

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS:**

**Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado  
(*Zea mays*) Canaán a 2735 msnm - Ayacucho**

Para optar el título profesional de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Bladimir VILCA PINTA**

ASESOR:  
**Ing. Edgar TENORIO MANCILLA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

## DEDICATORIA

*A Dios por guardarme y guiarme en cada fase de mi vida.*

*A mis padres por su apoyo permanente e incondicional y a mis hermanos por su comprensión y compartir momentos gratos.*

*A mis amigos con quienes compartimos momentos especiales durante mi permanencia en las aulas universitarias.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, “ALMA MATER” de mi formación profesional; así mismo, en forma muy especial a mi querida Facultad de Ciencias Agrarias.

A los docentes de la escuela profesional de Agronomía; que supieron impartir sus conocimientos para la buena preparación de los estudiantes y contribuyan en el desarrollo de la agricultura en nuestra región.

Al Ing. Edgar Tenorio Mancilla, gestor y asesor de dicho trabajo de investigación, por su paciencia y el tiempo que me brindó en todo el proceso de ejecución de mi tesis.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	x
RESUMEN .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
1.1. Maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	3
1.2. Origen y distribución .....	3
1.3. Taxonomía .....	4
1.4. Sistema de reproducción .....	4
1.5. Morfología de la planta .....	5
1.5.1. Raíz .....	6
1.5.2. Tallo .....	6
1.5.3. Hoja .....	7
1.5.4. Inflorescencia .....	7
1.5.5. Flores .....	7
1.5.6. Fruto .....	8
1.6. Fases fenológicas del maíz .....	8
1.6.1. Estado de desarrollo vegetativo .....	9
1.6.2. Estado de desarrollo reproductivo .....	11
1.7. Razas y variedades de maíz morado .....	13
1.7.1. Razas de maíz .....	13
1.7.2. Variedades .....	15
1.7.3. Variedades mejoradas de maíz morado .....	16
1.8. Exigencias agroecológicas del cultivo .....	17
1.8.1. Exigencias climáticas .....	17
1.8.2. Exigencias edafológicas .....	18
1.8.3. Exigencias hídricas .....	19

1.8.4. Exigencias agronómicas .....	20
1.9. Características del maíz morado.....	24
1.9.1. Color del maíz morado .....	25
1.9.2. Coronta del maíz morado .....	25
1.10. Composición química del maíz morado .....	25
1.11. Usos y beneficios del maíz morado.....	27
1.11.1. Usos .....	27
1.11.2. Beneficios .....	28
1.12. Mejoramiento genético .....	28
1.12.1. Mejoramiento por selección .....	30
1.12.2. Mejoramiento por selección masal .....	31
1.12.3. Estimado de los componentes genéticos del maíz .....	35
1.13. Genética del maíz morado .....	36
1.14. Características genéticas del maíz morado.....	36
1.15. Manejo agronómico del maíz morado.....	37
1.15.1. Selección del terreno.....	37
1.15.2. Preparación del terreno .....	37
1.15.3. Abonamiento y fertilización .....	38
1.15.4. Elección de la semilla .....	38
1.15.5. Siembra .....	38
1.15.6. Riego .....	39
1.15.7. Control de malezas.....	39
1.15.8. Desahije.....	39
1.15.9. Aporque.....	40
1.15.10. Control de plagas y enfermedades .....	40
1.15.11. Cosecha.....	41
1.15.12. Secado .....	41
1.15.13. Almacenamiento .....	42
1.15.14. Comercialización .....	42
1.16. Rendimiento, caracteres de planta y mazorca .....	43
1.17. Exportación del maíz morado.....	43
CAPÍTULO II.....	45
METODOLOGÍA.....	45
2.1. Ubicación del experimento.....	45

2.2.	Condiciones ecológicas .....	45
2.3.	Características físico químicas del suelo .....	45
2.4.	Características del clima.....	46
2.5.	Material genético empleado .....	50
2.6.	Descripción del campo experimental .....	51
	2.6.1. <i>Características del campo experimental</i> .....	51
	2.6.2. <i>Características de la unidad experimental (UE)</i> .....	52
2.7.	Instalación y conducción del ensayo .....	53
	2.7.1. <i>Preparación del terreno</i> .....	53
	2.7.2. <i>Surcado</i> .....	53
	2.7.3. <i>Demarcación y estacado del terreno</i> .....	54
	2.7.4. <i>Siembra</i> .....	54
	2.7.5. <i>Abonamiento</i> .....	54
	2.7.6. <i>Riego</i> .....	54
	2.7.7. <i>Desahije</i> .....	55
	2.7.8. <i>Deshierbo</i> .....	55
	2.7.9. <i>Aporque</i> .....	55
	2.7.10. <i>Control de plagas y enfermedades</i> .....	55
	2.7.11. <i>Cosecha y despanque</i> .....	55
	2.7.12. <i>Secado</i> .....	56
	2.7.13. <i>Almacenamiento</i> .....	56
2.8.	Parámetros de evaluación .....	56
	2.8.1. <i>Longitud de la mazorca</i> .....	56
	2.8.2. <i>Diámetro de la mazorca</i> .....	56
	2.8.3. <i>Número de hileras por mazorca</i> .....	56
	2.8.4. <i>Número de granos por hilera</i> .....	56
	2.8.5. <i>Peso de la mazorca</i> .....	57
	2.8.6. <i>Peso de grano/mazorca</i> .....	57
	2.8.7. <i>Peso de tusa/ mazorca</i> .....	57
2.9.	Evaluación estadística .....	57
CAPÍTULO III.....		58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		58
3.1.	Selección de genotipos superiores.....	58
	3.1.1. <i>Variación de caracteres dentro y entre parcelas</i> .....	58

3.1.2. <i>Componentes de variancia, heredabilidad y selección</i> .....	59
3.2. Relación peso mazorca con caracteres de mazorca.....	63
3.3. Asociación entre caracteres .....	70
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.1</b> <i>Estado de desarrollo o fases fenológicas del maíz</i> .....	9
<b>Tabla 1.2</b> <i>Principales plagas que afectan al cultivo de maíz</i> .....	40
<b>Tabla 2.1</b> <i>Análisis físico químico del suelo del Centro Experimental Canaán- UNSCH, 2735 msnm - Ayacucho, 2020</i> .....	46
<b>Tabla 2.2</b> <i>Datos climatológicos correspondiente a la campaña agrícola 2020 – 2021 de la estación meteorológica de IINIA, Ayacucho</i> .....	48
<b>Tabla 2.3</b> <i>Características del compuesto de maíz morado</i> .....	50
<b>Tabla 3.1</b> <i>Cuadrados medios de siete caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	58
<b>Tabla 3.2</b> <i>Componentes de variancia, heredabilidad y selección de siete caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm Ayacucho</i> .....	62
<b>Tabla 3.3</b> <i>Distribución de frecuencias del peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	63
<b>Tabla 3.4</b> <i>Análisis de variancia de la regresión lineal múltiple con selección de variables por el método Stepwise del peso de mazorca sobre longitud y diámetro de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	63
<b>Tabla 3.5</b> <i>Análisis de variancia de coeficientes de regresión lineal múltiple del peso de mazorca sobre la longitud y diámetro de mazorca en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	65
<b>Tabla 3.6</b> <i>Resumen de selección de Stepwise con las variables longitud y diámetro de mazorca incluidas en maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	66
<b>Tabla 3.7</b> <i>Peso de mazorca de maíz morado (Zea mays L.) para valores diferentes de longitud de mazorca y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	67
<b>Tabla 3.8</b> <i>Coefficientes de correlación (negrita) y valor p (debajo de negrita) entre caracteres de mazorca de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho</i> .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 2.1</b> <i>Diagrama ombrotérmico <math>T^{\circ}</math> vs PP y balance hídrico, Elaborado con información de la estación Meteorológica INIA – Ayacucho.....</i>	49
<b>Figura 2.2</b> <i>Croquis del campo experimental .....</i>	52
<b>Figura 2.3</b> <i>Croquis de la unidad experimental.....</i>	53
<b>Figura 3.1</b> <i>Histograma de frecuencias del peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho .....</i>	63
<b>Figura 3.2</b> <i>Regresión de peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.) sobre longitud y diámetro de mazorca. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....</i>	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Caracteres de mazorca del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm, Ayacucho .....	79
<b>Anexo 2.</b> Panel fotográfico .....	90

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron diversas variables asociadas a la productividad de la mazorca en el octavo ciclo de selección masal estratificada de maíz morado, con el propósito de estimar los componentes de varianza y los coeficientes de heredabilidad, a fin de fortalecer la base genética de la población y mejorar su rendimiento. El experimento se llevó a cabo en un área compuesta por 60 unidades experimentales, cada una conformada por tres surcos de 10 metros de largo y 0.80 metros de separación entre ellos. En cada parcela se evaluaron 10 plantas seleccionadas para el análisis de los caracteres de la mazorca. Los objetivos del estudio fueron: identificar genotipos superiores dentro de una población de maíz morado de libre polinización, mediante la estimación de parámetros genéticos como la varianza y la heredabilidad, y evaluar caracteres cuantitativos vinculados al rendimiento con fines de mejoramiento genético. Entre los resultados obtenidos destaca que los promedios poblacionales fueron de 15.60 cm en longitud de mazorca, 28.14 granos por hilera, 150.09 g en peso de mazorca, 129.91 g en peso de grano y 20.18 g en peso de tusa, evidenciando una variación altamente significativa atribuible a factores genéticos y ambientales. La varianza genética fue estadísticamente significativa en todos los caracteres, y los valores de heredabilidad estimados fueron elevados: longitud de mazorca (92 %), diámetro de mazorca (98 %), hileras por mazorca (100 %), número de granos por hilera (94 %), peso de mazorca (92 %), peso de grano (92 %) y peso de tusa (97 %). Estos valores reflejan un alto potencial de respuesta a la selección. La ganancia genética esperada por selección fue de 0.461 cm en longitud de mazorca, 0.094 cm en diámetro, 0.336 hileras, 13.389 g en peso total de mazorca, 11.812 g en peso de grano y 1.711 g en peso de tusa, lo que evidencia un progreso genético favorable en la población evaluada.

**Palabras clave:** selección masal, maíz morado, varianza genética, heredabilidad, mejoramiento genético.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), planta originaria del continente americano, presenta una notable diversidad genética producto de largos procesos de domesticación y selección artificial. Entre sus variedades destaca el maíz morado, caracterizado por tener granos de pericarpio de color morado y un alto contenido de almidón en el endospermo. Esta variedad posee en su tusa (coronta) pigmentos naturales conocidos como antocianinas, las cuales son de gran interés para la industria alimentaria a nivel global debido a sus propiedades colorantes y nutracéuticas (Sierra Exportadora, 2013).

En el caso del Perú, las condiciones agroecológicas y climáticas resultan especialmente favorables para el cultivo de maíz morado, lo que ha permitido al país posicionarse como uno de los principales productores y exportadores de esta variedad a nivel mundial (Sierra Exportadora, 2013).

Desde sus inicios, el maíz ha sido mejorado genéticamente por el ser humano mediante la selección masal, realizada a lo largo del tiempo y en diversos ambientes. Esto ha generado una amplia variabilidad genética en la especie (García, 2002). Esta variabilidad es fundamental para los programas de mejoramiento, especialmente en poblaciones de polinización libre, que representan una alternativa accesible para agricultores con recursos limitados. Estas poblaciones, al recombinarse, pueden generar genotipos superiores si contienen alelos favorables para caracteres de interés económico (Hallauer & Miranda, 1981; Vargas, 1982).

La eficacia de la selección depende del nivel de variabilidad genética presente en la población. Por ello, la estimación de parámetros genéticos como la heredabilidad y los componentes de varianza resulta crucial, sobre todo cuando la población ha sido objeto de ciclos continuos de selección. Esta información permite determinar la efectividad de los procesos de mejoramiento aplicados (Vargas, 1982).

Asimismo, el proceso de selección modifica las frecuencias génicas dentro de la población, lo que a su vez influye sobre las varianzas genéticas. Estas tienden a disminuir conforme se fijan los alelos favorables, acercándose las varianzas a valores cercanos a cero cuando dichos genes alcanzan frecuencias próximas a uno (Vargas, 1982).

En los valles interandinos del Perú, la escasa disponibilidad de semillas mejoradas adaptadas a las condiciones locales representa una limitación constante para los productores, quienes buscan incrementar el rendimiento y el contenido de antocianinas en las mazorcas. Por ello, se propone llevar a cabo un **octavo ciclo de selección masal estratificada** sobre una población compuesta de maíz morado, con el fin de obtener variedades de mayor vigor y rendimiento, así como mejor adaptadas al uso eficiente de los nutrientes provenientes de la fertilización.

Dado que se trata de un cultivo anual con alto potencial de expansión, el maíz morado representa una fuente de ingresos atractiva y sostenible, no solo por su demanda en el mercado, sino también por sus propiedades benéficas para la salud. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivos principales:

1. Seleccionar genotipos superiores en una población compuesta de maíz morado de libre polinización, utilizando estimaciones de componentes de varianza y heredabilidad para fines de mejoramiento genético.
2. Evaluar caracteres cuantitativos relacionados con el rendimiento en dicha población, como parte del proceso de selección y mejora.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Maíz morado (*Zea mays* L.)

El maíz morado es una de las diversas variantes de *Zea mays* L., caracterizada por su intenso color oscuro, casi negro, observable en el pericarpio, las glumas y la coronta. Este color se debe a la presencia de pigmentos antociánicos, los cuales han sido empleados ancestralmente en el Perú para preparar bebidas como la chicha morada y postres como la mazamorra.

En la actualidad, dichos pigmentos han captado el interés de las industrias alimentaria y farmacéutica, especialmente en países desarrollados, debido a la creciente demanda de colorantes naturales ante las restricciones en el uso de aditivos sintéticos. Todas las variedades de maíz morado provienen de una cepa ancestral conocida como "Kculli", que aún se cultiva en regiones de Perú, Bolivia y Argentina.

#### 1.2. Origen y distribución

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie originaria del continente americano y desempeñó un papel central en la dieta de muchas culturas indígenas durante el periodo precolombino (Arroyo et al., 2008). Según Bride, citado por Manrique (1997), el maíz morado tiene un origen milenario y ha sido cultivado en el Perú desde tiempos ancestrales, siendo considerado originario de las regiones montañosas de México o América Central.

López (1991), citado por Justiniano (2010), indica que este cultivo fue completamente desconocido por los europeos hasta la llegada de Cristóbal Colón en 1492. De acuerdo con los relatos históricos, los tripulantes de Colón encontraron por primera vez este grano el 6 de noviembre de ese mismo año, en la isla de Cuba, donde los indígenas taínos lo denominaban Ma-Hiz. Este cereal se cultivaba extensamente desde Canadá hasta la Patagonia, y constituía la base alimentaria de importantes civilizaciones

como los aztecas, mayas e incas. En la región andina, el maíz aparece representado en múltiples culturas y generalmente se le asocia a un contexto religioso.

En cuanto a su origen evolutivo, Llanos (1984) plantea tres hipótesis principales discutidas por diversos investigadores: (1) el maíz, el teosintle y el tripsacum podrían ser descendientes de una especie ya extinta; (2) el maíz sería un descendiente directo del teosintle, producto de selección humana, cruzamientos con otras especies desaparecidas o una mutación previa; y (3) el ancestro silvestre del maíz actual fue el “maíz tunicado reventón”, también desaparecido, y el teosintle habría surgido de la hibridación entre el maíz y el tripsacum.

Finalmente, Quispe (2011) señala que el cultivo del maíz morado se concentra principalmente en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, Áncash, Lima y Arequipa, a partir de semillas provenientes de diversas fuentes como el mercado central de La Parada en Lima, mercados locales, tiendas agrícolas, asociaciones de productores de semilla, así como instituciones como la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

### **1.3. Taxonomía**

De acuerdo con Cronquist (1988), el maíz (*Zea mays* L.) presenta una clasificación taxonómica que lo ubica dentro del reino Plantae. Pertenece a la división Magnoliophyta y a la clase Liliopsida. A su vez, se incluye en la subclase Commelinidae, dentro del orden Poales y la familia Poaceae. Esta especie se clasifica también en la subfamilia Panicoideae, en el género *Zea*, y su nombre científico completo es *Zea mays* L. En el ámbito común, es conocido como maíz morado.

### **1.4. Sistema de reproducción**

Según Poehlman y Allen (2003), el maíz es una planta diploide con un número cromosómico de  $2n = 2x = 20$ , y ha sido uno de los cultivos más extensamente analizados desde el punto de vista genético y citogenético. Esta especie presenta flores monoicas, con inflorescencias masculinas (estaminadas) que se desarrollan en la espiga terminal o panoja, mientras que las inflorescencias femeninas (pistiladas) emergen a la mitad del tallo en forma de brotes. La polinización ocurre por medio de la transferencia del polen fértil desde la panoja hasta los estigmas de las flores femeninas, siendo el viento el

principal agente responsable de este proceso. Se estima que alrededor del 95 % de los óvulos son fecundados mediante polinización cruzada, mientras que solo un 5 % lo son por autofecundación. La cercanía entre plantas favorece la transferencia efectiva del polen, aunque también puede viajar grandes distancias, lo que explica la presencia de granos amarillos en mazorcas blancas, incluso cuando el polen proviene de campos ubicados a más de un kilómetro.

El tallo principal del maíz culmina en una panoja compuesta por espiguillas estaminadas que contienen dos flores, cada una con tres anteras. Durante la apertura floral, estas anteras son expuestas gracias al alargamiento de los filamentos y liberan una gran cantidad de polen. Se calcula que una panoja puede producir cerca de 25 millones de granos de polen, lo que equivale a un promedio de más de 25,000 granos por cada grano formado en la mazorca. Generalmente, la liberación del polen inicia entre uno y tres días antes de la emergencia de los estigmas y se extiende hasta tres o cuatro días después. No obstante, temperaturas mayores a 35 °C durante este periodo pueden afectar la viabilidad del polen, aunque la producción de semillas suele mantenerse si al menos un 10 % de él sobrevive. En condiciones de vivero, donde el polen es más limitado, las altas temperaturas reducen notablemente el rendimiento de semillas.

En cuanto a la estructura femenina, las mazorcas jóvenes se desarrollan como ramas laterales a partir de los nudos situados a la mitad del tallo. Cada brote produce una espiga terminal con brácteas que envuelven el olote, donde se disponen las flores pistiladas en pares. Cada espiguilla normalmente contiene un óvulo fértil y otro estéril, lo que determina el número de hileras en la mazorca. La fecundación del segundo óvulo puede ocasionar hileras desordenadas o mazorcas con granos irregulares. Los estigmas, unidos al ápice del ovario, actúan como estilo y como superficie receptiva al polen, siendo capaces de captar granos en toda su longitud. La fecundación ocurre entre las 12 y 24 horas posteriores a la polinización. Sin embargo, una sequía severa puede retrasar la aparición de los brotes y, si esto coincide con una floración temprana, puede impedir la polinización efectiva, dando lugar a mazorcas parcial o totalmente vacías.

### **1.5. Morfología de la planta**

Manrique (1997) indica que el maíz es una gramínea monoica de ciclo anual, capaz de completar su desarrollo en un periodo relativamente corto, que oscila entre tres

y siete meses. Durante ese tiempo, la planta convierte diversos compuestos simples en sustancias complejas de reserva, tales como azúcares, almidón, proteínas, aceites y vitaminas, los cuales se acumulan principalmente en el grano.

### ***1.5.1. Raíz***

Manrique (1999) explica que el sistema radicular del maíz se origina en la radícula del embrión, desarrollándose a partir del punto de crecimiento ubicado en el hipocótilo. Aproximadamente al octavo día, tras la emergencia del coleóptilo por el alargamiento del mesocótilo, comienzan a desarrollarse los primordios de raíces adventicias en las coronas y nudos de la base del tallo. Estas raíces darán lugar al sistema radicular definitivo, de tipo fibroso.

Por su parte, Llanos (1984) detalla que el maíz posee un sistema radicular fasciculado y bastante desarrollado, compuesto por tres tipos principales de raíces: (1) las raíces primarias, que incluyen la radícula y las raíces seminales emitidas directamente desde la semilla; (2) las raíces principales o secundarias, que se forman desde la corona, ubicadas por encima de las raíces primarias, y que constituyen la mayor parte del sistema radicular; y (3) las raíces aéreas o adventicias, que emergen en etapas posteriores desde los nudos basales del tallo, por encima de la corona.

### ***1.5.2. Tallo***

De acuerdo con Lazo (1999), el tallo del maíz se caracteriza por ser erecto, de gran longitud —pudiendo alcanzar hasta cuatro metros de altura—, robusto y carente de ramificaciones. Por su parte, Llanos (1984) describe que este tallo es macizo y está formado por una serie de entrenudos separados por nudos visibles. En las zonas cercanas al suelo, los entrenudos son más cortos, y es en los nudos inferiores donde emergen las raíces aéreas. Aunque su sección transversal es mayormente circular, desde la base hasta el punto de inserción de la mazorca se observa una depresión que se acentúa progresivamente con la altura. A partir del nacimiento del pedúnculo que sostiene la mazorca y hacia arriba, el tallo recupera su forma circular hasta alcanzar la inflorescencia masculina o panícula que corona la planta.

