Biodiversidad
Línea de investigación en Sistemas de Producción Agrícola
Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH^{1,2}

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivos: Evaluar caracteres cuantitativos de rendimiento en una población compuesta de maíz morado, con fines de mejoramiento genético y Seleccionar genotipos superiores de mezcla de polinización abierta de maíz Morado mediante estimadores de las componentes de variancia y heredabilidad con fines de mejoramiento genético. Se instaló 60 parcelas, cada parcela de 3 surcos de 10 metros de largo y 0.80 metros entre surcos. Los caracteres de mazorca se evaluaron en 10 plantas seleccionadas. Se utilizó la metodología de selección masal estratificada. La ganancia por selección en los caracteres de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de tusa, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa fueron 0.218 cm, 0.058 cm, 0.044 cm, 0.182, 0.171, 11.100, 10.111g, 9.036g y 1.309g respectivamente; la mejora en porcentaje representa para la longitud de mazorca 1.185 %, diámetro de mazorca 1.143 %, diámetro de tusa 1.812 %, hileras por mazorca 1.656 %, número de granos por hilera 0.591 %, peso de 1000 granos 2.539 %, peso de mazorca 6.412 %, peso de grano 6.737 % y peso de tusa fueron 5.715 %. El peso de mazorca está asociado con alta significación estadística con los parámetros de estudio mencionados. La heredabilidad (h^2) para los caracteres es 0.885, 0.887, 0.966, 0.974, 0.998, 0.935, 0.922, 0.921, 0.984 para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, diámetro de tusa, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa, respectivamente; son considerados altos y favorables para selección.

Palabras clave: Selección masal, maíz morado, varianza y heredabilidad.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz morado se extiende en Ecuador, Perú y Bolivia, desde el nivel del mar hasta los 3200 msnm, la planta de maíz produce mazorcas con 85 % de grano y 15 % de tusa de color morado, estas contienen antocianinas (alrededor de 0.1 % en grano y 1 % en la tusa). Las antocianinas del maíz morado tienen un alto poder antioxidante, previenen el cáncer al intestino grueso y bajan la presión sanguínea (Quispe, 2017)

El Maíz morado (*Zea mays*) es una variedad única del género *Zea* y se cultiva en el Perú, su nombre deriva del pericarpio, las glumas y la tusa que presenta color morado oscuro casi negro por la acumulación de pigmentos antociánicos, esta coloración es el resultado de la acción compleja de muchos genes localizados en distintos cromosomas los cuales en combinación producen el color morado (cianidina-3- b-glucosa), un colorante natural altamente valorado en el campo de la medicina y en la industria de alimentos (Quispe, 2017).

La baja productividad de mazorcas de maíz morado entre otros factores está asociada a la ausencia de selección genotípica tecnificada para producir variedades más rendidoras (Camarena *et al*, 2012). La selección masal en el maíz posibilita la generación de variedades de libre polinización, para agricultores con escasos recursos económicos para adquirir semilla mejorada (Gomez, 2018). El experimento tiene los siguientes objetivos.

1. Evaluar caracteres cuantitativos de rendimiento en una población compuesta de maíz morado, con fines de mejoramiento genético.
2. Seleccionar genotipos superiores de mezcla de polinización abierta de maíz Morado mediante estimadores de las componentes de variancia y heredabilidad con fines de mejoramiento genético.

METODOLOGÍA

UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se desarrolló en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuya ubicación es la siguiente:

Lugar	: Centro Experimental Canaán
Distrito	: Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
Provincia	: Huamanga
Departamento	: Ayacucho
Altitud	: 2735 msnm.
UTM	: Este (X): 586264.7, Norte (Y): 8544068 13°10'8.44" Latitud Sur y 74° 12' 12.35" LW