### **1.5.3. Hoja**

Puma (1998) describe que las hojas del maíz son de gran tamaño, largas, con forma lanceolada, dispuestas de manera alterna y con nervaduras paralelas. Estas estructuras envuelven al tallo y presentan una superficie superior con vellosidades. Sus extremos son puntiagudos y cortantes. Según Llanos (1984), el maíz puede desarrollar entre 15 y 30 hojas, las cuales miden entre 4 y 5 cm de ancho y entre 30 y 50 cm de largo. Estas hojas, de borde áspero, finamente ciliado y levemente ondulado, se distribuyen alternadamente a lo largo del tallo. Manrique (1997) añade que, en las variedades adaptadas a climas cálidos, las hojas tienden a ser más alargadas y estrechas. Estas presentan una morfología envainadora, compuesta por la vaina y el limbo, y muestran nervaduras lineales que se orientan paralelamente a la vena central.

### **1.5.4. Inflorescencia**

Llanos (1984) sostiene que el maíz es una planta monoica, ya que presenta en un mismo individuo flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula terminal, también conocida como penacho o pendón, mientras que las flores femeninas se desarrollan en espigas —también llamadas panojas o mazorcas— que emergen de las axilas foliares situadas en el tercio medio de la planta.

Por su parte, Lazo (1999) coincide en que el maíz posee una inflorescencia monoica, donde las estructuras florales masculina y femenina se encuentran separadas pero en la misma planta. La inflorescencia masculina consiste en una panícula de tonalidad amarilla, comúnmente conocida como espigón o penacho, que produce una gran cantidad de polen, estimada entre 20 y 25 millones de granos. Cada una de las pequeñas flores de esta panícula contiene tres estambres encargados de generar el polen. En contraste, la inflorescencia femenina produce una menor cantidad de polen, con un rango de 800 a 1000 granos, y se forma sobre estructuras vegetativas denominadas espádices, que se disponen lateralmente en la planta.

### **1.5.5. Flores**

Manrique (1997) señala que el maíz es una planta monoica que presenta flores unisexuales en un mismo individuo. Las flores masculinas, también conocidas como estaminadas, se agrupan en una inflorescencia denominada panoja; mientras que las flores femeninas, o pistiladas, se organizan en una espiga modificada llamada mazorca o espata.

Además, las ramas primarias de la panoja contienen espiguillas dispuestas en pares, siguiendo un patrón dístico o en espiral simple. Cada espiguilla es biflora, lo que significa que alberga tanto una flor masculina como una femenina.

#### **1.5.6. Fruto**

Manrique (1997) explica que los granos de maíz están recubiertos por una cutícula y un pericarpio delgado y seco, ambos de origen materno, que conforman la envoltura externa del fruto. En su interior se hallan el embrión y el endospermo, este último actuando como reserva energética al almacenar carbohidratos, proteínas y vitaminas esenciales para el desarrollo de la nueva planta.

Por otro lado, Llanos (1984) describe el grano de maíz como una cariósida, compuesta por tres estructuras principales: el pericarpio, que representa aproximadamente el 6 % del peso; el endospermo, que constituye alrededor del 80 %; y el embrión o germen, que equivale al 11 %. Cada flor femenina, al ser fecundada, origina un grano que puede ser de consistencia dura, superficie lustrosa y coloración variable — amarilla, púrpura o blanca—. Estos granos se disponen en hileras alrededor de un eje central grueso, formando así la mazorca.

#### **1.6. Fases fenológicas del maíz**

El desarrollo fenológico del maíz se refiere al ritmo de crecimiento que experimenta la planta tanto en su fase vegetativa como en la reproductiva, el cual se manifiesta a través de cambios fisiológicos y morfológicos que están influenciados directamente por las condiciones ambientales.

Hanway (1993) clasifica este proceso en dos grandes fases: el estado vegetativo (V) y el estado reproductivo (R), cada uno de los cuales se subdivide en varias etapas específicas que permiten un seguimiento detallado del desarrollo del cultivo.

**Tabla 1.1***Estado de desarrollo o fases fenológicas del maíz*

<b>Estado vegetativo</b>	<b>Estado reproductivo</b>
VE - Emergencia	R1-Floración femenina
V1 - Dos Hojas Desplegadas (V2).	R2-Grano perlita
V2 - Cuatro Hojas Desplegadas (V4).	R3-Grano lechoso
V3 - Seis Hojas Desplegadas (V6).	R4-Grano masoso
V6 - Ocho Hojas Desplegadas (V8).	R5-Grano dentado
V9 - Diez Hojas Desplegadas (V10).	R6-Madurez fisiológica
V12- Doce Hojas Desplegadas (V12).	
V15- Catorce Hojas Desplegadas (V14).	
V18- Dieciséis Hojas Desplegadas (V16).	
VT- Floración masculina	

**1.6.1. Estado de desarrollo vegetativo**

Hanway (1993) indica que el desarrollo vegetativo del maíz abarca desde el momento de la siembra hasta antes de la aparición de las estructuras reproductivas. Esta fase culmina cuando se empieza a observar la espiga o inflorescencia masculina, lo cual marca el inicio del estado reproductivo de la planta.

**a) Emergencia (VE)**

“El proceso de emergencia del maíz morado se inicia con el desarrollo de la raíz seminal y la elongación del coleóptilo, etapa en la cual el punto de crecimiento de la plántula se encuentra ubicado por debajo del nivel del suelo. En esta fase, dicho punto de crecimiento se sitúa a una profundidad aproximada de entre 2,5 y 3,8 centímetros por debajo de la superficie, localizado justo por encima del mesocótilo. A partir de allí, las hojas embrionarias comienzan un desarrollo acelerado, emergiendo a través del ápice del coleóptilo y dando continuidad al crecimiento de la parte aérea de la planta.

**b) Dos hojas desplegadas (V2)**

“Esta etapa fenológica del maíz comienza cuando las dos primeras hojas verdaderas están completamente desplegadas, marcando así el inicio del desarrollo vegetativo temprano. En el estadio V3, se observa la aparición de pelos radiculares procedentes de las raíces nodales, mientras que el crecimiento del sistema radicular seminal prácticamente se detiene. Durante esta fase, se forman todas las hojas y los primordios de las mazorcas que la planta desarrollará posteriormente.

#### **c) Cuatro hojas desplegadas (V4)**

El estadio fenológico V4 del maíz se caracteriza por la presencia de cuatro hojas verdaderas completamente desplegadas y dispuestas de forma alterna. En esta fase, el ápice del tallo aún permanece por debajo de la superficie del suelo. Durante V4 ocurre la formación de todas las hojas de la planta y se inicia el proceso de diferenciación floral. Hacia el estadio V5, esta formación foliar se completa, y comienza el desarrollo del brote que dará origen a la futura mazorca. Además, en esta etapa también se inicia, a nivel microscópico, la formación de la flor masculina en la punta del ápice del tallo.

#### **d) Seis hojas desplegadas (V6)**

Esta fase fenológica del maíz comienza cuando la planta presenta seis hojas completamente desplegadas. A partir de este momento, el punto de crecimiento, así como los primeros indicios de la floración masculina, ya se encuentran por encima del nivel del suelo. Durante esta etapa, el tallo entra en un periodo de crecimiento acelerado. En cuanto al sistema radicular, las raíces nodales pasan a ser las predominantes en la absorción de agua y nutrientes, desarrollándose a partir de tres o cuatro de los nudos inferiores del tallo.

#### **e) Ocho hojas desplegadas (V8)**

Esta etapa inicia cuando la octava hoja se encuentra completamente desplegada, en este estado ya se observa la degradación y pérdida de las dos hojas más pequeñas del inferior de la planta. En el estado V8 continua el crecimiento acelerado, a la vez comienza a desarrollarse la floración masculina y el brote de la mazorca.

#### **f) Diez hojas desplegadas (V10)**

El estadio V8 del desarrollo fenológico del maíz se inicia cuando la octava hoja verdadera está completamente desplegada. En esta etapa ya se evidencia la senescencia y caída de las dos primeras hojas basales, las más pequeñas de la planta. El crecimiento acelerado del tallo continúa, y de forma simultánea comienza el desarrollo activo de la floración masculina, así como la formación del brote que dará origen a la mazorca.

#### **g) Doce hojas desplegadas (V12)**

El estadio V12 del desarrollo fenológico del maíz se presenta cuando la duodécima hoja verdadera está completamente desplegada. En esta fase, los brotes que darán origen a las mazorcas comienzan a formarse en los nudos de la planta, estando

protegidos por las vainas foliares. Es en este momento cuando se define el número de óvulos que representan el potencial de granos por mazorca, así como el tamaño final que estas alcanzarán.

#### **h) Catorce hojas desplegadas (V14)**

El estadio V14 del desarrollo fenológico del maíz se caracteriza por la presencia de la decimocuarta hoja completamente desplegada. En esta fase, la planta se encuentra, en promedio, a 16 días de iniciar la floración femenina. Es posible observar que la mazorca superior muestra un desarrollo más avanzado en comparación con las inferiores. Posteriormente, en el estadio V15, el maíz se halla aproximadamente a 10–12 días de la floración femenina. Este momento marca el inicio del periodo más crítico para la planta en cuanto a la determinación del rendimiento, ya que en él se consolidan estructuras esenciales para la producción de grano.

#### **i) Dieciséis hojas desplegadas (V16)**

El estadio V17 en el desarrollo fenológico del maíz se presenta cuando la rama terminal de la planta comienza a desplegarse. Durante esta fase, las mazorcas experimentan un crecimiento acelerado, y se inicia el desarrollo de los estigmas, los cuales emergen progresivamente desde la base de la mazorca hacia la punta. Además, en esta etapa puede observarse la aparición visible de la inflorescencia masculina en el ápice de la planta.

#### **j) Floración masculina (VT)**

El estadio VT del desarrollo fenológico del maíz comienza cuando la rama terminal que porta la inflorescencia masculina es completamente visible, mientras que los estigmas de las flores femeninas aún no han emergido. Esta fase ocurre entre dos y tres días antes del inicio de la floración femenina. Durante el estadio VT, la planta casi alcanza su altura final, y se da inicio al proceso de liberación del polen de la flor masculina.

### ***1.6.2. Estado de desarrollo reproductivo***

El estado reproductivo del maíz se inicia con la aparición visible de la espiga, que corresponde a la inflorescencia masculina. Este periodo se extiende hasta alcanzar la madurez fisiológica del cultivo, etapa en la que el grano ha completado su desarrollo y ha acumulado todos los nutrientes esenciales para su viabilidad.

#### **a) Floración femenina (R1)**

El estadio R1, correspondiente al inicio del desarrollo reproductivo del maíz, comienza cuando los estigmas (estructuras de la floración femenina) emergen visiblemente desde la mazorca. En esta fase tiene lugar la polinización, proceso mediante el cual los granos de polen liberados desde la espiga masculina alcanzan los estigmas húmedos de las flores femeninas. Se requiere un intervalo de aproximadamente 2 a 3 días para que todos los estigmas de una mazorca estén completamente expuestos y sean polinizados. Una vez ocurre la fecundación, el óvulo fertilizado inicia su transformación en grano, marcando así el inicio efectivo de la formación del fruto.

#### **b) Estado de grano perlita (R2)**

El estadio R2 del desarrollo reproductivo del maíz se caracteriza por la plena formación del raquis de la espiga (coronta) y del pedúnculo. Durante esta fase, los estigmas comienzan a secarse, adquiriendo una coloración marrón. Asimismo, se inicia el proceso de acumulación de almidón en el endospermo, lo que se traduce en un visible aumento del tamaño de los granos. Esta etapa marca el comienzo de un periodo de rápido incremento del peso seco del grano, el cual continuará aceleradamente hasta llegar al estadio de grano dentado.

#### **c) Estado de grano lechoso (R3)**

El estadio R3 del desarrollo reproductivo del maíz, también conocido como etapa de grano pastoso, se identifica cuando los granos muestran una coloración morada en la parte superior y un tono blanco lechoso en la parte inferior, producto de la acumulación progresiva de almidón. En esta fase ya es evidente el desarrollo del embrión dentro del grano. Además, se registra una alta tasa de acumulación de materia seca, mientras que el contenido de humedad del grano se mantiene en torno al 80 %. Las divisiones celulares dentro del endospermo ya se han completado casi por completo, y el crecimiento posterior del grano se debe principalmente a la expansión celular y al llenado de dichas células con almidón.

#### **d) Estado de grano masoso o pastoso (R4)**

El estadio R4, también denominado etapa de grano pastoso duro, se inicia cuando más de la mitad de la superficie del grano adquiere una coloración morada, señal de la progresiva maduración del tejido. Durante esta fase, el embrión continúa desarrollándose

a gran velocidad. Además, los granos presentan un contenido de humedad cercano al 70 % y han alcanzado aproximadamente la mitad de su peso seco final. Esta etapa es clave para la acumulación de reservas que definirán el rendimiento final del cultivo.

#### **e) Estado de grano dentado (R5)**

El estadio R5, conocido como etapa de grano dentado, se inicia cuando los granos de la mazorca presentan una depresión o hundimiento en su parte superior, característica que les otorga el nombre de "dentados". En esta fase, la cáscara del grano ha adquirido una coloración morada casi completa y se observa el inicio del proceso de desecación. Los granos comienzan a perder humedad desde el ápice hacia la base, y se forma una capa endurecida en la parte superior, marcando el comienzo de la maduración fisiológica.

#### **f) Madurez fisiológica (R6)**

El estadio R6, correspondiente a la madurez fisiológica del maíz, se alcanza cuando todos los granos de la mazorca han logrado su máxima acumulación de materia seca, es decir, su peso seco final. Durante esta fase, se forma una capa negra en la base de los granos, fenómeno que avanza progresivamente desde la punta hacia los granos basales de la mazorca. En este punto, los granos presentan una textura dura y seca, acompañados de una intensa coloración morada en la cáscara, lo que indica que la planta ha completado su desarrollo y el grano está listo para la cosecha.

### **1.7. Razas y variedades de maíz morado**

#### **1.7.1. Razas de maíz**

Justiniano (2010) señala que en el Perú se han identificado 55 razas de maíz, las cuales representan conjuntos de poblaciones dentro de la misma especie que comparten características morfológicas, fisiológicas y ciertos usos específicos. No obstante, estas particularidades no resultan suficientes para clasificarlas como subespecies. En el ámbito nacional, dichas razas han sido organizadas en seis grupos principales, en función de sus atributos comunes y su distribución regional.

#### **a) Razas primitivas**

El primer grupo de razas de maíz en el Perú se distingue por su precocidad y por pertenecer al tipo reventón. Entre las variedades que lo integran se encuentran cinco propias de la Sierra —como el confite morocho, confite puntiagudo, confite puneño y kully— y una procedente de la Selva, conocida como enano (Justiniano, 2010).

### **b) Razas derivadas de las primitivas**

El segundo grupo está conformado por razas que han evolucionado a partir de variedades primitivas, como resultado de procesos de hibridación, selección natural y aislamiento. Estas razas se caracterizan por tener una precocidad intermedia y ser predominantemente de tipo amiláceo. Entre ellas se reconocen 20 razas distribuidas en tres regiones: en la Costa, se incluyen variedades como mochero, alazán, pagaladroga, rabo de zorro, chapareño e iqueño; en la Sierra, se encuentran chullpi, huayleño, paro, morocho, huancavelicano, ancashino, shajatu, piscorunto, cuzco cristalino amarillo, cuzco blanco, granda y uchuquilla; mientras que en la Selva destacan sabanero y piricinco (Justiniano, 2010).

### **c) Razas de la reciente derivación**

El tercer grupo de razas de maíz se caracteriza por presentar un buen desarrollo vegetativo, mayor potencial de rendimiento y por poseer granos predominantemente amiláceos. Este grupo incluye un total de diez razas distribuidas geográficamente: en la Costa se encuentran el huachano y chancayano; en la Sierra destacan San Gerónimo huancavelicano, Cuzco gigante y arequipeño; y en la Selva se reconocen chimlos y Marañón (Justiniano, 2010).

### **d) Razas introducidas**

El cuarto grupo está conformado por razas de maíz que fueron introducidas al Perú desde otras regiones del mundo. Aunque estas variedades han experimentado cierto grado de hibridación con razas nativas, conservan rasgos propios de su origen foráneo. Se identifican seis razas dentro de este grupo: en la Costa, pardo, arizona y colorado; y en la Selva, alemán, chuncho y cubano yellow (Justiniano, 2010).

### **e) Razas incipientes**

El quinto grupo está constituido por variedades que han sido tipificadas recientemente y que presentan una distribución geográfica restringida, ya que solo se cultivan en determinados valles del país. Este grupo incluye doce razas: en la Costa se encuentran jora, coruca, chancayano amarillo, tumbesino y morochillo; mientras que en la Sierra se incluyen morado canteño, morocho cajabambino, amarillo Huancabamba, allajara, huarmaca, blanco ayabaca y huanuqueño (Justiniano, 2010).

#### **f) Razas no definidas**

El sexto grupo está conformado por razas de maíz cuya distribución geográfica es limitada y, en algunos casos, se encuentran aún en fases tempranas de desarrollo o domesticación. Este grupo incluye dos razas específicas: sarco, cultivada en la Sierra, y perilla, localizada en la región de la Selva (Justiniano, 2010).

#### **1.7.2. Variedades**

En el Perú, se han identificado diversas variedades de maíz morado, todas ellas con un origen común en la raza ancestral conocida como *Kculli*, la cual aún se cultiva en distintas regiones del país. Evidencia arqueológica hallada en sitios como Ica, Paracas, Nazca y otras zonas de la costa central confirma su presencia histórica desde tiempos prehispánicos (Fopex, 1985, citado por Valenzuela, 2014). Según Manrique (1995), actualmente se reconocen múltiples variedades de maíz morado, entre las cuales destacan algunas consideradas principales por su representatividad y características agronómicas.

##### **a) Cuzco morado**

“Una de las variedades destacadas de maíz morado está vinculada genéticamente a la raza Cuzco Gigante. Se caracteriza por ser de ciclo tardío, presentar granos de gran tamaño y formar mazorcas con ocho hileras bien definidas. Su cultivo se concentra principalmente en zonas de altitud intermedia de los departamentos de Cuzco y Apurímac (Manrique, 1995).”

##### **b) Morado Canteño**

Esta variedad de maíz morado presenta similitudes morfológicas con la raza Cuzco Morado, aunque se distingue por tener dimensiones más reducidas. Su cultivo se realiza predominantemente en las zonas altas del valle del Chillón, en el departamento de Lima, alcanzando altitudes de hasta 2500 metros sobre el nivel del mar. Es reconocida por ser la variedad más frecuentemente comercializada y consumida en los mercados de la capital (Manrique, 1995).

##### **c) Morado de Caráz**

Esta variedad de maíz morado proviene de un proceso de selección a partir de las razas Ancashino y Alazán. Su denominación responde a su lugar de cultivo predominante: la localidad de Caraz, ubicada en el Callejón de Huaylas, donde se siembra en áreas

relativamente extensas. Se clasifica como una variedad de precocidad intermedia y destaca por su adaptabilidad a condiciones tanto de sierra como de costa. Entre las variedades tradicionales, es considerada la de mayor potencial de rendimiento y presenta además la tusa con el mayor grado de pigmentación (Manrique, 1995).

#### **d) Arequipeño**

Esta variedad presenta características similares a las del Cuzco Morado, aunque con un tamaño general más reducido. A diferencia de otras variedades, la coloración de su tusa es tenue o poco intensa. Se distingue además por su ciclo de desarrollo corto, lo que la clasifica como una variedad de alta precocidad (Manrique, 1995).

#### **e) Negro de Junín**

Se trata de una variedad precoz que se caracteriza por tener granos grandes de color negro, dispuestos de forma irregular sobre una mazorca de tamaño corto y con forma redondeada. Su cultivo se localiza principalmente en zonas de la sierra central y sur del Perú (Manrique, 1995).

#### **f) Huancavelicano**

Esta variedad de maíz morado se cultiva principalmente en la Sierra Centro y Sur del país, extendiéndose hasta el departamento de Arequipa. Una de sus principales características es que se adapta a altitudes más elevadas en comparación con otras variedades tradicionales (Manrique, 1995).

### ***1.7.3. Variedades mejoradas de maíz morado***

#### **a) PMV – 581**

Según Manrique (1997), se trata de una variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), desarrollada a partir de la variedad Morado de Caraz. Esta presenta buena adaptación tanto en la región costera como en la sierra, además de mostrar resistencia a enfermedades foliares como la roya y la cercospora. Posee un ciclo vegetativo de duración intermedia y produce mazorcas medianas, de entre 15 y 20 cm de longitud, alargadas y con elevada concentración de pigmentos. Su potencial de rendimiento alcanza las 6 toneladas por hectárea.

### **b) PMV – 582**

Una de las variedades mejoradas de maíz morado fue desarrollada por la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), a partir de la selección de la variedad Morado de Caraz. Esta mejora genética ha permitido su adecuada adaptación tanto a zonas de costa como de sierra, y se destaca por su resistencia a enfermedades como la roya y la cercospora. Presenta un ciclo vegetativo intermedio y mazorcas de tamaño mediano, entre 15 y 20 centímetros de longitud, de forma alargada, con alto contenido de pigmentos antociánicos. Su potencial de rendimiento se estima en aproximadamente 6 toneladas por hectárea (Manrique, 1997).

### **c) INIA- 615 Negro Canaán**

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) desarrolló una variedad mejorada de maíz morado mediante un proceso de selección recurrente de medios hermanos, realizado a lo largo de nueve ciclos. Este mejoramiento genético se basó en una colección inicial de 36 cultivares pertenecientes a la raza *Kulli*. Como progenitores femeninos se utilizaron las variedades locales Negro Kully y Morado, mientras que el grupo de progenitores masculinos consistió en un compuesto balanceado de tres variedades: Negro, Kully y Morado (INIA, 2007).

### **d) INIA - 601 (INIA Negro Cajamarca)**

Esta variedad fue desarrollada en la Subestación Experimental Cajabamba del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). La población, denominada “NEGRO”, se conformó a partir de 256 progenies: 108 procedentes de la variedad Morado Caraz y 148 de la variedad local conocida como Negro de Parubamba (INIA, 2007).

## **1.8. Exigencias agroecológicas del cultivo**

### **1.8.1. Exigencias climáticas**

El maíz morado posee una notable capacidad de adaptación tanto a las condiciones climáticas de la costa como de la sierra peruana, lo cual se debe a la diversidad genética que presentan sus distintas variedades. Su desarrollo y rendimiento se ven favorecidos principalmente en ambientes secos con temperaturas moderadas (Sevilla & Valdez, 1985). Manrique (1997) indica que esta especie prospera especialmente en zonas de sierra media, que incluyen laderas, mesetas y valles situados entre los 1,800 y 2,800 metros

sobre el nivel del mar, donde las temperaturas anuales promedio oscilan entre 12 y 20 °C, y las precipitaciones medias varían de 500 a 1,000 mm.

Por su parte, Risco (2007) señala que en la región de Ayacucho la temperatura fluctúa entre 18 y 23 °C, y que las lluvias se concentran entre noviembre y marzo. Durante los meses de junio y julio son frecuentes las heladas, lo que representa un riesgo para los cultivos expuestos, razón por la cual la siembra en la sierra se realiza usualmente entre agosto y octubre. En la costa, en cambio, las fechas de siembra comprenden de abril a setiembre. De manera general, el maíz requiere un clima cálido y una disponibilidad adecuada de agua. Para una germinación óptima, la temperatura mínima promedio durante el día no debe ser inferior a 10 °C, siendo las temperaturas ideales para esta fase entre 18 y 20 °C (Bonilla, 2009).

### ***1.8.2. Exigencias edafológicas***

El cultivo de maíz, en términos generales, puede adaptarse a diversas condiciones edáficas, aunque su desarrollo se ve limitado en suelos extremadamente arcillosos o excesivamente arenosos. Las condiciones más favorables se encuentran en suelos de textura media, fértiles, con buen drenaje, de gran profundidad y alta capacidad de retención hídrica. El rango de pH tolerado por el cultivo va de 5.5 a 8, siendo el óptimo un pH ligeramente ácido, entre 6 y 7; valores fuera de este rango pueden alterar la disponibilidad de nutrientes y causar deficiencias o toxicidades. Además, el maíz muestra una tolerancia media a la salinidad en el suelo y en el agua de riego (Fuentes, 2002).

Respecto al maíz morado, Quispe et al. (2007) indican que este requiere suelos franco-arcillosos con buena retención de humedad y puede adaptarse a diversos pisos altitudinales de la costa y la sierra, entre los 1,200 y 3,000 msnm. Las condiciones óptimas para su desarrollo se encuentran en suelos profundos, con textura franco o franco-arcillosa, capaces de retener humedad. No obstante, un exceso de esta puede limitar la síntesis de pigmentos en la mazorca. Por ello, se recomienda un pH entre 5 y 8, y una conductividad eléctrica de entre 1 y 4 dS/m (Sevilla & Valdez, 1985; Risco, 2007).

Risco (2007) complementa que los suelos de la región Ayacucho presentan texturas variadas —arcillosa, franco arcillosa y franco arenosa—, buena profundidad y una adecuada capacidad de retención de agua, con un pH que oscila entre 5.5 y 7.5, lo

cual los hace aptos para el cultivo de maíz morado. Sin embargo, en algunas zonas se han detectado problemas de salinidad.

En cuanto a la fertilización, Requis (2007) señala que la mayoría de productores no realiza análisis de suelos antes de sembrar, y suelen aplicar insumos de manera empírica, basados en sugerencias de proveedores, costumbres locales, experiencias previas o en función de su disponibilidad económica.

Finalmente, Sevilla y Valdez (1985) enfatizan que el maíz necesita una preparación del suelo adecuada, ya que su sistema radicular demanda una alta absorción de nutrientes en un periodo corto, entre 40 y 60 días. Por ello, es fundamental realizar labores que incorporen estiércol, residuos orgánicos y rastrojos con la debida antelación, con el fin de favorecer la estructura del suelo y optimizar su aprovechamiento.

### ***1.8.3. Exigencias hídricas***

El maíz es considerado una de las especies vegetales más eficientes en el uso del agua, ya que requiere aproximadamente 350 kilogramos de agua para producir un kilogramo de materia seca. No obstante, el rendimiento óptimo del cultivo solo se alcanza cuando se cubren completamente sus necesidades hídricas, particularmente su demanda por evapotranspiración (López, 1991).

Existe un periodo crítico en el ciclo del cultivo, altamente sensible al déficit hídrico, que se extiende desde aproximadamente 20 días antes de la floración masculina hasta unos 20 días posteriores a la polinización, cuando ocurre el secado de los estigmas. Si durante un intervalo de 14 días dentro de este periodo no se proporciona el riego adecuado, puede producirse una reducción del rendimiento de hasta un 60 %. Las necesidades hídricas deben cubrirse al menos en igual proporción o hasta 1.1 veces la tasa de evaporación del cultivo, lo que equivale, dependiendo de la región, a entre 6,500 y 8,500 metros cúbicos de agua por hectárea. Este requerimiento puede representar más del 20 % de los costos variables del cultivo (López, 1991).

Risco (2007) añade que los requerimientos de agua del maíz no son constantes durante su desarrollo. En la etapa inicial de emergencia, el consumo hídrico es bajo; sin embargo, en la fase de crecimiento vegetativo, la demanda de agua se incrementa

notablemente, recomendándose realizar riegos de 10 a 15 días antes de la floración. Esta última etapa es particularmente crítica, ya que de ella depende el éxito del cuajado y, en consecuencia, la productividad. Durante este tiempo, se aconsejan riegos que mantengan una adecuada humedad del suelo, favoreciendo la polinización y el cuajado de granos. Posteriormente, en las fases de llenado y maduración de la mazorca, se debe reducir gradualmente el volumen de riego para no afectar la calidad del grano ni promover enfermedades fúngicas asociadas al exceso de humedad.

#### **1.8.4. Exigencias agronómicas**

##### **a) Época de siembra**

Según Sevilla y Valdez (1985), el maíz puede ser sembrado en cualquier época del año; sin embargo, las temporadas más apropiadas corresponden al invierno, entre los meses de abril y agosto, y al verano, entre noviembre y febrero. Específicamente, en la costa peruana, se ha identificado que la siembra de maíz morado es más favorable durante el invierno, particularmente entre mayo y junio. Por otro lado, en zonas situadas a más de 2,700 msnm, se recomienda iniciar la siembra desde la segunda quincena de octubre, como parte de un calendario adaptado a la altitud (INIA, 2007).

En relación con las zonas agroecológicas, Tapia y Fries (2007) destacan que en la Quechua baja (1800 a 2500 msnm) es posible establecer el cultivo durante todo el año, siempre que se disponga de riego. En caso de limitaciones hídricas, la siembra se concentra entre los meses de agosto y octubre. Por su parte, en la Quechua media (2500 a 2800 msnm), se realiza la siembra anticipada o “mahuay” cuando se cuenta con riego; en condiciones de secano, se difiere el inicio del cultivo hasta la llegada de las lluvias, comúnmente hacia octubre.

##### **b) Densidad de siembra**

Hurtado (2004) señala que el cultivo de maíz, en términos generales, se establece a una profundidad aproximada de 5 cm, pudiendo sembrarse al voleo o mediante surcos. La separación entre hileras varía entre 0.8 y 1 metro, mientras que la distancia entre golpes oscila entre 35 y 40 cm, de acuerdo con las características de la variedad utilizada.

Respecto al maíz morado, Risco (2007) describe que la siembra puede realizarse colocando de dos a cuatro semillas por golpe, con una distancia de 40 cm entre cada uno.

Otra opción es la siembra en surco continuo, situando dos semillas cada 15 cm, lo que permite alcanzar una densidad de hasta 82,000 plantas por hectárea. En la zona de Huanta, específicamente, se recomienda sembrar en surcos con distanciamiento de 70 cm, depositando dos a tres semillas por golpe y manteniendo una distancia entre golpes de 40 a 50 cm. Si bien un mayor número de plantas puede elevar el rendimiento, también implica riesgos, como una mayor proporción de plantas improductivas, mazorcas de menor tamaño y reducción en la calidad del grano, afectando así su valor comercial.

De igual forma, Requis (2012) subraya la importancia de alcanzar una población óptima de plantas para maximizar la producción de mazorcas. Sugiere un espaciamiento de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre golpes, empleando tres semillas por golpe para lograr una densidad cercana a las 75,000 plantas por hectárea, lo cual requiere entre 35 y 40 kg de semilla por hectárea. En el caso específico de la variedad mejorada INIA-615 Negro Canaán, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2007) recomienda emplear entre 40 y 45 kg/ha de semilla de alta calidad, asegurando la presencia de al menos dos plantas por golpe para alcanzar una densidad poblacional de aproximadamente 50,000 plantas por hectárea.

### **c) Fertilización**

Son de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012), se reconocen dieciséis elementos esenciales para el crecimiento vegetal, los cuales se originan del aire, el agua y el suelo. El carbono (C) proviene del dióxido de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>); el hidrógeno (H) y el oxígeno (O) se obtienen del agua (H<sub>2</sub>O); mientras que otros nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl) son absorbidos desde la solución del suelo. Villagarcía y Aguirre (2012) y Catalán (2012) coinciden en señalar que, además de los elementos mayores NPK, otros nutrientes como el calcio, magnesio, azufre y micronutrientes, también son fundamentales para la fertilidad del suelo y el crecimiento vegetal adecuado.

García (2013) destaca que, aunque el maíz requiere dieciséis nutrientes, los más demandados son nitrógeno, fósforo y potasio, cuya deficiencia limita con frecuencia la producción. Asimismo, micronutrientes como el zinc y el magnesio pueden representar

limitantes en determinados suelos. Risco (2007) precisa que el maíz morado necesita elevadas cantidades de N, P y K, estimadas en 586, 220 y 100 kg/ha, respectivamente.

Tapia y Frías (2007) señalan que los suelos ideales para el cultivo deben ser fértiles, bien drenados, con contenido superior al 2.5 % de materia orgánica, no ácidos ni con pendientes excesivas. Además, en las prácticas tradicionales andinas, el cultivo suele fertilizarse con estiércol o guano, combinándose con aplicaciones variables de urea y fósforo, que pueden alcanzar niveles de 80-80-0 o más, según el tipo de suelo. Paliwal (2001) complementa que, aunque el sistema radical del maíz absorbe nutrientes durante todo su ciclo, dicha absorción disminuye durante el llenado de grano, cuando comienza la senescencia foliar.

El aporte de fertilizantes tiene un efecto inmediato sobre el rendimiento, y su aplicación depende de la fertilidad del suelo, la densidad de siembra y el tipo de terreno (Jaulis, 2010). Para Fuentes (2002), un abonado con buen contenido de fósforo y potasio es fundamental, recomendando un aporte proporcional de 0.3 kg de fósforo por cada 100 kg de abono, siendo el nitrógeno el más requerido, sobre todo durante la etapa vegetativa.

Condori (2006) resalta la importancia del potasio en la calidad del cultivo, al influir en el peso del grano y el número de granos por mazorca. Asimismo, destaca que durante las fases iniciales del desarrollo vegetativo, la disponibilidad de fósforo en forma asimilable es crucial, ya que las raíces jóvenes no alcanzan fácilmente las reservas del suelo y compiten con la materia orgánica. Este nutriente es esencial tanto para el desarrollo radicular como para la floración.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2007) establece que, para lograr rendimientos superiores a 5 t/ha en maíz morado, debe incorporarse al menos 5 toneladas por hectárea de guano de corral o diez sacos de guano de isla, además de aplicar 120-90-60 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Según el Ministerio de Agricultura (MINAG, 2011), el maíz absorbe nitrógeno en forma de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), siendo necesaria la actividad microbiológica —especialmente de bacterias como *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*— para transformar el nitrógeno orgánico del suelo en formas disponibles para la planta.

#### **d) Nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento esencial en el desarrollo de las plantas, siendo considerado el principal impulsor de su crecimiento. Las raíces lo absorben del suelo principalmente en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), dependiendo de las condiciones edáficas (FAO, 2012). Según Fuentes (2002), la dosis de nitrógeno a aplicar en el cultivo está determinada por las metas de producción y las características texturales del suelo, recomendándose rangos de entre 20 y 30 kg/ha.

Villagarcía y Aguirre (2012) explican que el nitrógeno nítrico posee alta movilidad dentro del perfil del suelo, lo que lo hace vulnerable a pérdidas por lixiviación, especialmente en condiciones de exceso de riego o lluvias intensas. Por ello, se aconseja aplicar el nitrógeno de forma fraccionada en al menos dos momentos claves del ciclo vegetativo, para asegurar su disponibilidad cuando la planta más lo necesita. Bonner y Galston (1967) advierten que un exceso de nitrógeno puede generar un desarrollo exagerado del follaje, caracterizado por hojas grandes, suculentas y de color verde intenso, pero con tallos débiles, lo cual compromete la resistencia estructural de la planta.

#### **e) Fósforo**

El fósforo (P) es considerado un nutriente primario esencial para los cultivos, debido a que los suelos agrícolas, en especial aquellos de color rojo, amarillo o negro, suelen presentar deficiencias de este elemento (Fuentes, 2002). De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (MINAG, 2011), los cultivos pueden contener entre 0,1 y 0,5 % de fósforo en su composición total, evidenciando la importancia de su disponibilidad para el desarrollo vegetal.

La eficiencia en el aprovechamiento del fósforo por parte del maíz, medida en términos del porcentaje de nutriente recuperado, se sitúa generalmente entre 15 y 20 %. No obstante, esta eficiencia puede incrementarse mediante aplicaciones intensivas de fertilizantes fosfatados, aunque ello implica un aumento considerable en los costos de producción (Mendieta, 2009). Según Villagarcía y Aguirre (2012), cuando se aplican 100 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  soluble al suelo, el cultivo logra absorber entre 20 y 60 kg a lo largo de su ciclo fenológico.

En condiciones de deficiencia de fósforo, las plantas presentan un crecimiento limitado, con hojas de tonalidad verde oscura, y en algunos casos, manifestaciones de pigmentación antociánica en colores rojo o púrpura, reflejando un estrés fisiológico (Bonner & Galston, 1967).

#### **f) Potasio**

Debe El potasio (K) es un macronutriente fundamental que debe estar presente en concentraciones superiores a 80–100 ppm en suelos arenosos, mientras que, en suelos arcillosos, los requerimientos aumentan a un rango de 135–160 ppm (Fuentes, 2002). La deficiencia de este elemento incrementa significativamente la susceptibilidad de las plantas a enfermedades fúngicas y puede generar un llenado incompleto de las mazorcas, especialmente en sus extremos. Asimismo, provoca síntomas visibles como el amarillamiento foliar en forma de moteado, disminuye el crecimiento general de la planta y debilita los tallos, haciéndolos propensos al volcamiento por acción del viento (Bonner & Galston, 1967).

Desde una perspectiva fisiológica, el potasio activa más de 60 enzimas implicadas en la síntesis de carbohidratos y proteínas, además de mejorar el manejo hídrico de la planta, incrementando su tolerancia a condiciones adversas como sequías, heladas o salinidad. Asimismo, contribuye a una mayor resistencia frente a enfermedades (FAO, 2012).

### **1.9. Características del maíz morado**

El fruto del maíz morado, conformado por la mazorca que incluye tanto la tusa como el grano, se caracteriza por la presencia de compuestos antociánicos, los cuales se concentran principalmente en la coronta y, en menor medida, en el pericarpio del grano. En términos de proporción estructural, la mazorca está compuesta aproximadamente por un 80 % de grano y un 20 % de tusa (Manrique, 1995)

De acuerdo con el Boletín de Información Técnica del Ministerio de Agricultura (1998), las dimensiones promedio de la mazorca de maíz morado presentan una longitud de 15 cm, con un rango que varía entre 12 y 20 cm. El ancho promedio alcanza los 5 cm, pudiendo fluctuar entre 4 y 5.8 cm. En cuanto a la estructura de la mazorca, se registran en promedio 10 hileras de granos, con un número de granos por hilera que oscila entre 18

y 36, siendo el valor promedio 25. Respecto a las características del grano, estos presentan un largo medio de 11.6 mm (entre 10.4 y 13 mm), un ancho de 5.6 mm (mínimo 5 mm y máximo 6.2 mm), y un espesor promedio de 6 mm, con valores que van de 5.5 a 6.5 mm.

#### ***1.9.1. Color del maíz morado***

La tonalidad morada observable en diversas estructuras del maíz, como las hojas, corontas y el pericarpio de los granos, es producto de una interacción genética compleja. Esta involucra múltiples genes distribuidos en distintos cromosomas, cuya acción coordinada permite la síntesis de pigmentos antocianínicos de variada tonalidad. La combinación de pigmentos rojos y azules es la que origina la coloración morada característica del maíz morado (Manrique, 2000).

#### ***1.9.2. Coronta del maíz morado***

La estructura central de la mazorca de maíz, conocida como coronta, tuza, carozo u olote, corresponde a una espiga en la cual los granos se desarrollan de forma agrupada alrededor de un eje central. En el caso del maíz morado, se ha identificado que esta parte de la planta concentra un contenido más elevado de antocianinas en comparación con el pericarpio del grano.

### **1.10. Composición química del maíz morado**

De acuerdo con Collazos (1962), citado por Araujo (1995), el maíz morado se caracteriza por un elevado contenido de carbohidratos y proteínas en su grano. Asimismo, la coronta presenta una fracción significativa de fibra dietética, azúcares complejos y minerales esenciales (Fernández, 1995; Risco, 2007). La información detallada sobre la composición química tanto del grano como de la coronta se expone como sigue:

Según datos del Ministerio de Agricultura (1998), el maíz morado presenta una composición nutricional destacada por cada 100 gramos de parte comestible. Aporta aproximadamente 357 calorías, con un contenido de agua de 11.4 gramos. En cuanto a su fracción proteica, contiene 6.7 gramos de proteínas, mientras que los carbohidratos alcanzan los 76.9 gramos. Además, aporta 1.8 gramos de fibra dietética y 1.7 gramos de cenizas, reflejando su carga mineral.

Respecto a los minerales específicos, el maíz morado contiene 12 mg de calcio y 328 mg de fósforo. En cuanto a su contenido de compuestos bioactivos, se destaca la presencia de cianidina, un tipo de antocianina, con 0.06 mg. Asimismo, en términos de vitaminas, ofrece 0.38 mg de tiamina (vitamina B1) y una cantidad elevada de niacina (vitamina B3), con un valor reportado de 280 mg, lo cual parece requerir verificación por ser atípicamente alto en comparación con otras fuentes naturales. De acuerdo con el estudio citado por Fernández (2009), el análisis bromatológico realizado en el Laboratorio de Nutrición de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) reveló la composición química del maíz morado variedad **INIA-615 Negro Canaán** por cada 100 gramos de muestra. En el caso del grano, el contenido de humedad fue de 1.67 %, mientras que en la coronta fue ligeramente mayor con 2.33 %. El contenido proteico en el grano alcanzó 9.26 %, superando al valor registrado en la coronta (4.38 %).

Respecto al **extracto etéreo**, se observó un contenido considerablemente alto, con 22.18 % en el grano y 30.55 % en la coronta, siendo esta última una fuente destacada de lípidos. En cuanto al aporte calórico, el grano proporciona 496.7 kcal por cada 100 gramos, mientras que la coronta presenta un valor energético aún mayor, con 694.53 kcal. Las cenizas totales, indicador de contenido mineral, representaron 1.89 % en el grano y tan solo 0.35 % en la coronta. Finalmente, el contenido de carbohidratos fue elevado en ambos componentes, registrándose 65.01 % en el grano y 62.4 % en la coronta.

Pinedo (2014) realizó una comparación físico-química entre tres variedades de maíz morado: PMV-581, INIA-615 Negro Canaán e INIA-601 Negro Cajamarca, cuyos resultados evidencian diferencias nutricionales significativas entre ellas. En cuanto a la energía proveniente de macronutrientes, se observó que el mayor porcentaje de kilocalorías provenientes de carbohidratos fue para la variedad INIA-601 (79.5 %), seguida de PMV-581 (78.6 %) e INIA-615 (78.4 %). En cuanto al aporte energético proveniente de grasas, los valores oscilaron entre 11 % (INIA-615) y 12 % (PMV-581), mientras que las proteínas aportaron entre 9.1 % (INIA-601) y 10.6 % (INIA-615).