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo del campo experimental tiene una textura franco arcilloso, poco profundo. El terreno tiene una topografía con una pendiente que oscila entre 1 a 1.5 %. Con la ayuda de una pala recta, se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 25 cm, recorriendo el terreno y cubriendo toda el área del trabajo. La muestra compuesta de 1 kg de suelo fue remitida para su análisis al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas y Aguas "Nicolás Roulet" de Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El pH se determinó por el método potenciómetro, la materia orgánica con el método del óxido-reducción de Walkey y Black, para el N total con el método Kjendahl, el P - disponible con fotometría de llama, el K - disponible por el método turbidimétrico y para el análisis de textura se utilizó el método de hidrómetro. Se interpretó los resultados de acuerdo a lo propuesto por Ibáñez y Aguirre (1983), podemos decir que el contenido de materia orgánica (2.03%) y la de nitrógeno (0.1 0%) es un nivel pobre, mientras que el fosforo disponible (14.3 ppm.) es medio y el potasio disponible (46.3 ppm.) se ubica en un nivel bajo. La textura del suelo es franco arcillosa y el pH es ligeramente alcalino.

Considerando la extracción de nutrientes de 128, 48 y 140 kg.ha⁻¹ de NPK para un rendimiento de 4400 kg. de grano, se calculó la fórmula de abonamiento; con la metodología propuesta por (Ibáñez y Aguirre, 1983) obteniendo una fórmula recomendada de 150 – 140 – 120 kg.ha⁻¹ de N – P₂O₅ – K₂O.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La información climatológica fue obtenida de la estación meteorológica INIA Ayacucho, la cual se encuentra a una altitud de 2735 msnm. en las coordenadas 13°10' 8.72" Latitud Sur y 74° 12' 12.85" Longitud Oeste. La precipitación total fue de 545.3 mm; Los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2016 y mayo, junio, julio y agosto de 2017 presentan déficit de agua, mientras que los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril de 2017 presentan excedentes de agua.

MATERIAL GENÉTICA EMPLEADO

Utilizamos una población de maíz morado que estaba libre para polinizar, la cual es una mezcla balanceada de las variedades Negro Canaán, PMV 581 y Arequipeño, procedente del tercer ciclo de selección recurrente.

Color de tusa	Morado oscuro
Color de grano	Negro
Altura de la planta (m)	280 +/- 30 cm
Altura de la mazorca (m)	176 +/- 18 cm
Color de la hoja	verde oscuro
Tipo de grano	amiláceo
Color del tallo	verde claro y purpura
Color de panoja	purpura claro
Color de estigma	amarilla
Diámetro de la mazorca	4.5
Numero de hileras por mazorca	8,10, 12
Numero de granos por hileras	28
Numero mazorca por planta	1 a 2 mazorcas
Peso de grano por mazorca (g)	120.2

Nota: Semilla de la tercera ciclo de la selección masal estratificada del maíz morado.

DISTRIBUCIÓN DE CAMPO EXPERIMENTAL

Se sembró en un terreno de un área 1440 m², con 13,500 plantas, y se dividió en 10 bloques de 2.40 m de ancho por 10 m de largo; cada bloque contenía 6 parcelas cada uno. Cada parcela se dividió en 3 surcos de 10 m de largo por 2.40 m de ancho y 0.80 m entre surcos, en ellos se sembró 25 golpes con 3 semillas por golpe distanciado 0.40 m, produciendo un total de 225 plantas por parcela.

Para cada unidad experimental se cosecharon las 10 mejores mazorcas, resultando 60 mazorcas por bloque y 600 mazorcas para todo el campo experimental.

Características de la unidad experimental (UE)

- ✓ Largo (paralela al surco) : 10 m
- ✓ Ancho (perpendicular al surco) : 2.40 m
- ✓ Espacio de la UE : 24.0 m²
- ✓ N° de surcos por parcela : 3
- ✓ La distancia entre surcos : 0.8 m
- ✓ La distancia entre platas : 0.4 m
- ✓ Granos por golpe : 02
- ✓ N° de muestra por UE : 10 plantas

PARÁMETRO DE EVALUACIÓN

Longitud de la mazorca

Este carácter se mostrará en centímetros, teniendo en cuenta la distancia entre la base y el ápice de la mazorca.