Respecto al contenido de carbohidratos por cada 100 g de muestra, la variedad PMV-581 registró el valor más alto (72.2 g), seguida de INIA-615 (71.9 g) e INIA-601 (69.2 g). La energía total también mostró variación, siendo más alta en PMV-581 (367.3 kcal) e INIA-615 (366.9 kcal), mientras que INIA-601 presentó una energía ligeramente

menor (348.0 kcal). El contenido proteico fue superior en INIA-615 (9.7 g), mientras que PMV-581 y INIA-601 mostraron valores de 8.6 g y 7.9 g, respectivamente. En cuanto a las cenizas, indicadoras de minerales, se observaron valores de 1.9 g (INIA-615), 1.5 g (PMV-581) y 1.3 g (INIA-601).

Finalmente, el contenido graso fue más elevado en PMV-581 (4.9 g), seguido por INIA-615 (4.5 g) e INIA-601 (4.4 g). En cuanto a la humedad, la variedad INIA-601 presentó el valor más alto (17.2 %), en contraste con INIA-615 (12 %) y PMV-581 (12.8 %).

## **1.11. Usos y beneficios del maíz morado**

### ***1.11.1. Usos***

Fernández (1995) sostiene que, de acuerdo con registros históricos, el maíz morado fue utilizado tradicionalmente en la elaboración de bebidas fermentadas como la chicha. Con el tiempo, durante la época colonial, el uso de su extracto evolucionó gracias a la influencia de la repostería española y la creatividad de las mujeres criollas, lo que dio origen a productos como la mazamorra y la chicha morada, reconocidos por sus sabores distintivos. En la actualidad, este tipo de maíz se emplea en el hogar principalmente como fuente natural de colorante para la preparación de chicha y mazamorra morada. A nivel industrial, la coronta se valoriza por su alto contenido de antocianinas, utilizadas como colorante natural en bebidas, productos lácteos, panificados, vegetales, conservas, grasas, mermeladas, frutas procesadas y jarabes, así como en sopas, textiles y productos cosméticos. Además, el grano puede destinarse a la extracción de almidón y subproductos, o ser incluido en la formulación de alimentos balanceados para animales (Risco, 2007).

Según Araujo (1995), se identificó una marcada diferencia en la concentración de antocianinas entre las diferentes partes del maíz morado. La coronta presentó el contenido más elevado, con 611 mg de antocianinas por cada 100 gramos, representando un rendimiento del 79.47 % del total de antocianinas extraídas. En contraste, el grano entero mostró una concentración significativamente menor, con 52 mg/100 g, lo cual equivale apenas al 6.75 % del rendimiento total. Por otro lado, el grano molido incrementó su concentración a 176 mg/100 g, representando el 20.53 % del rendimiento. Estos resultados reflejan que la mayor parte del potencial antioxidante del maíz morado,

asociado a las antocianinas, se encuentra concentrado en la coronta, lo que refuerza su utilidad como materia prima para la obtención de colorantes naturales y compuestos funcionales con aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica.

### **1.11.2. Beneficios**

El maíz morado se ha relacionado con efectos positivos para la salud humana, debido a la presencia de compuestos antioxidantes que pueden contribuir a reducir el daño oxidativo generado por los radicales libres, lo que le confiere propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias y neuroprotectoras (Kraft, 2008). En este sentido, un grupo de investigadores de la Universidad Doshisha en Kioto, Japón, evidenció que el extracto de maíz morado puede activar genes implicados en la regulación de células adiposas, lo cual tiene un efecto preventivo frente a enfermedades cardiovasculares, obesidad y diabetes. Además, de acuerdo con la revista *Nutraceuticals World*, este extracto actúa como protector de la retina y favorece la circulación sanguínea (Risco, 2007). Justiniano (2010) complementa señalando que el maíz morado contiene fitonutrientes, como flavonoides, antocianinas, luteína, terpenos y carotenoides, los cuales, aunque no poseen valor nutricional directo, desempeñan un papel importante como antioxidantes al proteger el ADN celular frente a procesos oxidativos que pueden inducir mutaciones y, por tanto, prevenir el desarrollo de ciertos tipos de cáncer.

### **1.12. Mejoramiento genético**

El mejoramiento genético vegetal constituye una disciplina científica y técnica cuyo propósito es modificar la herencia de las plantas para optimizar sus características productivas, fisiológicas o de adaptación. Desde sus inicios, este proceso estuvo vinculado con la selección empírica de las mejores plantas realizada por los antiguos agricultores, quienes, sin un conocimiento formal de genética, lograron avances significativos en la domesticación y diversificación de cultivos (Pacheco, 2009). Un ejemplo emblemático es el caso del maíz, cuya transformación desde su forma silvestre hasta el cereal altamente productivo actual comenzó en las culturas mesoamericanas y continúa hasta hoy como objeto de estudio en genética vegetal moderna (Iruegas, 2012).

Uno de los fundamentos del mejoramiento genético del maíz es el aprovechamiento de la heterosis, fenómeno por el cual los híbridos superan a sus progenitores en rendimiento u otros rasgos. Esto se logra a partir de líneas endocriadas,

que, si bien poseen bajo rendimiento individual, al ser cruzadas entre sí dan lugar a descendencias más vigorosas (Lessa, 2004). Sin embargo, debido a que el maíz es una especie alógama, con alta heterocigosis por su forma de polinización cruzada, el mantenimiento de líneas puras se torna complejo, y por ello los métodos de selección difieren considerablemente respecto a los empleados en plantas autóгамas (Chávez, 1995).

Desde la óptica del fitomejoramiento, el proceso de selección implica identificar individuos con rasgos deseados sobre la base de diferencias genéticas heredables o inducidas, para conformar nuevas generaciones con mejores características agronómicas (Andrade, 2012). Los programas de mejoramiento de maíz han generado cultivares a partir de materiales locales, los cuales fueron seleccionados no solo por su rendimiento, sino también por su adaptabilidad a condiciones agroecológicas específicas y por mantener la calidad del grano exigida por productores y consumidores (Turrent et al., 2011).

El objetivo general de todo proceso de mejoramiento genético es ampliar la base genética de las poblaciones mediante la incorporación de genes que mejoren el cultivo, tales como aquellos que confieren resistencia a enfermedades, reducen el tamaño de planta, incrementan el número de hileras por mazorca o mejoran la calidad del grano. Estas mejoras pueden alcanzarse a través de técnicas como retrocruzas, selección masal o selección recurrente (Turrent et al., 2011).

Diversos esquemas de selección, que varían en complejidad e infraestructura requerida, están disponibles para los programas de mejoramiento de maíz. Algunos son de bajo costo y adecuados para pequeños programas, mientras que otros requieren inversiones significativas. La clave del éxito radica en contar con recursos genéticos valiosos que permitan desarrollar materiales superiores, sean variedades o híbridos (FAO, 2001). En ese contexto, la heterocigosis producto de la polinización cruzada ha sido crucial para conservar la productividad, estabilidad y adaptabilidad de las poblaciones nativas de maíz, las cuales se han mantenido en entornos de agricultura tradicional y, en algunos casos, comercial (Ortega, 2003).

Paliwal (2001) clasifica los métodos de mejoramiento del maíz en dos grandes grupos: aquellos que emplean escasa o nula endogamia, orientados a variedades de polinización libre y adaptabilidad amplia; y los métodos con alta endogamia, centrados en la producción de híbridos con menor variabilidad genética pero mayor especialización para entornos determinados.

### ***1.12.1. Mejoramiento por selección***

Gardner (1960) sostiene que la selección masal estratificada es una estrategia de fitomejoramiento particularmente eficaz para plantas de polinización abierta como el maíz. Este método se enfoca en incrementar la frecuencia de genes deseables dentro de una población, favoreciendo la expresión de efectos genéticos aditivos y disminuyendo la influencia de factores ambientales. Su aplicación implica dividir la población en diversos estratos, usualmente con base en características fenotípicas, y seleccionar dentro de cada uno un número determinado de plantas. De este modo, se mejora la eficiencia de la selección masal convencional, permitiendo lograr progresos genéticos significativos.

Entre los beneficios de esta metodología se destacan: el incremento del rendimiento, la conservación de la variabilidad genética, y la reducción del efecto ambiental en la selección, lo que garantiza que los individuos seleccionados posean una mejor base genética. Esta técnica ha sido ampliamente implementada en programas de mejoramiento genético de maíz y otras especies alógamas, debido a su eficacia para manejar poblaciones genéticamente diversas (Gardner, 1960).

Larcher (1976) añade que este proceso debe mantenerse durante varias generaciones a través de una selección continua, hasta alcanzar un punto en que el diferencial de selección se agote. Para evaluar el progreso, es común incluir ensayos de rendimiento con mezclas balanceadas de los distintos ciclos, además de la variedad original y algunos híbridos testigos. Este procedimiento permite medir de forma precisa la ganancia atribuible a la selección.

Sumar (1993) explica que, en las variedades de polinización libre, propias de plantas alógamas, existe una gran diversidad genética, lo cual implica que cada planta se comporta casi como un híbrido distinto. Dado que en estos casos solo se conoce el progenitor femenino, el origen del polen utilizado para la fecundación es incierto, lo cual

puede introducir genes no deseados. Para contrarrestar estos efectos, se recomienda manejar poblaciones de tamaño considerable, de manera que los impactos negativos de la endogamia sean mínimos.

Poelhman (1981) coincide en que, en especies con alta heterocigosis, como el maíz, no es viable conformar nuevas variedades a partir de individuos únicos, ya que la segregación genética y la polinización cruzada dificultan la conservación del tipo genético del progenitor. Por tanto, es necesario mantener una amplia base genética que garantice el vigor de la población.

Finalmente, Nevado y Sevilla (1976) destacan la importancia de considerar las condiciones agroecológicas en el proceso de selección. Mientras que en regiones con clima homogéneo se pueden desarrollar variedades de alto rendimiento con tecnologías estandarizadas, en zonas agrícolas de alto riesgo, como la sierra peruana, resulta prioritario seleccionar variedades con buena estabilidad de rendimiento ante variaciones ambientales, para asegurar su adaptación y desempeño constante en condiciones variables.

### ***1.12.2. Mejoramiento por selección masal***

Allard (1980) plantea que el objetivo central de la selección masal consiste en incrementar la proporción de genotipos superiores dentro de una población, mediante un esquema de apareamiento aleatorio acompañado de selección fenotípica, cuya eficacia depende del número de genes implicados y de la heredabilidad del carácter. Este tipo de selección ha sido particularmente útil en caracteres de fácil observación o medición, permitiendo su aplicación para desarrollar variedades con fines específicos o para adaptar variedades mejoradas a nuevos entornos de cultivo. El autor también señala que los cambios obtenidos en el maíz, a través de esta técnica, evidencian cómo influye sobre la morfología, adaptación y rendimiento, así como el papel que juega la hibridación entre variedades y la reducción en el tamaño poblacional en estos procesos.

Poelhman (1981) concuerda en que este método de mejoramiento se basa en la selección de plantas individuales con características deseables, cuyas semillas se mezclan para originar la próxima generación. Al tratarse de una selección basada exclusivamente en el fenotipo apariencia externa y características visibles, la polinización de las plantas

seleccionadas no se controla, lo que impide evaluar el comportamiento de la descendencia o progenie. Aun así, esta técnica ha sido una de las más antiguas y utilizadas en especies de polinización cruzada como el maíz, y ha sido adoptada incluso por agricultores tradicionales al seleccionar manualmente las mejores mazorcas para la siguiente siembra.

Este tipo de selección, a pesar de estar basada en características visibles, busca incrementar la frecuencia de genotipos favorables. Su efectividad está condicionada por la medida en que el fenotipo refleja con fidelidad al genotipo. Se ha mostrado particularmente eficiente para caracteres cuantitativos que pueden ser observados a simple vista, como precocidad, altura de planta, tamaño de mazorca, tipo de grano o contenido de aceite, lo cual ha permitido desarrollar variedades adaptadas a diferentes condiciones. Sin embargo, esta técnica resulta menos precisa para mejorar caracteres como el rendimiento, ya que este se ve fuertemente influenciado por factores ambientales, lo que dificulta su selección efectiva mediante observación visual.

Entre las ventajas de la selección masal destaca su simplicidad operativa y su utilidad tanto para crear nuevas variedades como para mantener la pureza genética de poblaciones en especies alógamas. Ha sido un método ampliamente utilizado para conservar semillas de variedades de maíz de polinización libre.

Según Brauer (1973), la selección masal es probablemente el método más antiguo de selección genética, consistente en seleccionar plantas con rasgos deseables, recolectar sus semillas, mezclarlas y sembrarlas conjuntamente. Esta práctica, repetida generación tras generación, modifica gradualmente la composición genética de la población, en la medida en que los caracteres seleccionados tengan alta heredabilidad y baja influencia ambiental. Por tanto, su eficacia depende de lo bien que se pueda desviar esa composición genética hacia el objetivo de mejoramiento.

Arboleda (1973) logró obtener con esta técnica una ganancia de 10.25 % por ciclo en rendimiento, cuando la población fue seleccionada y evaluada en ambientes óptimos, y de 5.34 %, cuando la selección se realizó en ambientes diversos, buenos y adversos. Estos resultados reflejan que la eficiencia del método también puede variar según el entorno en el que se aplique la selección.

Nevado y Sevilla (1976) subrayan que, en regiones con clima homogéneo, la aplicación de tecnologías permite seleccionar variedades con alto rendimiento y buena respuesta ambiental. Sin embargo, en zonas de alto riesgo agroclimático, como la sierra peruana, es más recomendable seleccionar variedades con rendimientos estables y consistentes en diversos ambientes, que aseguren una mejor adaptación al contexto agroecológico.

#### **a) Simple**

Chávez (1995) señala que la selección masal simple, una de las técnicas más antiguas y accesibles dentro del fitomejoramiento, se fundamenta en la selección visual de individuos con características fenotípicas deseables, constituyendo así la unidad de selección. A pesar de su simplicidad metodológica, este procedimiento ha adquirido relevancia dentro del mejoramiento poblacional del maíz, especialmente en programas orientados a poblaciones de polinización abierta.

De acuerdo con Cubero (1999), esta técnica implica la identificación y selección de plantas o familias que expresen los rasgos agronómicos deseados, cuyas semillas se mezclan para formar la base de siembra de la siguiente generación. Este proceso de selección cíclica se repite durante varias generaciones hasta consolidar una población con características genéticas ajustadas a los objetivos de selección.

Según Librogen (2004), el principio fundamental de esta estrategia es combinar las semillas de los mejores individuos fenotípicamente identificables, lo que da como resultado una nueva población con mayor homogeneidad en los caracteres seleccionados. No obstante, su eficacia se limita a caracteres cualitativos simples, es decir, aquellos fácilmente observables, como el color del grano o la textura. Por el contrario, su rendimiento es limitado cuando se pretende seleccionar caracteres cuantitativos, los cuales están regulados por múltiples genes y pueden estar fuertemente influenciados por el entorno.

En ese sentido, Caicedo (2001) advierte que, aunque esta técnica resulta poco eficiente para mejorar el rendimiento, debido a la confusión entre la variación genética real y otros factores como la heterogeneidad del suelo o la distribución desigual de

plantas, sí puede ser útil en la selección de caracteres con alta heredabilidad como el ciclo de madurez o la estructura del grano.

### **b) Estratificada**

La selección masal estratificada es una estrategia de mejoramiento genético que busca minimizar la interacción genotipo-ambiente, al seleccionar de forma individual plantas dentro de subdivisiones homogéneas (sublotes) contenidas en un lote general, lo cual permite una mayor precisión en la evaluación del rendimiento (Gardner, 1961; citado por Caicedo, 2001). Este método fue desarrollado con el propósito de reducir los efectos ambientales que alteran la expresión fenotípica de los caracteres, especialmente el rendimiento, enfocándose en plantas que compiten en condiciones similares.

Chávez (1995) sostiene que para garantizar que la selección refleje el verdadero potencial genético y no una respuesta al ambiente, es necesario establecer condiciones de cultivo óptimas. Entre los factores claves que deben controlarse están: una fertilización adecuada, el uso de cultivos previamente adaptados al medio, la disponibilidad equilibrada de humedad durante el ciclo de desarrollo, y el control fitosanitario efectivo para reducir la presión de plagas y enfermedades.

Este enfoque mejora la eficiencia de la selección fenotípica al reducir la variabilidad inducida por el entorno, permitiendo así una selección más precisa de genotipos con características superiores dentro de una población heterogénea.

El método convergente-divergente se fundamenta en la conformación de un compuesto balanceado a partir de la recolección de semillas provenientes de distintas localidades. Este compuesto es sometido a polinización libre, y posteriormente, las poblaciones segregantes resultantes son distribuidas nuevamente a cada localidad de origen, con el propósito de realizar procesos de selección que permitan la obtención de nuevas variedades adaptadas localmente. Este procedimiento requiere de múltiples ciclos de cruzamientos dirigidos entre poblaciones (convergencia) y de selección específica en ambientes contrastantes (divergencia), con el fin de ampliar la base genética del germoplasma (Chávez, 1995). Para su implementación eficaz, es indispensable delimitar una región geográfica extensa que contemple una alta variabilidad ambiental —como

diferencias en temperatura, tipo de suelo y humedad—, además de contar con una población base genéticamente diversa, lo que favorece una mayor respuesta a la selección.

### ***1.12.3. Estimado de los componentes genéticos del maíz***

Sprague (1966), citado por Lankey y Edwards (1997), señala que la comprensión de la acción genética ha sido fundamental para el análisis de los distintos tipos de variancia genética dentro de poblaciones vegetales, especialmente mediante estudios de progenies. En esa misma línea, Dudley y Moll (1969) explican que la variancia fenotípica corresponde a la variabilidad total observable entre los individuos, considerando una gama amplia de condiciones ambientales. Esta variancia total puede descomponerse en dos componentes clave: la variancia genética propiamente dicha, que se atribuye a las diferencias genotípicas, y la interacción genotipo-ambiente, que refleja las variaciones en la expresión de genotipos similares en diferentes condiciones ambientales.

De acuerdo con estos autores, la variancia genética total se subdivide en tres componentes: la variancia genética aditiva, la variancia por dominancia y la variancia epistática. La variancia aditiva es aquella parte que resulta de los efectos medios de sustitución alélica en loci individuales y no implica necesariamente acción genética aditiva pura, ya que puede derivarse de genes que presenten dominancia o epistasis. Por otro lado, la variancia de dominancia corresponde a la porción de la variancia intralocus que permanece luego de sustraer la variancia aditiva, mientras que la variancia epistática representa la interacción entre distintos loci (interlocus), que no puede explicarse únicamente con los efectos aditivos o de dominancia.

En estudios realizados con maíz blanco amiláceo, Quispe (1999) reportó altos niveles de heredabilidad para caracteres agronómicos como el rendimiento (0.91), altura de planta (0.79), altura de mazorca (0.80), longitud de mazorca (0.85) y número de granos por hilera (0.83). Estos valores reflejan un fuerte control genético de dichos rasgos, evidenciado también en las estimaciones de variancia genética: 0.046 m para altura de planta, 0.038 m<sup>2</sup> para altura de mazorca, 5.61 cm<sup>2</sup> para longitud de mazorca, 0.068 m<sup>2</sup> para diámetro de mazorca, 0.635 u<sup>2</sup> para número de hileras por mazorca y 15.84 u<sup>2</sup> para número de granos por hilera. Dichos resultados demuestran el potencial del fitomejoramiento al utilizar poblaciones con alta variabilidad genética y heredabilidad significativa.

### **1.13. Genética del maíz morado**

Zambrano (2011) sostiene que el maíz presenta una elevada tendencia a la alogamia, con niveles que oscilan entre el 60 % y el 90 %, siendo esta condición fuertemente influenciada por el viento, la presencia de insectos polinizadores y la cantidad de polen disponible. En este sentido, se estima que aproximadamente el 95 % de los óvulos de una inflorescencia femenina son fecundados mediante polinización cruzada, mientras que solo un 5 % corresponde a autofecundación. Este fenómeno explica por qué, incluso a distancias considerables —de hasta un kilómetro—, es común observar en las mazorcas granos de distinto color, como sucede con el maíz blanco (Zambrano, 2011).

En las especies alógamas, como el maíz, cuya estructura genética es predominantemente heterocigótica, no suele recurrirse al uso de plantas individuales para desarrollar nuevas variedades. Esto se debe a que la segregación genética y la polinización cruzada dificultan la conservación estable del genotipo parental dentro de sus progenies (Zambrano, 2011).

En lo que respecta a la herencia del color en el maíz morado, Elías y Gamero (1988) indican que esta característica está determinada por la acción de genes específicos que se expresan durante el proceso de fecundación. Particularmente, los genes A, B, Pl y Rch son los responsables de la manifestación del pigmento morado. Si alguno de estos genes no está presente o se encuentra inhibido, la coloración característica no se expresa en la planta.

### **1.14. Características genéticas del maíz morado**

De acuerdo con Sevilla y Valdéz (1985), dentro del grupo del maíz morado se encuentra una gran diversidad de variedades, las cuales presentan diferencias notables en aspectos morfológicos tales como la forma y el tamaño de las mazorcas, el número de hileras por mazorca, así como en las características del pericarpio de los granos, incluyendo su tamaño, forma y coloración.

Por su parte, Manrique, citado por Almeida (2012), sostiene que la coloración morada característica del maíz nativo no es el resultado de un único gen, sino de una interacción compleja de múltiples genes distribuidos en distintos cromosomas. Esta acción genética da lugar a la producción de pigmentos antocianicos de diversos colores

que, al combinarse, generan el distintivo tono morado, producto de la mezcla de pigmentos rojos y azules.

En cuanto a sus propiedades funcionales, Oscanoa y Sevilla (2010) destacan que el maíz morado posee una alta concentración de compuestos fenólicos y antocianinas, especialmente cianina-3-glucosa (C3G), lo cual le confiere un notable poder antioxidante, además de beneficios bioactivos y funcionales.

Según Lavado et al. (2013), la mazorca del maíz morado está compuesta por un 80 % de granos y un 20 % de marlo (o coronta). La utilidad principal de esta variedad reside en su capacidad colorante, siendo el marlo la parte que concentra el mayor contenido de pigmentos y por tanto, el mayor poder tintóreo.

## **1.15. Manejo agronómico del maíz morado**

### ***1.15.1. Selección del terreno***

Vásquez (2000) indica que los suelos ideales para el cultivo de maíz deben presentar un alto nivel de fertilidad, con un contenido de materia orgánica entre 2.5 % y 4 %, además de un pH cercano a la neutralidad (alrededor de 7), una buena capacidad de drenaje y adecuada aireación del perfil edáfico para favorecer el desarrollo radicular.

De igual modo, el Ministerio de Agricultura (1992) resalta que los suelos con textura franca resultan óptimos para este cultivo, ya que permiten un crecimiento eficiente del sistema radicular, favoreciendo la absorción de agua y nutrientes. Asimismo, se recomienda seleccionar terrenos sueltos, con buen drenaje y con un historial de rotación de cultivos, lo cual contribuye a prevenir problemas estructurales y sanitarios, como la caída de plantas.

### ***1.15.2. Preparación del terreno***

Fopex (1985) sostiene que el cultivo de maíz, al igual que otras especies agrícolas, se beneficia significativamente de una adecuada y profunda preparación del terreno. Este proceso permite que las semillas se depositen en un suelo bien oxigenado, con un nivel óptimo de humedad y una estructura suficientemente fina, lo cual garantiza un contacto eficiente entre la semilla y el sustrato. Esta condición mejora la germinación y facilita la emergencia de las plántulas. En el caso específico del maíz morado, una labranza eficiente

no solo promueve la emergencia uniforme de las plantas, sino también un buen desarrollo radicular, lo que contribuye a un mejor establecimiento del cultivo.

### ***1.15.3. Abonamiento y fertilización***

Manrique (1997) señala que el abonamiento del cultivo de maíz morado debe realizarse de manera uniforme, recomendando una dosis estándar de 180-80-60 kg/ha de NPK. Este debe aplicarse en forma fraccionada: durante la siembra se debe incorporar 90-80-60 al fondo del surco, utilizando aproximadamente 196 kg de urea, 400 kg de superfosfato de calcio y 100 kg de cloruro de potasio. Posteriormente, antes del aporque, se deben aplicar los 90 kg de nitrógeno restantes en forma mineral, mediante el uso de 273 kg de nitrato de amonio o 450 kg de sulfato de amonio.

De manera complementaria, Fopex (1985) advierte que la fertilidad de los suelos tiende a disminuir progresivamente debido a las cosechas continuas que agotan sus reservas nutricionales, razón por la cual es fundamental aplicar fertilizantes para restituir su capacidad de producción agrícola.

### ***1.15.4. Elección de la semilla***

Vásquez (2000) sostiene que en el mercado agrícola se dispone de una amplia oferta de semillas mejoradas y certificadas. Este tipo de semilla asegura al agricultor la autenticidad varietal del material adquirido, garantizando una pureza genética de entre 96 % y 100 %, así como un poder germinativo que oscila entre 95 % y 100 %. Además, se requiere que las semillas estén libres de organismos patógenos y plagas, lo cual contribuye significativamente a la sanidad del cultivo desde su establecimiento.

### ***1.15.5. Siembra***

Según Manrique (1997), la elección del momento adecuado para sembrar maíz varía según las particularidades climáticas y ecológicas de cada región o subregión, considerando factores como la temperatura ambiental, la disponibilidad de agua y la presencia de plagas o enfermedades. En la misma línea, Llanos (1984) resalta que la fecha de siembra debe estar condicionada por las características climáticas del año agrícola y por la duración del ciclo fenológico de la variedad utilizada. Por su parte, el INIA (2007) recomienda realizar la siembra del maíz morado en suelos bien preparados, con niveles

adecuados de humedad y a una profundidad uniforme que no exceda los 10 cm, con el fin de asegurar una germinación y emergencia homogéneas.

#### ***1.15.6. Riego***

El maíz es una especie con alta demanda hídrica, por lo que resulta fundamental evitar que experimente estrés por falta de agua durante las fases críticas de polinización, formación del grano y maduración de la mazorca (Fopex, 1985). En el caso específico del maíz morado, el riego suele aplicarse cada 10 a 12 días, dependiendo de las condiciones climáticas y del tipo de suelo. Durante el periodo de floración y panojamiento es crucial asegurar el suministro hídrico, recomendándose un volumen aproximado de 8 a 10 m<sup>3</sup> de agua por hectárea (INIA, 2007). En regiones altoandinas, el cultivo se desarrolla mayormente con el aporte de lluvias estacionales, complementándose con riego por gravedad, especialmente durante la preparación del terreno, la siembra y las primeras fases del crecimiento del cultivo (Catalán, 2012).

#### ***1.15.7. Control de malezas***

Durante el establecimiento del cultivo de maíz, es fundamental mantener el campo libre de malezas, particularmente durante los primeros 45 días, ya que en este periodo inicial la planta es altamente susceptible a la competencia por recursos esenciales como agua, nutrientes y luz. La eliminación oportuna de las malezas, mediante deshierbes manuales o control químico, resulta crucial para evitar pérdidas significativas en el rendimiento. En ese sentido, se recomienda el uso de herbicidas selectivos a base de Atrazina para un control eficaz (INIA, 2007). Además, se ha identificado que las malezas que emergen después del aporque no afectan gravemente la productividad del cultivo, aunque representan un riesgo sanitario al funcionar como reservorios de insectos vectores de virus fitopatógenos.

#### ***1.15.8. Desahije***

El aclareo es una práctica agronómica que permite establecer la densidad óptima de siembra en el cultivo. Esta labor consiste en eliminar las plantas que exceden el número deseado en cada golpe o sitio de siembra, y debe ejecutarse cuando las plántulas alcanzan una altura aproximada de 20 centímetros. El procedimiento implica conservar únicamente una a tres plantas que presenten mayor vigor en cada sitio (Sevilla & Valdez, 1985).

### **1.15.9. Aporque**

El aporque es una práctica agrícola que consiste en mover la tierra desde el lomo o camellón de los surcos hacia la base del tallo del maíz, con el propósito de mejorar el anclaje de la planta mediante el desarrollo de raíces en los nudos inferiores. Esta técnica incrementa la resistencia al vuelco causado por el viento o por un exceso de humedad en el suelo (Fopex, 1985). Generalmente, se realizan dos aporques en momentos estratégicos: el primero cuando las plantas alcanzan aproximadamente 30 cm de altura y el segundo cuando miden entre 40 y 50 cm. Esta labor contribuye a mejorar el soporte de las plantas, facilita la aireación de las raíces, permite la incorporación del segundo aporte de nitrógeno, controla malezas y plagas, y favorece el buen desarrollo del cultivo (Catalán, 2012).

### **1.15.10. Control de plagas y enfermedades**

En términos generales, el cultivo de maíz no suele enfrentar un nivel de infestación por plagas tan elevado como ocurre en otros cultivos. No obstante, su incidencia tiende a incrementarse durante las siembras realizadas en la temporada primavera-verano, en especial cuando las temperaturas ambientales se mantienen elevadas. Según Fopex (1985), el maíz es vulnerable al ataque de diversos insectos desde la siembra hasta la cosecha, por lo que se recomienda aplicar medidas de control solo cuando estos organismos representan una amenaza significativa. El uso de insecticidas no siempre resulta necesario, ya que su aplicación sin justificación técnica, en casos de infestaciones leves, puede generar un aumento innecesario en los costos de producción. En esa misma línea, Manrique (1999) identifica una serie de plagas que afectan con mayor frecuencia al cultivo de maíz y que son consideradas de importancia económica.

**Tabla 1.2**

*Principales plagas que afectan al cultivo de maíz*

<b>Categoría de plaga</b>	<b>Nombre científico</b>
Gusanos de tierra o cortadores	<i>Feltia experta, Copitarsia turbata</i>
Perforadores del tallo	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>
Insectos que atacan la parte aérea	<i>Spodoptera frugiperda, Frankliniella williamsi, Diabrotica bicolor, Dalbulus maidis</i>
Insectos que dañan la mazorca	<i>Helicoverpa zea, Pococera atramentalis</i>

Manrique (1999) sostiene que el maíz morado, al ser una variedad amilácea originaria de la región andina, presenta una notable susceptibilidad frente al ataque de plagas y enfermedades a lo largo de todo su ciclo vegetativo. Esta vulnerabilidad se extiende desde la etapa de siembra hasta la cosecha, e incluso persiste durante el almacenamiento del grano.

#### ***1.15.11. Cosecha***

La cosecha del maíz morado implica recolectar las mazorcas separándolas manualmente de la planta y retirando las hojas envolventes, conocida como panca, proceso que suele realizarse cuando el grano alcanza aproximadamente un 30 % de humedad (Sevilla y Valdez, 1985). Según el INIA (2006), esta labor debe efectuarse cuando el grano ha alcanzado la madurez fisiológica, ya que un retraso en esta etapa incrementa el riesgo de pérdidas por ataque del insecto *Pagiocerus frontalis* o por daños provocados por la lluvia, como la germinación prematura o la pudrición de las mazorcas. Manrique (1999) explica que esta madurez se alcanza cerca de 40 días después de la floración, cuando los azúcares se transforman en almidón y el grano cambia de una consistencia lechosa a dura, momento en que también se estabilizan los pigmentos morados, indicando que está listo para ser recolectado. En condiciones del valle de Ayacucho, Requis (2012) añade que la cosecha se realiza cuando el contenido de humedad del grano se encuentra entre 30 % y 35 %, coincidiendo con el secado de las brácteas que cubren la mazorca. La recolección puede hacerse con plantas en pie o después de cortarlas, debiéndose secar las mazorcas hasta alcanzar el nivel de humedad adecuado para su almacenamiento.

#### ***1.15.12. Secado***

De acuerdo con el INIA (2006), antes de trasladar las mazorcas a los secaderos o tendales, es fundamental separar aquellas que presenten signos de pudrición para evitar la propagación de infecciones fúngicas. Además, se enfatiza que el proceso de secado debe realizarse con rapidez, evitando la exposición prolongada al sol, ya que ello puede ocasionar la pérdida de pigmentación en la tusa, parte esencial para su comercialización. En ese sentido, Manrique (1999) resalta que la intensidad y calidad de la coloración morada son los principales atributos comerciales del maíz morado, por lo que el secado debe ejecutarse mediante técnicas que aseguren la conservación del pigmento. Una alta humedad del grano, combinada con temperaturas elevadas, favorece la aparición de

enfermedades como la pudrición tanto del grano como de la tusa. Para contrarrestar estos riesgos, se recomienda implementar métodos de secado eficientes, como el uso de aire forzado o energía solar en estructuras sencillas. Algunas alternativas son: áreas secadoras caseras de tipo rectangular de 5 metros de largo por 1.5 metros de alto y 60 centímetros de ancho, construidas con mallas metálicas y soportes de madera; secado en silos mediante aire forzado (frío o caliente) con equipos especializados; y, de forma artesanal, mediante capas delgadas de mazorcas que deben ser volteadas diariamente (Manrique, 1999; INIA, 2006).

#### ***1.15.13. Almacenamiento***

Para una adecuada conservación del maíz morado, se recomienda almacenar las semillas, los granos o las mazorcas cuando presenten un contenido de humedad cercano al 14 %, en espacios seguros, secos, limpios y previamente desinfectados, con el fin de evitar la proliferación de hongos, roedores e insectos (INIA, 2010). Asimismo, según el INIA (2006), es imprescindible extremar las precauciones durante la aplicación de insecticidas en el almacén, debido a que el producto está destinado al consumo humano. Las condiciones óptimas para el almacenamiento incluyen ambientes con buena ventilación, temperaturas bajas cercanas a los 10 °C y una humedad relativa controlada entre 50 y 60 %, además de asegurar la protección frente a la presencia de roedores. Para el control específico del gorgojo del grano, se recomienda la utilización de pastillas de fumigantes como Photoxin o Gastión, dosificadas en función de la cantidad almacenada, es decir, una dosis por cada tonelada de grano o mazorca.

#### ***1.15.14. Comercialización***

El maíz morado es apreciado en el mercado debido a la presencia de pigmentos antocianicos concentrados en la tusa, siendo más valoradas aquellas mazorcas que presentan una coloración morada intensa, ya que son preferidas por los intermediarios y compradores (INIA, 2006). Para que este producto represente una oportunidad sostenible de ingreso para los agricultores y logre posicionarse en el mercado de exportación, debe cumplir con estándares de calidad específicos. Entre las formas recomendadas de presentación se incluye el maíz morado en mazorca, el cual debe estar seco, con un contenido de humedad entre el 12 % y 14 %, libre de enfermedades, limpio y adecuadamente envasado. Asimismo, se puede comercializar la coronta o tusa del maíz morado con características similares de humedad y sanidad, representando entre el 16 %

y 20 % del rendimiento total de mazorcas. Con un manejo agronómico eficiente y el uso de semillas mejoradas, es posible alcanzar rendimientos de 1 200 a 1 600 kg/ha de tusa, cuyo valor en el mercado internacional rondaba los 3,24 dólares por kilogramo en 2006, generando ingresos estimados entre 3 500 y 5 000 dólares por hectárea. Otra alternativa rentable para los productores consiste en la venta de coronta molida, lo cual requiere organización y valor agregado para maximizar las ganancias (INIA, 2006).

#### **1.16. Rendimiento, caracteres de planta y mazorca**

Sevilla (1978) realizó una recopilación de los resultados obtenidos a través de los ensayos de selección desarrollados en el marco del Programa Cooperativo de Investigación en Maíz (PCIM), en los cuales se trabajó con 28 variedades o poblaciones. Los datos indicaron que, luego de tres a cuatro ciclos de selección, se logró un incremento en la productividad de aproximadamente un 20 % (Sevilla, 1973). En relación con ello, FOPEX (1985) diferencia los rendimientos de las variedades tradicionales cultivadas por pequeños productores los cuales, en muchas ocasiones, no superan los 2 000 kg/ha y pueden llegar a estar por debajo de los 1 000 kg/ha cuando no se emplean fertilizantes, del potencial productivo alcanzado por variedades mejoradas bajo condiciones óptimas. Estas últimas evidencian incrementos de rendimiento significativos gracias a los avances en selección genética. Un ejemplo de ello es la población PMV-581, la cual, tras cuatro ciclos de selección por el método mazorca-hilera, mostró un aumento del 20 % en su productividad respecto a la población base. Además, se ha determinado que una adecuada elección de la época de siembra, un manejo oportuno de malezas y una fertilización eficiente, constituyen prácticas agronómicas fundamentales para maximizar el rendimiento de este cultivo (FOPEX, 1985).

#### **1.17. Exportación del maíz morado**

El territorio peruano cuenta con condiciones geográficas y climáticas favorables para el cultivo del maíz morado, lo cual le otorga una ventaja comparativa como proveedor exclusivo de un cultivo ancestralmente ligado a la cultura del país. Este producto, con creciente reconocimiento por sus efectos benéficos sobre la salud humana, tiene un alto potencial para posicionarse en mercados internacionales, siempre que se implemente un manejo agronómico adecuado. Su proyección internacional se fundamenta en la demanda creciente por alimentos funcionales, que además de su valor nutricional, poseen propiedades bioactivas (Chichizola et al., 2007).

El volumen de exportación del maíz morado continúa en ascenso, siendo valorado globalmente no solo como alimento o insumo medicinal, sino también por su utilidad como colorante natural en diversas industrias como la cosmética y textil. Entre sus principales formas de exportación destacan el grano seco y la tusa, que sirven como materia prima para la extracción de pigmentos. Además, la coronta micro pulverizada es transformada en polvo fino de color púrpura o en extracto concentrado, ambos utilizados como colorantes naturales.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Ubicación del experimento**

La investigación experimental fue realizada en el Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Este centro se localiza en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en la provincia de Huamanga, al este de su capital, a una altitud de 2750 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas del lugar son 13°08'51" de latitud sur y 74°32' de longitud oeste, con una pendiente que oscila entre el 1.0% y el 2.5%. El trabajo de campo se llevó a cabo entre los meses de septiembre de 2020 y marzo de 2021.

#### **2.2. Condiciones ecológicas**

Según Onern (1984), citado por Paucarima (2007), el clima de la provincia de Huamanga se clasifica como una estepa espinosa montano bajo subtropical (ee-MBS), caracterizado por condiciones secas, con temperaturas frías y templadas. Este ecosistema presenta una precipitación pluvial media anual entre 250 y 500 mm, y una biotemperatura promedio que varía de 12 °C a 15 °C. Se encuentra dentro de un piso ecológico situado entre los 2200 y 3200 metros sobre el nivel del mar. Predomina una atmósfera seca que favorece el calentamiento del suelo y del aire, generando una baja presión atmosférica. Esta situación propicia corrientes convectivas que elevan las gotas de agua, provocando su solidificación y dando lugar a eventos climáticos adversos como granizadas o heladas, los cuales pueden perjudicar los cultivos.

#### **2.3. Características físico químicas del suelo**

Con la finalidad de evaluar el estado nutricional del suelo utilizado como sustrato en el experimento desarrollado en Canaán, se recolectaron 20 muestras de la capa superficial del terreno (hasta una profundidad de 0,25 m), en diferentes puntos del área de estudio. Posteriormente, las muestras fueron homogenizadas para conformar una

muestra compuesta de aproximadamente un kilogramo. Esta fue enviada al laboratorio de suelos “Nicolás Roulet”, perteneciente al Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se realizó el análisis correspondiente. Los resultados se presentan en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1**

*Análisis físico químico del suelo del Centro Experimental Canaán- UNSCH, 2735 msnm - Ayacucho, 2020*

<b>Componentes</b>	<b>Valores</b>	<b>Método</b>	<b>Interpretación</b>
pH	7.48	Po Potenciómetro	ligeramente alcalino
Materia Orgánica (%)	2.03	Walkley y Black	Medio
Nitrógeno total (%)	0.1	Kjeldahl	Pobre
Fósforo disponible (ppm)	14.3	BrayKurtz I	Medio
Potasio disponible (ppm)	46.3	Turbidimetria	Bajo
Clase textural	-----	Hidrómetro	Arcilloso

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

Según los resultados obtenidos del análisis de suelo realizado en el área experimental del Centro Experimental Canaán - Ayacucho, se determinó que el suelo presenta una textura arcillosa y una reacción ligeramente alcalina. En cuanto a su fertilidad, se observó un contenido medio de materia orgánica, niveles bajos de nitrógeno disponible, una disponibilidad media de fósforo y una baja concentración de potasio.

#### **2.4. Características del clima**

En la región de Huamanga, Ayacucho, las temperaturas oscilan entre los 18 y 23 °C, siendo el periodo de lluvias comprendido entre noviembre y marzo, mientras que los meses de junio y julio presentan descensos térmicos considerables con frecuentes heladas, lo que representa un riesgo para cultivos establecidos en áreas abiertas sin protección natural (INIA, 2007). Los registros meteorológicos fueron obtenidos de la estación climática del INIA, ubicada a 2735 m s.n.m., con coordenadas geográficas aproximadas de 13° 10' 9'' de latitud sur y 74° 12' 82'' de longitud oeste. Estos datos fueron utilizados para la elaboración del balance hídrico.

Durante el desarrollo del experimento (de octubre de 2013 a abril de 2014), se observaron temperaturas que fluctuaron entre los 7.2 y 28.6 °C, con el valor mínimo registrado en abril y el máximo en noviembre. La temperatura media mensual máxima fue de 27.89 °C, la media general fue de 17.96 °C y la mínima promedio mensual alcanzó los 8.03 °C, siendo los meses más cálidos octubre, noviembre y diciembre de 2018, así como marzo de 2019.

En ese mismo periodo, la precipitación acumulada fue de 594.40 mm, con un rango mensual que varió entre 27.4 y 155.2 mm, alcanzando su punto más alto en enero y el más bajo en abril de 2019. Las lluvias más intensas se concentraron entre diciembre de 2018 y marzo de 2019, mientras que el resto de los meses presentaron precipitaciones escasas.