Diámetro de la mazorca

En este carácter se mide en la parte media perpendicular a su longitud el diámetro de la mazorca, expresado en centímetros.

Diámetro de la tusa

En este carácter la medida de la tusa se mide perpendicular a su centro de su longitud de la tusa, expresado en centímetros.

Numero de hileras por mazorca

Se determina contando el número de hileras de grano existente en promedio por mazorca.

Numero de granos por mazorca

En este carácter se determina contando el número promedio de granos por hilera de cada mazorca.

Peso de 1000 semillas

Se calcula por cada uno de las muestras, se pesó 1000 granos en una balanza de precisión con una humedad al 14 por ciento, el peso expresado en gramos.

Peso de mazorca

Se procedió a determinar el peso de cada una de las muestras utilizando una balanza de precisión, y se registró el valor en gramos, aproximadamente con una humedad del 14 por ciento.

Peso de grano por mazorca

Cada muestra a los que se retiró los granos luego pesarlos en una balanza de precisión al 14 por ciento de humedad expresados en gramos.

Peso de tusa por mazorca

Se evaluó cada muestra, extrayendo los granos y posteriormente pesando únicamente la coronta utilizando una balanza de precisión, con un nivel de humedad aproximado del 14 por ciento, y se registró el peso en gramos.

EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Se llevó a cabo un análisis de varianza para cada característica evaluada. El modelo utilizado para el análisis de varianza correspondió a los cálculos para efectos fijos, y los cuadrados medios observados se obtuvieron bajo el supuesto del modelo de efectos

aleatorios. Los cuadrados medios observados representan estimaciones de los cuadrados medios esperados (Kuehl, 2001).

$$TC = \frac{Y..^2}{pk}$$

$$SC\ total = \sum \sum Y_{ij}^2 - \frac{TC^2}{pk}$$

$$SC\ parcelas = \frac{\sum Y_{i.}^2}{k} - \frac{TC^2}{pk}$$

$$SC\ dentro\ de\ parcelas = SC\ total - SC\ parcelas$$

$$CM\ entre\ parcelas = \frac{SC\ parcelas}{p}$$

$$CM\ dentro\ de\ parcelas = \frac{SC\ dentro\ de\ parcelas}{p(k-1)}$$

$$CM\ total = \frac{SC\ total}{pk}$$

Análisis de variancia.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Cuadrados medios esperados
<i>Entre parcelas</i>	<i>p</i>	<i>SC entre parcelas</i>	<i>CM entre parcelas</i>	$\sigma_G^2 + k\sigma_P^2$
<i>Dentro de parcelas</i>	<i>p(k-1)</i>	<i>SC dentro de parcelas</i>	<i>CM dentro de parcelas</i>	σ_G^2
<i>Total</i>	<i>pk</i>	<i>SC total</i>	<i>CM total</i>	$\sigma_G^2 + \sigma_P^2$

Las estimaciones obtenidas fueron de la variancia genética (σ_G^2), la variancia ambiental (σ_P^2), la variancia fenotípica (σ_F^2), la heredabilidad (h^2), el diferencial de selección (DS) y la ganancia por selección (GS).

$$\sigma_G^2 = CM\ dentro\ de\ parcelas$$

$$CM\ parcelas = \sigma_G^2 + k\sigma_P^2$$

$$\sigma_P^2 = \frac{CM\ parcelas - CM\ dentro\ de\ parcelas}{k}$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_G^2 + \sigma_P^2$$

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SELECCIÓN DE GENOTIPOS

Variación entre y dentro de parcelas

Se evidencia diferencia significativa entre parcelas en caracteres que se indican (medias entre paréntesis): longitud y diámetro de mazorca (18.40, 5.09 cm), diámetro de tusa (2.42 cm), N° de hileras (11.02), N° de granos por hilera (28.88), peso de 1000 granos (437.14 g) peso de mazorca (157.69 g), peso de grano (134.13 g) y peso de tusa (22.90 g). Implica una variancia ambiental + variancia genética significativa. (Tabla 1) Se observó diferencia significativa dentro de parcelas, en los 9 caracteres. La variancia genética es significativa para estos caracteres. Las medias de los caracteres en general son parecidas o mejores a las medias del anterior ciclo de selección (Gomez, 2018). En el ciclo anterior las medias fueron: longitud y diámetro de mazorca 16.83 y 4.66 cm, diámetro de tusa 2.52 cm, N° de hileras 11.16, N° de granos por hilera 28.08, peso de 1000 semillas 448.87, peso de mazorca 150.81 g, peso de grano 130.53 g y peso de tusa 20.59 g. Quispe (2017) en el tercer ciclo de selección de un compuesto de maíz morado, encontró medias de: longitud y diámetro de mazorca 16.49 cm, 46.8 mm, diámetro de tusa 28.0 mm, peso de mazorca 127.58 g, peso de grano 108.71 g y peso de tusa 18.11 g.

Los resultados del presente estudio superan a los encontrados por Mendoza (2017) en un comparativo de variedades, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa siguientes: INIA 615 con 143.60, 116.40 y 27.10 g, Canteño con 130.87, 107.10 y 23.63 g, PMV 581 con 127.10, 104.00 y 23.87 g, Arequipeño con 124.10, 98.73 y 25.37 g, INIA 601 con 123.40, 101.90 y 21.70 g, y UNC 47 con 91.03, 77.07 y 14.23 g.

La población de maíz estudiada tiene el potencial de mejorar a través de la selección. Para lograr esto, es fundamental proporcionar las condiciones agroecológicas óptimas. Además, al cumplir con la alta demanda actual del mercado, se obtendrá una buena calidad de antocianina. Los agricultores modernos están constantemente en búsqueda de mazorcas de maíz morado con dimensiones más grandes en longitud y diámetro, así como diámetro de la tusa, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de la mazorca, peso del grano y peso de la tusa.

Tabla 1

Cuadrados medios de nueve caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente	GL	Cuadrados medios								
		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Diámetro de tusa	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso de 1000 semillas	Peso de mazorca	Peso de grano / mazorca	Peso de tusa
Entre parcelas	59	5.407	0.256	0.073	3.104	15.132	7429.2	738.0	625.0	29.076
Dentro de parcelas	540	2.357	0.113	0.054	2.460	14.786	4381.6	398.8	336.8	24.973
Total	599									
CV (%)		8.34	6.60	9.60	14.23	13.31	15.14	12.66	13.68	21.82
Promedio		18.40	5.09	2.42	11.02	28.88	437.14	157.69	134.13	22.90

Variación, heredabilidad y selección

En la tabla 2, se observa que la varianza ambiental es significativa en caracteres como longitud y diámetro de mazorca, diámetro de tusa, hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso de 1000 granos, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa. Los valores encontrados en esta varianza son considerados altos y beneficiosos para el proceso de selección. Por otro lado, la varianza genética fue significativa en todos los caracteres mencionados, lo que indica que existen diferencias genéticas en el material genético que serán favorables para la selección.

El porcentaje de varianza genética se determina mediante la heredabilidad. Los resultados de heredabilidad para diferentes características fueron los siguientes: longitud y diámetro de mazorca (0.885, 0.887), diámetro de tusa (0.966), número de hileras (0.974), número de granos por hilera (0.998), peso de 1000 granos (0.935), peso de mazorca (0.922), peso de grano (0.921) y peso de tusa (0.984). Estos valores son considerados altos y favorables para el proceso de selección.

Valenzuela (2014) informó heredabilidad de 0.94 para longitud de mazorca y 0.80 para diámetro de mazorca, valores similares a los obtenidos por Hallauer y Miranda (1981). Además, Quispe (2017) encontró heredabilidades de 87.7%, 99.7%, 92.6%, 92.8% y 95.2% para la longitud de mazorca, diámetro de tusa, peso de mazorca, peso de grano y peso de tusa, respectivamente. Estos resultados también son considerados altos y coinciden con los hallazgos del presente experimento.