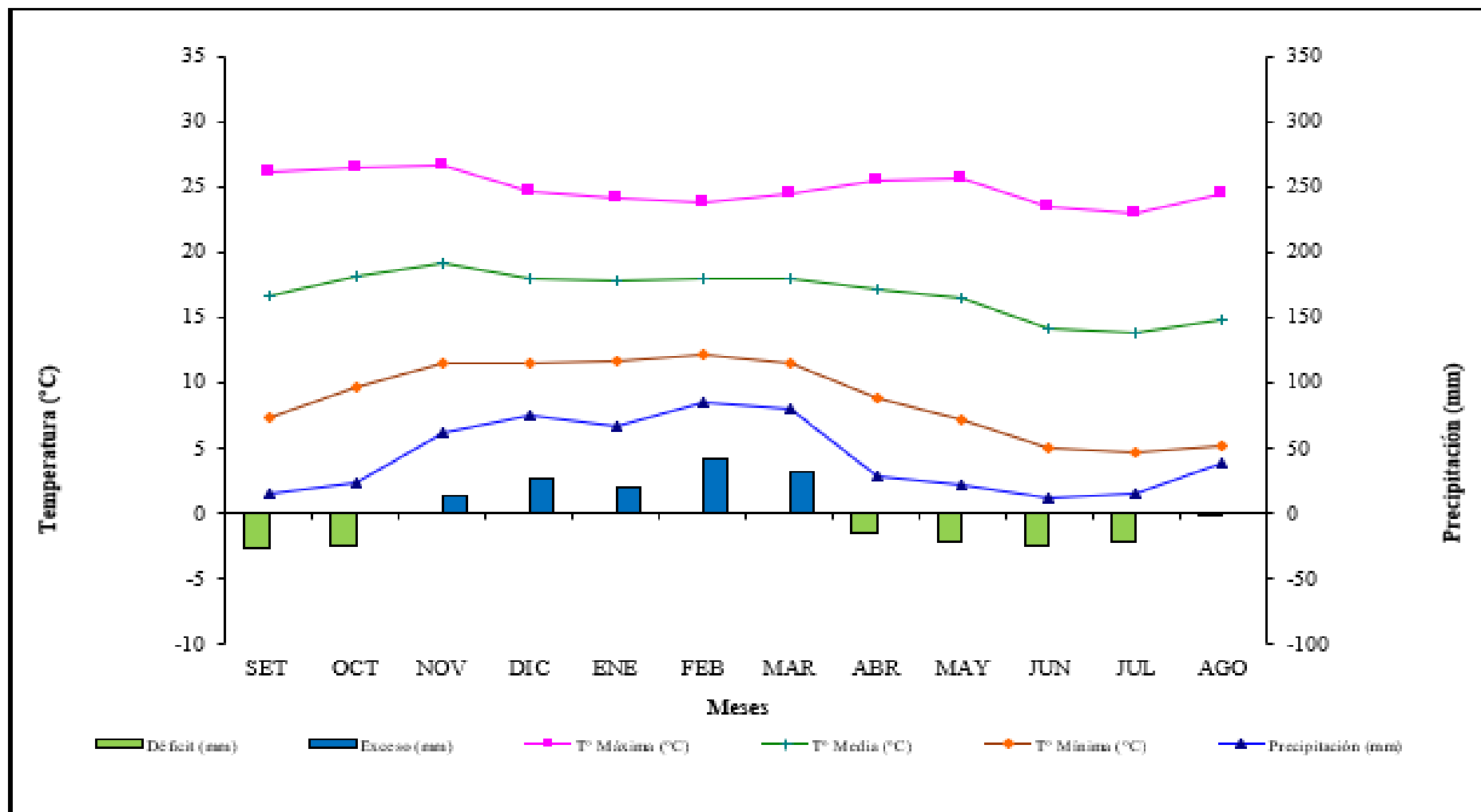
**Tabla 2.2***Datos climatológicos correspondiente a la campaña agrícola 2020 – 2021 de la estación meteorológica de IINIA, Ayacucho*

Estación	: INIA		
Región	: Ayacucho	Latitud	: 13°10'09" s
Provincia	: Huamanga	Longitud	: 74°12'82" w
Distrito	: AACD	Altitud	: 2735 msnm

Meses	2020					2021							Total	Prom.
	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May		
T° Máxima media mensual (°C)	25,4	25	28	27,6	28,4	28,6	28	27,8	27,2	28,2	27	27		
T° Mínima media mensual (°C)	4,8	4,4	4,8	6,2	8	8	8,2	7,6	9	8,2	7,2	6		
T° Media mensual (°C)	15,1	14,7	16,4	16,9	18,2	18,3	18,1	17,7	18,1	18,2	17,1	16,5		
Factor	4,8	4,96	4,96	4,8	4,96	4,8	4,96	4,96	4,64	4,96	4,8	4,96		
ETP (mm)	72,48	72,91	81,34	81,12	90,27	87,84	89,78	87,79	83,98	90,27	82,08	81,84	1002	0,67
Precipitación (mm)	2,8	8,4	34,5	14,9	51,7	60,1	127,7	155,2	101,7	70,6	27,4	15,5	670,5	
ETP Ajustado(mm)	48,51	48,8	54,45	54,3	60,42	58,8	60,09	58,76	56,22	60,42	54,94	54,78		
Humedad de suelo (mm)	-45,7	-40,4	-20	-39,4	-8,72	1,3	67,61	96,44	45,48	10,18	-27,5	-39,3		
Exceso (mm)						1,3	67,61	96,44	45,48	10,18				
Déficit (mm)	45,71	40,4	19,95	39,4	8,72						27,54	39,28		

**Figura 2.1**

*Diagrama ombrotérmico T° vs PP y balance hídrico, Elaborado con información de la estación Meteorológica INIA – Ayacucho*



## 2.5. Material genético empleado

El material genético utilizado en el presente experimento correspondió al séptimo ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays*), desarrollado en el Centro Experimental Canaán (Ayacucho), ubicado a 2750 m s.n.m. Este compuesto fue establecido originalmente durante el periodo agrícola 2017-2018 y está conformado por una mezcla balanceada de variedades de maíz morado de libre polinización, incluyendo el PMV 581 (proporcionado por la Universidad Nacional Agraria La Molina), Negro Canaán (INIA) y morado arequipeño. El material se cultivó en la jurisdicción del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

Este compuesto genético se caracteriza por un periodo vegetativo que oscila entre los 150 y 160 días hasta alcanzar la madurez fisiológica, y presenta una amplia variabilidad tanto en aspectos morfológicos como productivos.

**Tabla 2.3**

*Características del compuesto de maíz morado*

<b>Característica</b>	<b>Valores</b>
Altura de planta	: 280 ± 30 cm
Altura a la mazorca	: 176 ± 18 cm
Forma de mazorca	: Cilíndrica
Color de grano	: Negro
Color de tuza	: Morado oscuro
Numero de hileras	: 8 – 10 – 12
Numero de granos por hilera	: 30 a 34
Tipo de grano	: Amiláceo
Peso promedio de 1000 granos	: 420 gr.
Porcentaje de desgrane	: 80%
Color de la hoja	: Verde oscuro
Color de tallo	: Verde claro con jaspes purpuras
Color del estigma	: Amarillo
Color de la panoja	: Purpura claro
Número de mazorcas por planta	: 1 a 2 mazorcas por planta

Fuente: Tesis Espinoza (2017).

## **2.6. Descripción del campo experimental**

El experimento se estableció en un terreno de 1440 m<sup>2</sup>, el cual fue subdividido en 10 bloques, cada uno con dimensiones de 14,40 metros de ancho por 100 metros de largo. A su vez, cada bloque estuvo compuesto por seis parcelas, que constituyeron las unidades experimentales del estudio.

Cada unidad experimental fue organizada en tres surcos de 2,40 metros de ancho por 10 metros de longitud. En estos surcos se distribuyeron 75 golpes de siembra, con un distanciamiento de 0,40 metros entre ellos, depositándose tres semillas por golpe.

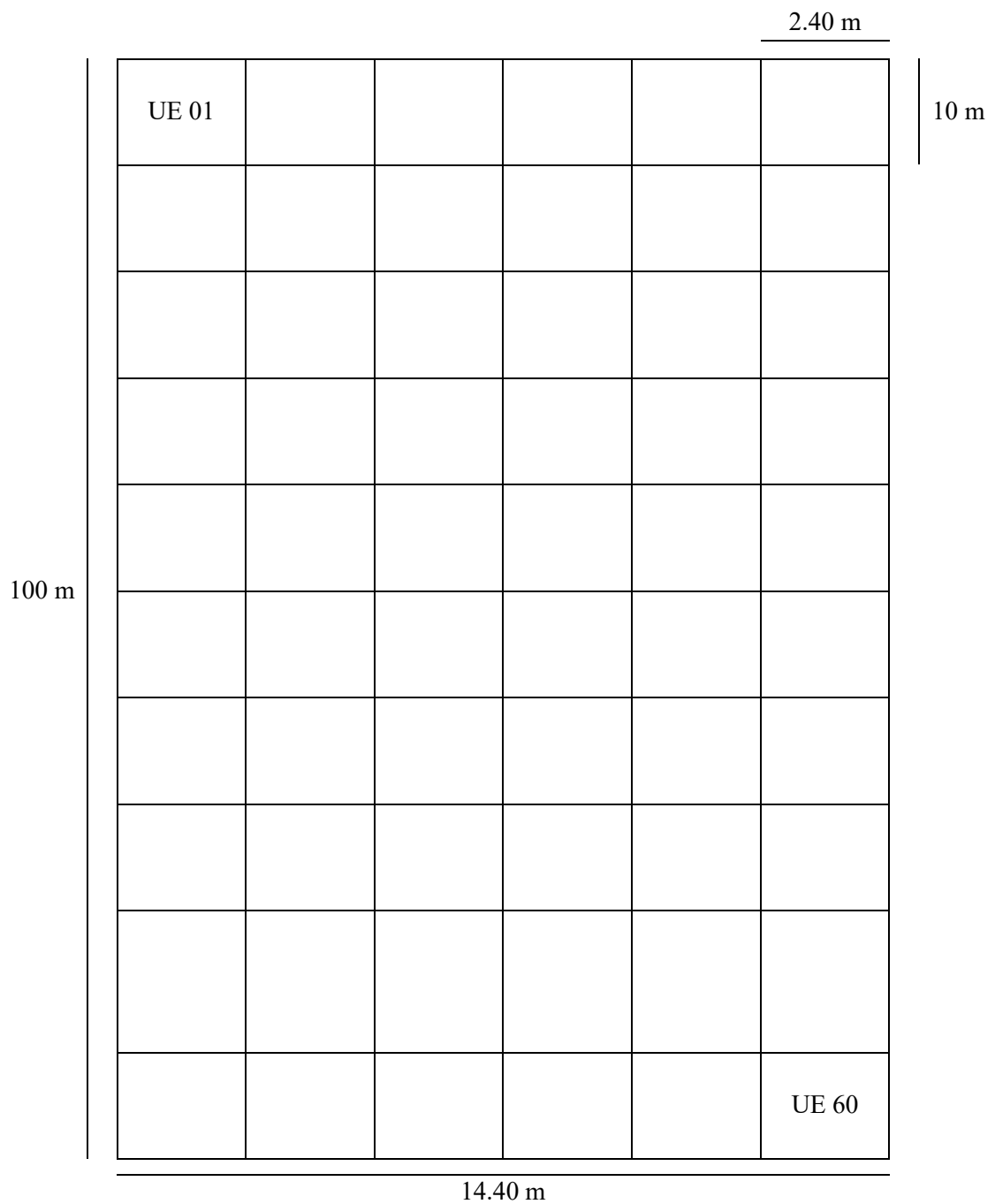
### **2.6.1. Características del campo experimental**

El campo experimental se compone de la siguiente manera:

- Ancho del campo : 14.40 m
- Largo del surco : 100.00 m
- Área neta : 1440 m<sup>2</sup>
- Surcos en estudio : 18
- Distanciamiento entre surcos : 0.80 m
- Distanciamiento entre plantas : 0.40 m
- N° de UE : 60
- Total de plantas evaluadas : 600

**Figura 2.2**

*Croquis del campo experimental*



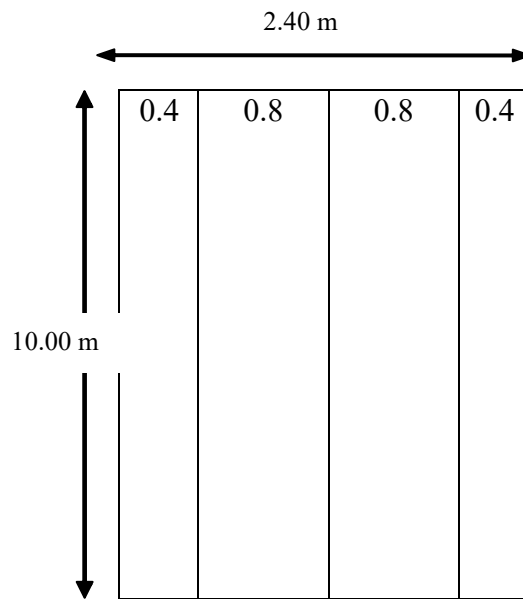
**2.6.2. Características de la unidad experimental (UE)**

- Largo (paralelo al surco) : 10 m
- Ancho (perpendicular al surco) : 2.40 m
- Área de la UE : 24 m<sup>2</sup>
- N° de surcos por parcela : 3
- Distanciamiento entre surcos : 0.80 m

- Distanciamiento entre plantas : 0.40 m
- N° de plantas por surco : 50
- N° de plantas por UE :150
- N° de muestra por UE : 10 Plantas
- Semillas por golpe : 03

**Figura 2.3**

*Croquis de la unidad experimental*



## **2.7. Instalación y conducción del ensayo**

### **2.7.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se efectuó con el uso de maquinaria agrícola, específicamente un tractor proporcionado por el Centro Experimental Canaán – Ayacucho de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Inicialmente se realizó una labor de arado con discos, seguida por el pase de rastra, con el objetivo de desmenuzar los terrones, aflojar y nivelar el suelo. Una vez concluida esta fase, el terreno quedó en condiciones óptimas para el surcado, se llevó a cabo el 20 de agosto de 2020.

### **2.7.2. Surcado**

Luego de acondicionar el terreno, el surcado se efectuó el 10 de septiembre de 2020, empleando una surcadora mecánica. Esta labor se realizó dejando una distancia de 0.80 metros entre surcos, conforme a los requerimientos agronómicos del cultivo.

### **2.7.3. Demarcación y estacado del terreno**

La delimitación de las unidades experimentales se realizó el 13 de septiembre de 2020. Con base en el croquis previamente diseñado, se llevó a cabo la demarcación de los bloques, parcelas, calles, así como los bordes de cabecera y laterales correspondientes, asegurando el orden y la precisión en la instalación del experimento.”

### **2.7.4. Siembra**

La siembra se llevó a cabo el 14 de septiembre de 2020, manteniéndose un espaciamiento de 0.80 metros entre surcos y 0.40 metros entre golpes. En cada golpe se depositaron tres semillas a una profundidad aproximada de 5 centímetros. Posteriormente, se procedió al tapado de las semillas utilizando herramientas manuales, asegurando una cobertura adecuada del material genético.”

### **2.7.5. Abonamiento**

La fertilización se realizó considerando los requerimientos de extracción del cultivo por hectárea, empleándose una fórmula de 120 kg/ha de nitrógeno (N), 100 kg/ha de fósforo (P) y 80 kg/ha de potasio (K). Como fuentes de nutrientes se utilizaron fertilizantes sintéticos: urea (46% de N), fosfato diamónico (18% de N y 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y cloruro de potasio (60% de K<sub>2</sub>O). La aplicación del fertilizante se realizó en dos etapas: la primera, al momento de la siembra, consistió en aplicar la mitad del nitrógeno junto con la totalidad del fósforo y el potasio; la segunda aplicación, correspondiente a la otra mitad del nitrógeno, se efectuó durante el aporque, depositando el insumo entre los golpes de siembra.

### **2.7.6. Riego**

El riego es una labor fundamental en el cultivo del maíz morado, dado que esta especie es altamente susceptible al déficit hídrico, lo que puede afectar negativamente su desarrollo y rendimiento. Por tal motivo, se estableció un programa de riegos conforme a las etapas fenológicas del cultivo y sus requerimientos hídricos. El primer riego se efectuó el 15 de septiembre de 2020, un día después de la siembra, con el objetivo de asegurar la humedad óptima para la germinación de las semillas. Cabe destacar que se utilizó el sistema de riego por goteo, el cual permitió una distribución eficiente del agua. Durante los meses de enero a marzo, debido a la ocurrencia regular de precipitaciones pluviales, la frecuencia de riego disminuyó.

### **2.7.7. Desahije**

Esta actividad se realizó el 15 de octubre del 2020, cuando las plantas tenían entre 20 y 25 cm. de altura, dejando en cada golpe dos plantas más vigorosas.

### **2.7.8. Deshierbo**

El control de malezas se llevó a cabo en los momentos oportunos, en función del desarrollo fenológico del cultivo, con el propósito de minimizar la competencia por nutrientes y otros factores que podrían incidir negativamente en el rendimiento del maíz. El primer deshierbo se efectuó de manera manual el 30 de octubre de 2020, mientras que el segundo se realizó durante la fase de floración femenina del cultivo.

### **2.7.9. Aporque**

El aporque se ejecutó manualmente en dos ocasiones. La primera intervención tuvo lugar el 4 de noviembre de 2020, coincidiendo con las labores de control de malezas. Utilizando azadones, se acumuló una cantidad significativa de tierra en la base de cada planta, con el objetivo de mejorar el anclaje de las raíces adventicias y prevenir el tumbado causado por el viento. Antes de realizar esta labor, se aplicó la segunda fracción del fertilizante nitrogenado, empleando urea agrícola como fuente principal.

### **2.7.10. Control de plagas y enfermedades**

El control fitosanitario se llevó a cabo el 18 de octubre de 2020, realizándose en el momento más adecuado conforme a las evaluaciones técnicas realizadas en el campo. Esta intervención respondió a la presencia significativa de plagas durante el desarrollo del experimento. Las especies con mayor incidencia fueron el cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.), el mazorquero (*Heliothis zea*) y el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*), siendo este último identificado principalmente durante el almacenamiento del grano.

### **2.7.11. Cosecha y despanque**

La cosecha del cultivo se efectuó el 16 de febrero de 2021, una vez que los granos de las mazorcas alcanzaron su madurez morfológica y fisiológica, evidenciada por la sequedad de las brácteas envolventes y un contenido de humedad aproximado del 20 %. La recolección se hizo de manera manual, seleccionando 10 mazorcas provenientes de plantas en condiciones de competencia homogénea, ubicadas en los tres surcos centrales

de cada unidad experimental. Posteriormente, las mazorcas fueron trasladadas al área de secado con el objetivo de alcanzar la humedad final requerida para su almacenamiento.

#### **2.7.12. Secado**

Después de la cosecha, las mazorcas de cada tratamiento fueron colocadas en el secadero del Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), donde permanecieron aproximadamente 35 días. Este proceso permitió alcanzar un contenido de humedad entre 12 y 13 %, nivel adecuado para prevenir infecciones fúngicas, como las causadas por hongos, que podrían afectar negativamente tanto la intensidad del color como la calidad del producto. Una vez secas, las mazorcas fueron sometidas a las evaluaciones respectivas y al proceso de desgrane.

#### **2.7.13. Almacenamiento**

La semilla obtenida al concluir el presente estudio fue almacenada en envases herméticos, luego de haber sido sometida a un control fitosanitario preventivo para evitar daños causados por el gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) (elaboración propia, 2025).”

### **2.8. Parámetros de evaluación**

#### **2.8.1. Longitud de la mazorca**

Esta característica se cuantificará en centímetros, midiendo la longitud comprendida desde la base hasta el extremo apical de la mazorca.

#### **2.8.2. Diámetro de la mazorca**

En este carácter, se midió el diámetro de la mazorca a la altura de su parte media, de forma perpendicular a su eje longitudinal, expresando el valor en centímetros.

#### **2.8.3. Número de hileras por mazorca**

Este carácter fue evaluado mediante el conteo del número de hileras presentes en cada mazorca correspondiente a los distintos tratamientos, calculándose posteriormente el promedio por mazorca.

#### **2.8.4. Número de granos por hilera**

El número de granos por hilera se determinó mediante el conteo individual en cada tratamiento, calculándose posteriormente el promedio correspondiente por mazorca.

#### **2.8.5. *Peso de la mazorca***

El peso de la mazorca se determinó incluyendo tanto los granos como la tusa, considerando un contenido de humedad aproximado del 14 % al momento del pesaje.

#### **2.8.6. *Peso de grano/mazorca***

Este parámetro fue evaluado luego de la cosecha, considerando mazorcas con un contenido de humedad cercano al 14 %. El valor registrado corresponde a la diferencia entre el peso total de la mazorca y el peso de la tusa.

#### **2.8.7. *Peso de tusa/ mazorca***

Para esta variable se utilizó únicamente la tusa, una vez retirados los granos de la mazorca, considerando un contenido de humedad aproximado del 14 %, expresando el peso en gramos.

### **2.9. Evaluación estadística**

Las observaciones del experimento fueron analizadas mediante un análisis de varianza, aplicando un Diseño Completamente Aleatorizado, el cual estuvo conformado por 10 bloques, cada uno con 6 unidades experimentales, sumando un total de 60 unidades experimentales. Cada parcela contó con 6 repeticiones. La cosecha se realizó en aquellas plantas que mostraron competencia perfecta, seleccionando las que presentaron mejores características en sus mazorcas.

De este proceso se obtuvo una población compuesta por 600 plantas, cuyas mazorcas fueron almacenadas individualmente en bolsas para la toma de datos correspondientes a los caracteres evaluados, con el propósito de conformar una variedad mejorada.

Para el análisis estadístico de los datos cuantitativos recolectados, se empleó un modelo aditivo lineal, destinado a la determinación de la variancia.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el estudio corresponden a la evaluación de ocho caracteres. Inicialmente, se presentan los datos relacionados con la selección de los genotipos de mejor desempeño, seguidos por el análisis de la relación entre el peso de la mazorca y otras características asociadas a la misma, así como la correlación entre los distintos caracteres evaluados. Para cada uno de los caracteres se estimaron los cuadrados medios, los componentes de la varianza, los valores de heredabilidad y los índices de selección.

#### 3.1. Selección de genotipos superiores

##### 3.1.1. Variación de caracteres dentro y entre parcelas

**Tabla 3.1**

*Cuadrados medios de siete caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm, Ayacucho*

Fuente	GL	Cuadrados medios						
		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Nº de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso total de mazorca	Peso de grano por mazorca	Peso de tusa
Entre parcelas	59	4.66*	0.11	1.82	19.55*	923.02*	757.1*	49.84*
Dentro de parcelas	540	2.53	0.09	2.52	11.86	490.89	413.2	36.97
Total	599							
CV (%)		10.19	6.61	14.53	12.24	14.76	15.65	30.12
Promedio		15.6	4.62	10.92	28.14	150.09	129.91	20.18

En la Tabla 3.1 se evidenciaron diferencias altamente significativas entre parcelas para los caracteres de longitud de mazorca (15.60 cm), número de granos por hilera (28.14), peso de mazorca (150.09 g), peso de grano (129.91 g) y peso de tusa (20.18 g), lo cual refleja una influencia combinada altamente significativa de la variabilidad

genética y ambiental. Asimismo, se detectó significancia estadística dentro de parcelas para todos los caracteres evaluados, lo que sugiere una importante variación genética entre los individuos. Los coeficientes de variación oscilaron entre 6.61 % y 30.12 %, valores considerados aceptables para este tipo de ensayos (Calzada, 1970), aunque se resalta que el peso de tusa presentó el coeficiente más elevado (30.12 %).

Estudios previos muestran resultados comparables: Chipana (2022) halló diferencias altamente significativas en longitud de mazorca (16.56 cm), diámetro de mazorca (45.67 mm), diámetro de tusa (24.51 mm), peso de 1000 semillas (491.48 g), peso de mazorca (142.45 g), peso de grano (124.56 g) y peso de tusa (17.89 g). De igual forma, Bautista (2018) reportó valores ligeramente superiores para la mayoría de estos parámetros, atribuyéndose esta diferencia a la influencia de las condiciones ambientales. Los promedios fueron: longitud de mazorca (16.831 cm), diámetro de mazorca (46.585 mm), número de hileras por mazorca (11.157), peso de 1000 semillas (448.867 g), diámetro de tusa (25.187 mm), peso de mazorca (150.810 g), peso de grano (130.528 g) y peso de tusa (20.592 g).

Comparando con ciclos anteriores, se observa un incremento en la mayoría de caracteres. Por ejemplo, Espinoza (2017) reportó valores inferiores para el ciclo previo, como longitud de mazorca (15.353 cm), diámetro de mazorca (4.523 cm), número de hileras (10.719), diámetro de tusa (25.87 mm), peso de mazorca (103.956 g), peso de grano (83.869 g) y peso de tusa (15.128 g). Asimismo, Quispe (2017), en el tercer ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado, obtuvo los siguientes promedios: longitud de mazorca (16.49 cm), diámetro de mazorca (46.8 mm), peso de 1000 semillas (386.24 g), 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).

### ***3.1.2. Componentes de variancia, heredabilidad y selección***

En la Tabla 3.2 se presentan los componentes de variancia y los valores de heredabilidad estimados para siete caracteres del maíz morado. Los análisis evidencian que la variancia genética fue altamente significativa en todos los caracteres evaluados, lo cual implica que existe una base genética suficiente para la diferenciación entre los individuos del material genético utilizado, siendo esto favorable para los procesos de mejoramiento por selección.

La relación entre varianza genética y varianza fenotípica determina la heredabilidad, expresada como un porcentaje que representa la proporción de la variabilidad observada atribuible a factores genéticos. En el presente estudio, se obtuvieron valores elevados de heredabilidad: longitud de mazorca (92 %), diámetro de mazorca (98 %), número de hileras por mazorca (100 %), número de granos por hilera (94 %), peso de mazorca (92 %), peso de grano (92 %) y peso de tusa (97 %), lo cual resulta altamente favorable para lograr avances genéticos a través de selección.

Estudios previos corroboran estos hallazgos. Chipana (2022) reportó valores similares o superiores, con heredabilidades de 97.4 % para longitud de mazorca, 100 % para diámetro de mazorca e hileras por mazorca, y entre 95.6 % y 100 % para los demás caracteres. De igual modo, Bautista (2018) informó heredabilidades de 100 % para longitud de mazorca, 83.5 % para diámetro de mazorca, 99.3 % para hileras por mazorca, 94.9 % para número de granos por mazorca, 93.7 % para peso de 1000 semillas, y más de 80 % para los pesos de mazorca, grano y tusa. Valenzuela (2014), por su parte, señaló valores de 94 % y 80 % para longitud y diámetro de mazorca, respectivamente, en concordancia con los datos de Hallauer y Miranda (1981) y Quispe (1999). En otro estudio, Quispe (2017) estimó heredabilidades de entre 87.7 % y 99.7 % para diversos caracteres agronómicos, resultados similares a los obtenidos en esta investigación. Espinoza (2017), en el ciclo anterior de selección, también registró valores elevados, como 97.4 % para longitud de mazorca, 90.8 % para diámetro de mazorca y 98.0 % para peso de grano.

La ganancia por selección —diferencia entre el promedio mejorado y el promedio original— fue también positiva en todos los caracteres: longitud de mazorca (0.461 cm), diámetro de mazorca (0.094 mm), hileras por mazorca (0.336), número de granos por hilera (0.786), peso de mazorca (13.389 g), peso de grano (11.812 g) y peso de tusa (21.891 g). Esto representa mejoras porcentuales de 2.96 %, 2.04 %, 3.07 %, 2.79 %, 8.92 %, 9.09 % y 8.48 %, respectivamente.

Bautista (2018) también reportó ganancias por selección positivas, pero de menor magnitud, con incrementos de 0.124 cm en longitud de mazorca, 0.482 mm en diámetro, 0.094 en número de hileras, y hasta 8.93 g en peso de 1000 semillas. Espinoza (2017) informó respuestas a la selección de 0.356 cm (longitud de mazorca), 0.052 cm

(diámetro), 0.141 (hileras), y valores entre 0.840 g y 6.036 g en pesos, con mejoras que oscilan entre 1.15 % y 5.88 %. Por su parte, Salinas (2015) registró incrementos promedios de 0.76 cm en longitud de tusa, alcanzando mejoras de 7 a 8 % según la variedad. Valenzuela (2012) indicó mejoras de hasta 17.86 % en peso de tusa y 5.63 % en peso de mazorca. Finalmente, Quispe (2017) obtuvo ganancias por selección consistentes, con mejoras modestas pero constantes en longitud de mazorca (0.128 cm), diámetro de tusa (0.039 cm), y peso de grano (5.725 g), entre otros.

**Tabla 3.2**

*Componentes de variancia, heredabilidad y selección de siete caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm Ayacucho*

Componentes de variancia, heredabilidad y selección		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	N° de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso total de mazorca	Peso de grano por mazorca	Peso de tusa
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Variación genética	$\sigma_G^2$	2.528	0.093	2.517	11.864	490.889	413.197	36.972
Variación ambiental (parcelas)	$\sigma_P^2$	0.214	0.002	0.070	0.769	43.213	34.390	1.287
Variación fenotípica	$\sigma_F^2$	2.742	0.095	2.587	12.633	534.102	447.587	38.259
Heredabilidad	$h^2$	0.922	0.979	0.973	0.939	0.919	0.923	0.966
Promedio población	$\bar{Y}_3$	15.597	4.617	10.923	28.143	150.088	129.910	20.180
Promedio selecciones	$\bar{Y}_5$	16.598	4.809	11.575	29.817	179.223	155.501	23.722
Diferencial de selección	$DS$	1.001	0.192	0.652	1.674	29.135	25.591	3.542
Ganancia por selección	$GS$	0.461	0.094	0.336	0.786	13.389	11.812	1.711
Porcentaje de mejora	%GS	2.957	2.036	3.072	2.793	8.921	9.093	8.481
Promedio población mejorada	$\bar{Y}_4$	16.058	4.711	11.258	28.929	163.477	141.722	21.891

El peso de mazorca de acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov se distribuye normalmente ( $p > 0.05$ ), el promedio de la población seleccionada fue de 179.22 g, este es del promedio del 20 % superior por lo que se espera que el promedio de la población mejorada sea 163.48 g (tabla 3.2, tabla 3.3 y figura 3.1)

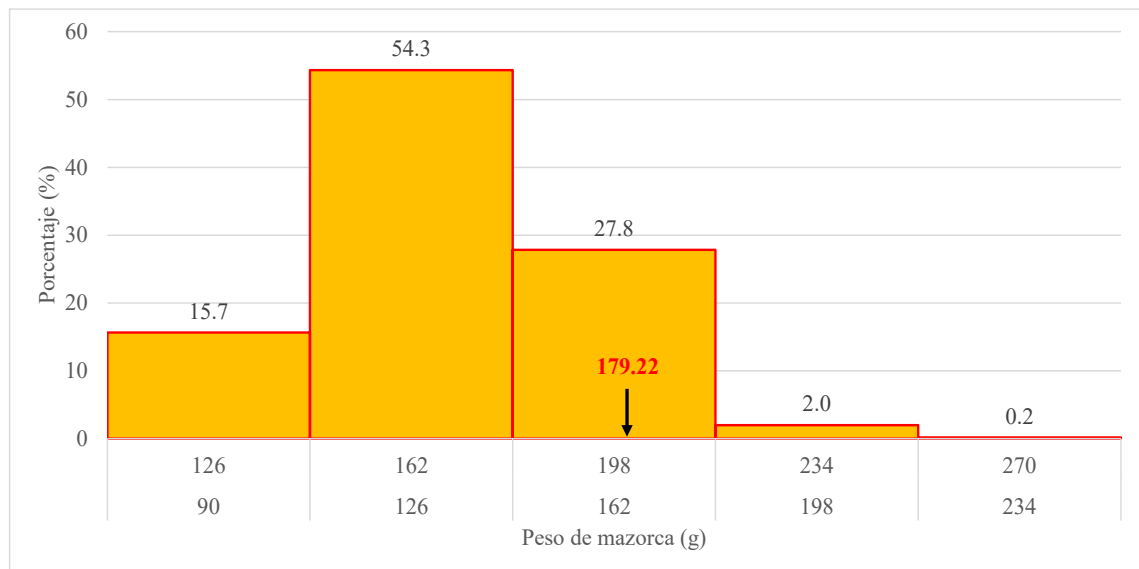
**Tabla 3.3**

*Distribución de frecuencias del peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho*

[LI	LS]	Y	f	p	P
[90	126[	108	94	15.7	15.7
[126	162[	144	326	54.3	70.0
[162	198[	180	167	27.8	97.8
[198	234[	216	12	2.0	99.8
[234	270]	252	1	0.2	100.0
			600	100.0	

**Figura 3.1**

*Histograma de frecuencias del peso de mazorca (g) de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho*



### 3.2. Relación peso mazorca con caracteres de mazorca

**Tabla 3.4**

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

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	167504	83752.00	328.87	<.0001
Error	597	152034	254.66		
Total	599	319538			

La relación del peso de mazorca con la longitud y el diámetro de mazorca se analizó mediante un modelo de regresión lineal múltiple, utilizando el método Stepwise para la selección de variables, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.5. Esta asociación resultó altamente significativa, obteniéndose un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 52.4 %. Este valor sugiere que más de la mitad de la variabilidad observada en el peso de mazorca puede ser explicada por los caracteres de longitud y diámetro de mazorca, lo cual indica una influencia estadísticamente significativa de estas variables sobre el carácter dependiente.

En concordancia con este resultado, Chipana (2022) también reporta una relación altamente significativa entre el peso de mazorca y las variables de longitud y diámetro de mazorca, obteniendo un coeficiente de determinación de 99.98 %, evidenciando una correlación casi perfecta. Por su parte, Bautista (2018) informa un  $R^2$  de 98.14 %, considerando como variables predictoras la altura de planta, el peso de grano y el peso de tusa, lo que resalta la influencia directa de estos caracteres sobre el peso total de la mazorca.

Asimismo, Espinoza (2017), en un ciclo anterior de selección, obtuvo un coeficiente de determinación de 99.83 %, al modelar el peso de mazorca en función del número de hileras por mazorca, peso de grano y peso de tusa. De forma similar, Quispe (2017) empleó las mismas variables y obtuvo un  $R^2$  de 99.70 %, confirmando una fuerte asociación entre estos componentes morfológicos y el rendimiento del carácter evaluado.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar múltiples caracteres morfológicos en la predicción del rendimiento, siendo el peso de mazorca una variable de interés agronómico directamente influenciada por componentes estructurales como longitud, diámetro, peso de grano y número de hileras.

**Tabla 3.5**

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

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente de regresión</b>	<b>Error estándar</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Intercept	-150.317	11.849	40984	160.93	<.0001
Longitud de mazorca	6.826	0.395	76235	299.36	<.0001
Diámetro de mazorca	42.049	2.121	100054	392.89	<.0001

En la Tabla 3.6 se presentan los coeficientes de regresión correspondientes al modelo que evalúa la influencia de la longitud y diámetro de mazorca sobre el peso de mazorca. Los resultados revelan que ambos coeficientes son altamente significativos desde el punto de vista estadístico. Específicamente, se evidencia que, por cada centímetro adicional en la longitud de la mazorca, el peso de esta se incrementa en 6.83 gramos; de igual manera, por cada centímetro adicional en el diámetro de la mazorca, el incremento en peso es de 42.05 gramos. Esto indica que ambas variables tienen un efecto directo y relevante sobre el rendimiento expresado en peso de mazorca.

Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Chipana (2022), quien señala una relación estadísticamente significativa entre el peso de mazorca y las variables de longitud y diámetro de mazorca. En su estudio, se concluyó que, por cada centímetro de aumento en la longitud de mazorca, el peso incrementa en 6.120 gramos, mientras que, por cada milímetro adicional en el diámetro, el aumento en peso es de 2.435 gramos. Cabe destacar que la autora precisa que estos incrementos deben ser interpretados cuidadosamente, ya que las variaciones por selección ocurren en miligramos, siendo la selección sobre el diámetro y longitud de mazorca estratégicamente más efectiva para mejorar el rendimiento.

Por su parte, Bautista (2018) determinó que el peso de mazorca se incrementa en 3.58 gramos por cada centímetro de incremento en la altura de planta, en 0.982 gramos por cada gramo adicional de peso de grano, y en 1.005 gramos por cada gramo de incremento en el peso de tusa, estableciendo una influencia significativa de estos caracteres sobre el peso de mazorca.

Espinoza (2017), en cambio, encontró un coeficiente de regresión negativo para el número de hileras por mazorca (-0.0561), mientras que obtuvo coeficientes positivos y cercanos a la unidad para el peso de grano (1.0018) y el peso de tusa (1.0024), lo que sugiere que estos últimos caracteres tienen una relación lineal directa con el peso de la mazorca. Similarmente, Quispe (2017) reporta coeficientes de regresión de 0.998 para peso de grano y 1.027 para peso de tusa, reafirmando el patrón de influencia positiva que estos caracteres ejercen sobre el rendimiento del cultivo.

En conjunto, estos resultados coinciden en resaltar que tanto las características morfológicas externas (como la longitud y el diámetro de la mazorca) como las internas (peso de grano y tusa) son indicadores clave del rendimiento, lo cual debe ser considerado en los programas de mejoramiento genético orientados a incrementar el peso de mazorca en maíces de tipo morado.

**Tabla 3.6**

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

Variable introducida	Número de variables	R <sup>2</sup> parcial	R <sup>2</sup> modelo	F-Valor	Pr > F
Diámetro de mazorca	1	0.286	0.286	239.10	<.0001
Longitud de mazorca	2	0.239	0.524	299.36	<.0001

Según los resultados obtenidos en la tabla 3.7, el análisis de regresión mediante el método Stepwise permitió establecer un orden de importancia de las variables predictoras del peso de mazorca. En primer lugar, se identificó al diámetro de mazorca como la variable de mayor influencia, seguido por la longitud de mazorca. Este orden sugiere que, si bien ambas variables son relevantes para la mejora del peso de mazorca, el diámetro presenta un mayor efecto explicativo en el modelo, lo que lo posiciona como el principal criterio de selección en programas de mejoramiento genético orientados a este carácter.

Este resultado difiere de lo reportado por Chipana (2022), quien encontró que la longitud de mazorca es la variable más importante en la estimación del peso de mazorca, aunque reconoce que el diámetro también desempeña un rol significativo. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias en el material genético evaluado o en las condiciones agroecológicas en que se condujeron los ensayos.

Por otro lado, Bautista (2018) identificó un conjunto distinto de variables explicativas, en el cual el peso de grano fue el factor más determinante del peso de mazorca, seguido por el peso de tusa y finalmente la altura de planta. Esta jerarquía de variables indica que, en su estudio, los componentes internos de la mazorca tuvieron mayor influencia sobre su peso total.

De manera similar, Quispe (2017) halló que el peso de grano representa la variable de mayor importancia, seguida por el peso de tusa, en la estimación del peso de mazorca, reforzando la relevancia de los componentes estructurales internos sobre el rendimiento.

En conjunto, estos estudios reflejan que, si bien el peso de mazorca puede ser influenciado por múltiples caracteres, el orden de importancia de estas variables puede variar dependiendo del enfoque metodológico, el material genético y las condiciones de manejo agronómico, siendo tanto los atributos morfológicos externos como los internos factores clave para una selección efectiva.

**Tabla 3.7**

*Peso de mazorca 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)				
	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
11	71.9	93.0	114.0	135.0	156.0
14	92.4	113.4	134.5	155.5	176.5
17	112.9	133.9	154.9	176.0	197.0
20	133.4	154.4	175.4	196.4	217.5
23	153.9	174.9	195.9	216.9	238.0

De acuerdo con el modelo de regresión lineal múltiple presentado en la tabla 3.8, se estimaron valores ajustados del peso de mazorca en función de dos variables morfométricas: la longitud y el diámetro de mazorca. Los resultados indican que, dentro del intervalo evaluado (longitudes entre 11 y 23 cm y diámetros entre 3.5 y 5.5 cm), el peso de mazorca puede predecirse con precisión. El modelo señala que el peso mínimo estimado (71.9 g) corresponde a una mazorca de 11 cm de longitud y 3.5 cm de diámetro,

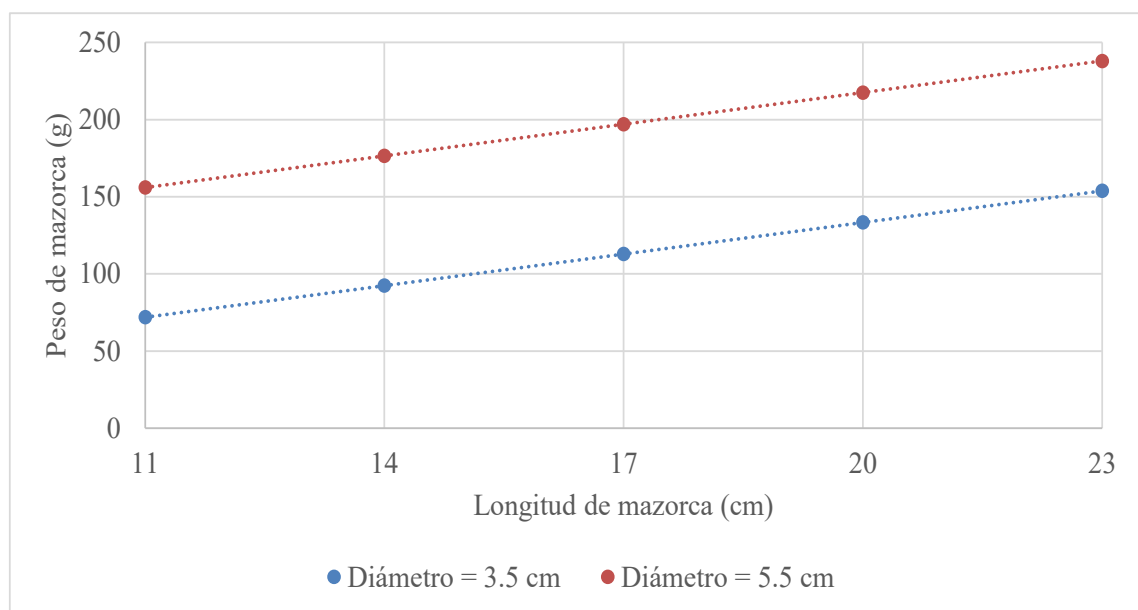
mientras que el peso máximo (238.0 g) se alcanza cuando la mazorca mide 23 cm de longitud y 5.5 cm de diámetro, como se muestra en la figura 3.2.