Los valores de la heredabilidad encontrados en el presente estudio favorecen la selección. Esto se traduce en la ganancia por selección que se espera en la próxima generación, estos valores son: longitud de mazorca (0.218 cm), diámetro de mazorca (0.058 cm), diámetro de tusa (0.044 cm), número de hileras (0.182), número de granos por hilera (0.171), peso

de 1000 granos (11.100 g), peso de mazorca (10.111 g), peso de grano (9.036 g) y peso de tusa (1.309 g) (tabla 2)

En el ciclo de selección anterior, Espinoza (2017) obtuvo respuestas a la selección expresadas en porcentajes, que fueron de 0.356 cm (2.32%) para la longitud de mazorca, 0.052 cm (1.15%) para el diámetro de mazorca, 0.141 (1.31%) para el número de hileras por mazorca, 0.361 (2.40%) para el diámetro de tusa, 0.033 cm (1.29%) para el peso de la mazorca, 6.036 g (5.81%) para el peso de grano y 5.227 g (5.88%) para el peso de tusa.

Tabla 2

Variación, heredabilidad y selección de nueve caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Componentes de variación, heredabilidad y selección		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Diámetro de tusa	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso de 1000 semillas	Peso de mazorca	Peso de grano / mazorca	Peso de tusa
		cm	cm	cm			g	g	g	g
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
Variación genética	σ_g^2	2.357	0.113	0.054	2.460	14.786	4381.603	398.754	336.840	24.973
Variación ambiental (parcelas)	σ_p^2	0.305	0.014	0.002	0.064	0.035	304.759	33.927	28.816	0.410
Variación fenotípica	σ_F^2	2.662	0.127	0.056	2.525	14.821	4686.362	432.682	365.656	25.383
Heredabilidad	h^2	0.885	0.887	0.966	0.974	0.998	0.935	0.922	0.921	0.984
Promedio población	\bar{Y}_0	18.399	5.085	2.418	11.020	28.880	437.140	157.687	134.132	22.898
Promedio selecciones	\bar{Y}_s	18.891	5.216	2.509	11.394	29.222	460.883	179.629	153.750	25.559
Diferencial de selección	DS	0.493	0.131	0.091	0.374	0.342	23.743	21.942	19.618	2.660
Ganancia por selección	GS	0.218	0.058	0.044	0.182	0.171	11.100	10.111	9.036	1.309
Porcentaje de mejora	%GS	1.185	1.143	1.812	1.656	0.591	2.539	6.412	6.737	5.715
Promedio población mejorada	\bar{Y}_1	18.617	5.143	2.462	11.202	29.051	448.240	167.797	143.168	24.207
Porcentaje plantas seleccionadas		2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273	2.273

RELACIÓN PESO DE MAZORCA CON CARACTERES DE MAZORCA

Tabla 3

ANVA de la regresión con selección de variables con el método Stepwise del peso mazorca sobre altura planta, peso grano, peso tusa en maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	73598	36799.0	118.58	<.0001
Error	597	185274	310.3		
Total	599	258871			

La regresión del peso de mazorca, longitud de mazorca y diámetro de mazorca resulta significativa (tabla 3). El coeficiente de determinación obtenido es del 28.43%, lo que indica que la variación en el peso de la mazorca está influenciada o determinada por la longitud de la mazorca y el diámetro de la mazorca, y esta relación tiene significancia estadística. En otro estudio, Alca (2002) encontró un coeficiente de determinación de 56.8%. Por su parte, Quispe (2017) encontró una relación entre el peso de la mazorca, el

peso de grano y el peso de la tusa, obteniendo un coeficiente de determinación del 99.70%. En el ciclo de selección anterior, Espinoza (2017) obtuvo un coeficiente de determinación del 99.83%, pero en relación al peso de la mazorca con el número de hileras por mazorca, el peso de grano y el peso de la tusa.

Tabla 4

Coefficientes de regresión lineal múltiple del peso mazorca sobre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variable	Coefficiente de regresión	Error estándar	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Término independiente	-57.656	14.003	5261.5	16.95	<.0001
Longitud de mazorca	4.692	0.445	34494.0	111.15	<.0001
Diámetro de mazorca	25.373	2.037	48131.0	155.09	<.0001

Los coeficientes de regresión del peso de la mazorca respecto a la longitud de la mazorca y el diámetro de la mazorca son significativos, según se muestra en la tabla 4. Cada centímetro de incremento en la longitud de la mazorca resulta en un aumento de 4.69 g en el peso de la mazorca, mientras que cada centímetro de incremento en el diámetro de la mazorca produce un aumento de 25.37 g en el peso de la mazorca. Estos incrementos son independientes de los demás caracteres evaluados.

Quispe (2017) obtuvo valores de coeficientes de regresión de 0.998 para la relación peso de la mazorca respecto al peso de grano, y 1.027 para el peso de la tusa, valores similares a los encontrados en el presente estudio. En el ciclo anterior de selección, Espinoza (2017) obtuvo coeficientes de regresión de -0.0561 para el número de hileras por mazorca, 1.0018 para el peso de grano y 1.0024 para el peso de la tusa.

Tabla 5

Resumen de selección de Stepwise con las variables diámetro de mazorca y longitud de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variable introducida	Número de variables	R ² parcial	R ² modelo	F-Valor	Pr > F
Diámetro de mazorca	1	0.151	0.151	106.40	<.0001
Longitud de mazorca	2	0.133	0.284	111.15	<.0001

En la estimación del peso de la mazorca, las variables más importantes son el diámetro de la tusa en primer lugar y, en segundo lugar, la longitud de la mazorca, como se muestra en la tabla 5. Quispe (2017) también obtuvo un resultado similar en cuanto a la importancia de las variables, con el peso de grano en primer lugar y el peso de la tusa en segundo lugar. Además, Espinoza (2017) en el ciclo anterior de selección también encontró el mismo orden de importancia en estas variables.

Tabla 6

Peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.) para valores diferentes de longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)				
	4.0	4.7	5.4	6.1	6.8
13.6	107.6	125.4	143.2	160.9	178.7
16.2	119.8	137.6	155.4	173.1	190.9
18.8	132.0	149.8	167.6	185.3	203.1
21.4	144.2	162.0	179.8	197.5	215.3
24.0	156.4	174.2	192.0	209.7	227.5

Según el modelo de regresión lineal múltiple presentado en la tabla 4, se obtiene una superficie de respuesta reformulada para la relación entre el peso de la mazorca, el diámetro de la mazorca y la longitud de la mazorca. Los resultados se muestran en la tabla 6, donde se pueden apreciar los valores estimados del peso de la mazorca. Esta misma relación también se muestra en la figura 1.

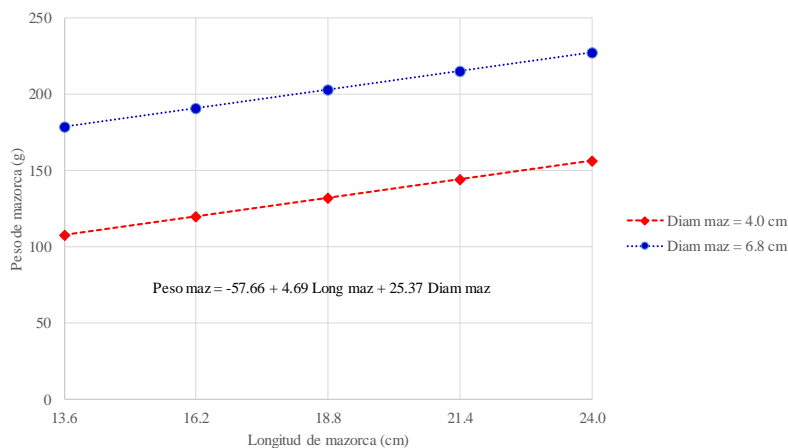
En la figura 1, se puede observar que cuando el diámetro de la mazorca se incrementa en 1 cm, el peso de la mazorca aumenta en 25.37 g, y cuando la longitud de la mazorca aumenta en 1 cm, el peso de la mazorca se incrementa en 4.69 g.