Chipana (2022) reportó resultados similares al utilizar un modelo de regresión lineal múltiple, en el que el incremento de un centímetro en la longitud de mazorca se asoció con un aumento de 6.120 gramos en el peso, mientras que un incremento de un milímetro en el diámetro generó un aumento de 2.435 gramos. En su estudio, el peso mínimo de mazorca estimado fue de 44.70 g, correspondiente a una mazorca de 12 cm de longitud y 17 mm de diámetro, y el peso máximo estimado alcanzó los 202.05 g, asociado a una longitud de 21 cm y un diámetro de 59 mm.

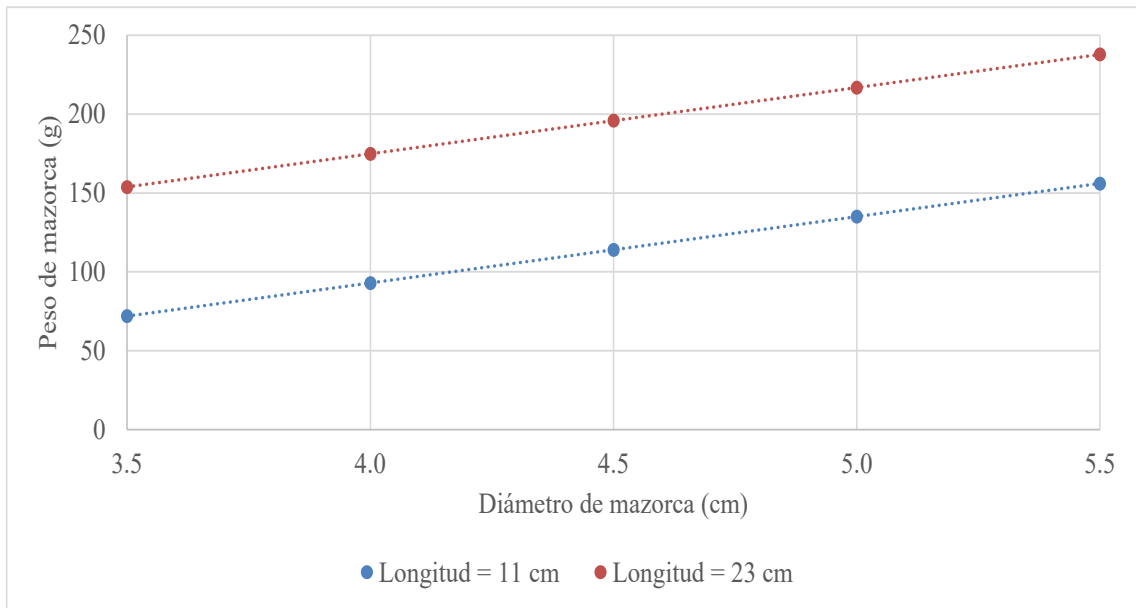
Estas comparaciones sugieren que, si bien las tendencias generales del modelo son consistentes entre estudios, las diferencias en los valores extremos pueden explicarse por las características del material genético empleado, las condiciones agroclimáticas del ensayo y las unidades de medida consideradas para el diámetro de mazorca. En ambos casos, la regresión lineal múltiple demuestra ser una herramienta útil para predecir el rendimiento en función de características morfológicas, brindando información clave para la selección de genotipos con alto potencial productivo.

### Figura 3.2

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



(a) Para valores de longitud en valores de 3.5 y 5.5 cm de diámetro



(b) Para valores de diámetro en valores de 11 y 23 cm de longitud

### 3.3. Asociación entre caracteres

**Tabla 3.8**

*Coefficientes de correlación (negrita) y valor p (debajo de negrita) entre caracteres de mazorca de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho*

	Longitud de mazorca cm Y1	Diámetro de mazorca cm Y2	N° de hileras por mazorca Y3	Número de granos por hilera Y4	Peso total de mazorca g Y5	Peso de grano por mazorca g Y6	Peso de tusa g Y7
Y1		<b>-0.0530</b>	<b>-0.1027</b>	<b>0.4663</b>	<b>0.4594</b>	<b>0.3871</b>	<b>0.3906</b>
Longitud de mazorca		0.1949	0.0118	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Y2			<b>0.3250</b>	<b>-0.0444</b>	<b>0.5344</b>	<b>0.5225</b>	<b>0.2133</b>
Diámetro de mazorca			<.0001	0.2776	<.0001	<.0001	<.0001
Y3				<b>-0.2280</b>	<b>0.2658</b>	<b>0.2934</b>	<b>-0.0085</b>
N° de hileras por mazorca				<.0001	<.0001	<.0001	0.8352
Y4					<b>0.3682</b>	<b>0.3757</b>	<b>0.0919</b>
N° de granos por hilera					<.0001	<.0001	0.0243
Y5						<b>0.9648</b>	<b>0.4365</b>
Peso total de mazorca						<.0001	<.0001
Y6							<b>0.1847</b>
Peso de grano por mazorca							<.0001

En la tabla 3.9 se presentan los coeficientes de correlación entre siete caracteres agronómicos del maíz morado, donde se evidencia que el peso de la mazorca se encuentra significativamente asociado ( $p < 0.05$ ) con todas las variables evaluadas en el estudio. Este resultado sugiere que la selección positiva de mazorcas con mayores dimensiones considerando variables como longitud, diámetro, número de hileras, entre otras puede ser una estrategia eficaz para incrementar el peso de mazorca. Asimismo, es recomendable incluir en la selección características cualitativas, tales como el color morado intenso de la tusa y del grano, así como la forma de la mazorca, lo que contribuiría a mejorar no solo el rendimiento sino también la calidad del producto final.

Chipana (2023) reporta hallazgos consistentes, indicando que el peso de mazorca se encuentra significativamente correlacionado con longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tusa, peso de grano y peso de tusa. De igual modo, resalta que la selección de mazorcas con mayores dimensiones en estos caracteres es una vía eficaz para potenciar el rendimiento del cultivo.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los hallazgos de investigaciones previas realizadas por Chipana (2022), Bautista (2018), Espinoza (2017), Quispe (2017), Valenzuela (2012) y Alca (s.f.), quienes también encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el peso de mazorca y diversos caracteres morfológicos, reafirmando la utilidad de estos indicadores en programas de mejoramiento genético del maíz morado.

## CONCLUSIONES

Bajos las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo de investigación, se concluye lo siguiente:

1. El promedio de la población en longitud de mazorca (15.60 cm), número de granos por hilera (28.14), peso de mazorca (150.09 g), peso de grano (129.91 g) y peso de tusa (20.18 g); esto indica que la variación ambiental más variación genética es altamente significativa.
2. La variancia genética fue altamente significativa en todos los caracteres, la heredabilidad para la longitud de mazorca 92 %, diámetro de mazorca 98 %, hileras por mazorca 97 %, número de granos por hilera 94 %, peso de mazorca 92 %, peso de grano 92 % y peso de tusa 97 %; estos valores son considerados altos y favorables para la selección.
3. La ganancia por selección en los caracteres de: Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso total de mazorca, peso de grano por mazorca y peso de tusa fueron 0.461 cm, 0.094 cm, 0.336, 0.786, 13.389 g, 11.812 g y 1.711 g, respectivamente.
4. La variación del peso de mazorca, está relacionada con alta significación estadística sobre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca por lo que Se demuestra que por cada centímetro de incremento de la longitud de mazorca el peso de mazorca se incrementa en 6.83 gramos, por cada centímetro de incremento del diámetro de mazorca, el peso de mazorca se incrementa en 42.05 gramos.

## **RECOMENDACIONES**

A partir de las conclusiones obtenidas a lo largo del presente trabajo, proponemos las siguientes recomendaciones:

- Multiplicar en campos semilleros la población obtenida en el octavo ciclo de selección masal puesto que posee alto porcentaje de heredabilidad genética en los factores de rendimiento.
- Promover el cultivo del maíz morado resultado del presente trabajo de investigación por mostrar mayor: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera peso total de mazorca, peso de grano por mazorca y peso de tuza respecto a su progenitor anterior.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, D. (2008). *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 2750 msnm- Ayacucho. UNSCH- Ayacucho- Perú*. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Formación Profesional de Agronomía UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Allard, R. W. (1980). *Principios de la mejora genética*. 4ta Edit. Edit. Omega S.A. España. 498 p.
- Araujo, J. (1995). *Estudio de la extracción de colorante de maíz morado (Zea mays L.) con el uso de enzimas*. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. 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.
- Bernaldina, A. P. (2016). *Efecto de la aplicación de humatos de potasio y de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de maíz morado cv. prosemillas (Zea mays L.) bajo RLAF: goteo*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Agrónoma en la Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.
- Brauer, O. (1973). *Fitogenética Aplicada*. 1ra Edit Limusa. México 495 p.
- Calzada, B. J. (1970). *Métodos estadísticos para la investigación* 3ra Edit. Editorial Jurídica S.A. Lima – Perú.
- Chipana, V.A.M (2022) *Sexto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (Zea mays) Canaán, 2750 msnm –Ayacucho*. Tesis para obtener título de Ingeniero agrónomo
- Elías, J. y Gamero, D. (1988). *Obtención de colorante a partir de maíz morado*. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico. UNI. Lima - 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.
- 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 Postgrado U.N.M.S.M. Lima – Perú.
- FOPEX (1984). *Descripción de la exportación del maíz gigante del Cusco*. Pag.49-50
- Gardner (1960) *Método de fitomejoramiento por selección masal estratificada*.
- Guillén, S. J, Mori, A. S, Paucar, M. L. M. (2014). *Características y propiedades funcionales del maíz morado (Zea mays L.) var. subnigroviolaceo*. Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Santa, Ancash-Perú. Artículo Scientia Agropecuaria, 2014. Pag.211-217 Editor UNT. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Hallauer, A. y Miranda, B. (1981). *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State University. Press/Ames. 468p.
- Hernández, M. (2016). *Extracción de antocianina a partir de maíz morado (Zeamays L.) para ser utilizado como antioxidante y colorante en la industria alimentaria*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo”. 12 – 14 p.
- INIA. (2007). Estación Experimental Agraria Canaán –Ayacucho- 2007 “*Nuevavariedad de maíz morado para la sierra peruana*”.
- 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 dela molina*” tesis para optar el Grado de: Magíster Scientiae, Escuela de Post Grado especialidad de producción agrícola. Lima – Perú.
- Llanos, M. (1984). *El maíz, su cultivo y aprovechamiento*. Edit. Mundi Prensa España. 318 p.
- Manrique, A. (1997). *El maíz en el Perú. 2da edic.* CONCYTEC. Perú.
- Manrique, CH. (1988). *El maíz en el Perú*. Edit. EDIGRAF S.A.
- 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*. N° extraordinario de informativo del maíz. Vol. II. UNA La Molina. Lima – Perú.
- Ortiz, K. (2013). *Elaboración de un sorbete a base de harina de maíz morado (Zeamays L) mezclado con bacterias lácteas naturales*. Universidad Dr. José Matías Delgado. El Salvador. Capítulo VI, Art. 46.
- Otiniano, V. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (Zea mays L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Cesar Vallejo. 74 p.
- Pacheco, R. A. (2009). *Selección masal estratificada en dos variedades achita (Amaranthus caudatus L.) Canaán 2750 msnm-Ayacucho*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Formación Profesional de Agronomía UNSCH. Ayacucho – 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 Formación Profesional de Agronomía UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Poelhman, J. M. (1981). *Mejoramiento genético de las cosechas*. Editorial Limusa. México. 453 p.
- Quispe M. S. (2017). *Cuarto 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. Sin publicar.
- 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, J.F, Gorriti, G. A., Arroyo, C. K. (2011). *Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (Zea mays L.):* Revista. Soc. Química Perú, 77(3): 205-218.
- Quispe. J. O. (2007). *Fertilización N-P-K densidad de plantas en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2750 msnm. Ayacucho* Facultad de Ciencias Agrarias. UNSCH- Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero

Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Formación Profesional de Agronomía UNSCH. Ayacucho-Perú.

Salinas, R. (2015). *Mejoramiento poblacional de un compuesto de maíz morado (Zea mays L) Canaán 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.

Sprague. (1966). Mencionado por Lamkey, K.R. (1997). *The quantitative Genetics of Heterosis. CIMMYT. Book of Abstracts*. The Genetics and exploitation of Heterosis in crops. México.

Tineo, A.; Palomino R.; Cerda, M. & Giron J. (2004). *Manual de fertilidad de suelos*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.

Valenzuela, Y. M. (2014). *Selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays L.) II etapa Canaán 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.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Caracteres de mazorca del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán  
2735 msnm, Ayacucho

Parcela	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Nº de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso total de mazorca	Peso de grano por mazorca	Peso de tuza
P	cm Y1	cm Y2	Y3	Y4	g Y5	g Y6	g Y7
1	17.3	4.8	12	24.7	153	118	35
1	16.5	4.9	12	24.7	172	153	18
1	16.0	4.6	10	28.0	138	123	15
1	15.0	4.9	10	30.7	136	116	20
1	18.6	5.2	12	28.7	204	174	30
1	14.8	4.6	12	27.0	144	127	17
1	13.5	4.7	12	29.3	167	146	21
1	18.0	5.1	12	29.7	163	141	23
1	14.8	4.9	12	23.3	136	121	15
1	16.4	4.4	12	22.0	141	123	17
2	15.0	4.8	12	29.3	166	147	19
2	15.5	4.2	12	24.7	136	115	21
2	17.2	4.5	10	30.7	178	154	24
2	15.5	4.7	10	30.0	156	136	20
2	17.1	4.4	12	27.0	148	127	21
2	18.4	4.3	10	33.7	168	141	27
2	15.5	4.4	10	28.7	121	104	16
2	15.4	4.1	8	28.3	114	94	20
2	17.3	4.1	10	28.3	141	125	15
2	16.0	4.6	10	29.0	149	131	18
3	16.7	4.4	12	32.0	180	160	20
3	13.0	4.6	10	22.3	116	99	17
3	15.2	4.7	10	27.3	145	127	18
3	15.0	4.7	12	21.3	108	87	21
3	16.7	5.0	12	31.7	200	173	27
3	15.0	4.0	12	21.3	134	119	15
3	16.5	4.6	10	26.7	155	134	21
3	13.0	4.1	10	29.0	128	112	16
3	16.0	4.4	10	27.0	116	104	12
3	14.0	4.7	12	24.3	114	94	20
4	13.5	5.2	14	19.7	142	124	17
4	21.0	4.4	12	28.7	160	109	51
4	14.5	5.0	16	23.7	172	143	29
4	16.0	4.7	12	31.0	170	152	18
4	13.0	4.7	8	32.0	148	135	13
4	16.5	4.5	12	25.7	147	127	20
4	15.5	4.5	10	29.0	153	132	21
4	16.0	4.3	8	27.7	143	123	20
4	15.2	4.5	12	29.7	160	138	22
4	13.2	4.2	8	23.7	161	99	62
5	15.0	4.6	12	25.3	146	131	15
5	16.3	4.7	14	28.3	177	161	16
5	15.2	4.6	10	31.7	151	133	17
5	14.0	4.3	12	29.3	142	117	25
5	20.0	4.6	10	35.0	177	152	25
5	16.9	4.9	10	26.7	145	125	20
5	18.2	4.5	10	26.3	174	146	28
5	14.2	4.5	14	26.3	135	117	18
5	16.4	4.7	12	27.0	166	147	19
5	13.5	4.5	10	26.0	138	125	13

6	16.6	4.7	10	32.3	156	133	24
6	17.5	4.8	12	31.3	161	136	25
6	15.5	4.6	12	27.0	153	133	20
6	17.3	4.5	12	34.3	196	177	19
6	15.8	4.4	12	26.3	154	139	15
6	16.2	4.4	10	31.3	114	92	22
6	15.7	4.6	10	24.7	158	140	18
6	16.5	4.5	10	27.3	138	118	20
6	19.7	4.1	8	36.7	147	128	19
6	19.5	4.4	10	34.7	182	156	25
7	14.2	4.9	12	29.7	143	129	14
7	15.5	4.2	10	32.7	131	108	23
7	19.3	4.8	12	31.7	197	177	20
7	19.0	5.0	14	26.7	202	174	28
7	15.4	4.7	12	24.3	158	142	16
7	15.4	4.8	12	30.0	133	119	15
7	13.5	4.5	12	28.3	125	115	10
7	14.4	4.2	10	27.7	132	114	18
7	13.0	4.4	14	24.0	133	121	12
7	14.0	4.3	8	24.7	112	95	16
8	12.8	5.0	12	29.3	156	142	15
8	19.0	5.2	10	30.0	175	154	21
8	17.5	4.2	10	29.0	128	106	22
8	14.5	4.3	12	28.7	108	87	21
8	14.2	4.5	10	29.3	149	131	18
8	16.0	4.5	12	28.3	161	142	19
8	14.0	4.5	12	24.0	137	117	20
8	15.0	4.3	8	30.0	125	106	19
8	14.8	3.8	10	24.3	102	82	20
8	16.0	5.4	12	29.3	186	156	30
9	13.5	4.9	10	23.7	132	104	27
9	17.0	4.5	12	26.3	160	137	23
9	13.3	4.5	12	24.7	139	122	17
9	15.5	4.7	10	31.0	163	143	19
9	18.5	4.6	14	28.0	168	149	19
9	17.8	4.5	12	26.3	170	151	19
9	16.0	5.0	14	28.3	182	153	29
9	17.0	4.5	8	33.3	133	117	16
9	15.5	4.6	8	29.0	131	114	16
9	17.3	4.2	10	29.3	121	99	22
10	15.4	4.9	12	29.7	162	143	19
10	16.5	4.3	10	30.0	139	115	24
10	17.2	4.9	12	32.0	194	167	27
10	20.0	3.9	10	28.0	156	134	22
10	17.2	4.5	10	28.0	139	125	14
10	15.6	5.1	10	32.0	183	160	24
10	15.0	4.6	10	22.0	133	103	30
10	14.7	5.0	12	30.0	158	143	15
10	16.4	4.8	10	27.7	138	117	21
10	13.3	4.5	14	26.3	133	109	24
11	17.3	4.4	10	34.0	162	141	21
11	14.5	4.4	10	25.3	142	125	16
11	13.3	4.1	10	23.3	100	84	16
11	18.0	4.4	12	26.3	167	146	21
11	15.2	4.0	10	29.0	128	114	15
11	14.2	4.7	12	27.0	137	118	19
11	16.3	4.8	10	32.3	167	152	15
11	17.4	4.4	10	35.0	181	163	18

11	15.5	4.2	12	26.3	128	112	16
11	18.0	5.4	12	32.7	216	186	30
12	14.5	4.3	8	26.7	129	114	15
12	15.5	4.5	14	29.7	129	114	15
12	18.2	4.8	12	29.0	168	145	23
12	16.8	4.9	10	30.0	171	145	25
12	16.6	4.7	10	32.3	155	139	16
12	16.0	4.7	10	29.0	183	156	27
12	15.4	4.7	8	30.0	132	117	15
12	16.0	4.4	10	31.3	133	117	16
12	16.0	4.3	12	26.0	141	121	20
12	15.0	4.3	12	25.3	143	118	25
13	16.5	5.3	12	29.7	183	158	25
13	14.0	4.6	12	25.0	124	111	14
13	15.1	4.1	12	23.0	122	109	13
13	16.0	4.8	10	31.7	154	137	17
13	17.5	4.7	12	28.0	116	90	26
13	13.3	4.4	14	22.3	107	96	11
13	17.0	4.5	14	31.7	160	144	15
13	13.9	4.4	8	26.7	109	94	15
13	12.9	4.9	10	24.0	142	123	19
13	18.1	4.2	12	30.0	116	96	20
14	14.0	4.3	10	20.3	114	98	16
14	13.7	5.0	12	27.3	138	122	16
14	15.5	4.4	10	28.0	128	118	10
14	14.2	4.4	10	24.7	134	115	19
14	15.3	4.6	10	26.7	138	126	12
14	16.1	4.5	10	29.3	129	109	20
14	16.2	4.8	12	32.0	170	150	20
14	15.7	4.3	12	29.0	96	76	20
14	14.7	4.6	10	19.0	154	134	20
14	13.2	4.2	12	23.0	90	82	8
15	16.0	4.7	10	24.0	157	131	26
15	15.5	4.6	12	31.3	157	138	19
15	16.0	5.0	10	28.7	166	151	15
15	19.2	3.9	10	33.3	163	145	18
15	14.0	4.7	10	27.3	166	144	22
15	16.3	5.0	12	28.7	158	139	19
15	15.8	4.4	10	36.3	157	135	22
15	19.0	4.7	12	32.3	173	146	27
15	18.8	5.1	11	21.3	155	127	28
15	17.3	4.4	10	27.3	161	129	32
16	17.0	4.4	10	26.0	163	142	22
16	16.8	4.0	12	32.0	119	108	11
16	16.5	4.9	14	24.3	164	147	17
16	16.5	5.0	12	26.3	148	125	23
16	16.5	4.5	10	33.7	178	108	70
16	16.0	4.3	10	26.0	117	97	20
16	14.4	4.4	10	26.7	