El peso mínimo de la mazorca, según el modelo de regresión, es de 107.6 g, y ocurre cuando el diámetro de la mazorca es de 4.0 cm y la longitud de la mazorca es de 13.6 cm. Por otro lado, el peso máximo estimado de la mazorca es de 227.5 g, y se presenta cuando el diámetro de la mazorca es de 6.8 cm y la longitud de la mazorca es de 24.0 cm.

$$PMZ = -57.66 + 4.69 \text{ Longitud de mazorca} + 25.37 \text{ Diámetro de mazorca}$$

Figura 1

Regresión de peso de mazorca (g) de maíz morada (Zea mays L.) sobre longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho



ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES

Tabla 7

Coefficientes de correlación y significación entre caracteres de mazorca de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Diámetro de tusa	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso de 1000 semillas	Peso de mazorca	Peso de grano / mazorca	Peso de tusa
	cm	cm	cm			g	g	g	g
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9
Y1		-0.125 **	-0.053	-0.104 *	0.225 **	0.056	0.314 **	0.247 **	0.332 **
Y2			0.407 **	0.352 **	-0.100 *	0.155 **	0.389 **	0.363 **	0.229 **
Y3				0.282 **	-0.110 **	0.044	0.349 **	0.217 **	0.613 **
Y4					-0.256 **	-0.218 **	0.270 **	0.272 **	0.087 *
Y5						-0.297 **	0.099 *	0.100 *	0.003
Y6							0.379 **	0.398 **	0.060
Y7								0.968 **	0.430 **
Y8									0.201 **

El peso de la mazorca muestra una asociación significativa con todas las variables consideradas en el estudio, como se muestra en la tabla 7. Esto implica que es recomendable realizar una selección positiva de mazorcas que presenten mayores dimensiones en relación a los 9 caracteres evaluados, con el propósito de aumentar el peso de la mazorca. Además, se sugiere llevar a cabo una selección simultánea de características de calidad, tales como un color morado intenso en la tusa y en el grano, así como una forma homogénea de la mazorca (Poelhman, 1981; Allard, 1980)

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los encontrados por Alca (2002), Valenzuela (2014) y Quispe (2017).

CONCLUSIONES

1. El promedio de los 9 caracteres del maíz morado evaluados fueron los siguientes: longitud de mazorca (18.40 cm), diámetro de mazorca (5.09 cm), diámetro de tusa (2.42 cm), número de hileras (11.02), número de granos por hilera (28.88), peso de 1000 granos (437.14 g), peso de mazorca (157.69 g), peso de grano (134.13 g) y peso de tusa (22.90 g).
2. Los coeficientes de heredabilidad obtenidos para cada característica son los siguientes: longitud de mazorca (0.885), diámetro de mazorca (0.887), diámetro de tusa (0.966), número de hileras (0.974), número de granos por hilera (0.998), peso de

- 1000 granos (0.935), peso de mazorca (0.922), peso de grano (0.921) y peso de tusa (0.984). Estos valores se consideran altos y favorables para llevar a cabo la selección.
3. Las ganancias por selección obtenidas para cada característica evaluada fueron las siguientes: longitud de mazorca (0.218 cm), diámetro de mazorca (0.058 cm), diámetro de tusa (0.044 cm), número de hileras (0.182), número de granos por hilera (0.171), peso de 1000 granos (11.100 g), peso de mazorca (10.111 g), peso de grano (9.036 g) y peso de tusa (1.309 g). En términos porcentuales, estas ganancias representan una mejora del 1.185% para la longitud de mazorca, 1.143% para el diámetro de mazorca, 1.812% para el diámetro de tusa, 1.656% para el número de hileras por mazorca, 0.591% para el número de granos por hilera, 2.539% para el peso de 1000 granos, 6.412% para el peso de la mazorca, 6.737% para el peso de grano y 5.715% para el peso de la tusa.
 4. Existe relación funcional del peso de mazorca con longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Siendo el modelo: $Y = -57.66 + 4.69 \text{ Long.} + 25.37 \text{ Diámetro.}$
 5. El peso de la mazorca está fuertemente asociado de manera significativa con la longitud de la mazorca, el diámetro de la mazorca, el diámetro de la tusa, el número de hileras, el número de granos por hilera, el peso de 1000 granos, el peso de la mazorca, el peso de grano y el peso de la tusa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCA, M.R. (2002) selección masal estratificada en Maíz Morado (*Zea mays* L.) Canaán a 2735 m.s.n.m.-Ayacucho. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
- ALLARD R. W. (1980) principios de la mejora genética. Cuarta edición. Edición omega S.A. España.
- CAMARENA .M. F., Chura Ch. J. y Blas S. R. (2012) mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Universidad Nacional Agraria La Molina. AGROBANCO. Lima, Perú.
- ESPINOZA Q. J. (2017) segundo ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.

- GOMEZ, M. (2018) tercer ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán, 2735 msnm – Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
- KUEHL R. (2001). Diseño de experimentos: principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Segunda edición. International Thomson.
- MENDOZA. N. (2017). Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- POELHMAN, J. M. (1981) mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México.
- QUISPE M. S. (2017) quinto ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.
- VALENZUELA, Y. M. (2014) selección masal estratificada en Maíz Morado (*Zea mays* L.) II Etapa en Canaán a 2735 m.s.n.m.-Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. WALTER ESPINOZA VILCA****R.D.N° 341-2021-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los veintitrés días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, siendo las dieciocho horas con diez minutos, se reunieron en el auditorio virtual de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del jurado conformado por Ing. Eduardo Robles García, Dr. José Antonio Quispe Tenorio como asesor, Dr. Rolando Bautista Gómez y el Ing. Edgar Tenorio Mancilla, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias y actuando como secretario docente el Mtro. Ennio Chauca Retamozo para participar en la sustentación virtual de la Tesis titulada: **Cuarto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto en maíz morado (Zea mays L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho** y así obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo del Bachiller **WALTER ESPINOZA VILCA**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó al bachiller **WALTER ESPINOZA VILCA** que proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de 45 minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente.

Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó al sustentante y asistentes abandonar temporalmente el auditorio para la deliberación y calificación por parte de los miembros de la comisión, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ing. Eduardo Robles García	15	13	14	14
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	12	16	14
Dr. Rolando Bautista Gómez	14	14	16	15
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	15	13	14	14
PROMEDIO GENERAL				14


Acto seguido se invita al sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.



.....
Ing. Eduardo Robles García
Presidente



.....
Dr. José Antonio Quispe Tenorio
Asesor



.....
Dr. Rolando Bautista Gómez
Jurado



.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Jurado



.....
Mtro. Ennio Chauca Retamozo
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y contolar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hacen constar que el trabajo titulado;

Cuarto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto en maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho

Autor : Walter Espinoza Vilca

Asesor : José Antonio Quispe Tenorio

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **veintiseis por ciento (26 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2133402712

Ayacucho, 19 de julio de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Walter A. Mateu Mateo
M. Sc. Walter A. Mateu Mateo
Pte. Comisión Turnitin - FCA

Cuarto ciclo de selección masal
estratificada de un compuesto
en maíz morado (*Zea mays* L.).
Canaán a 2735 msnm,
Ayacucho
por Walter Espinoza Vilca

Fecha de entrega: 18-jul-2023 10:44p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2133402712

Nombre del archivo: TESIS_WALTER_ESPINOZA_VILCA_parafraseado.docx (13.66M)

Total de palabras: 10492

Total de caracteres: 55071

Cuarto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto en maíz morado (Zea mays L.). Canaán a 2735 msnm, Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

26%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	17%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	3%
4	1library.co Fuente de Internet	1%
5	alertaeconomica.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	<1%
8	rein.umcc.cu Fuente de Internet	<1%

9

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo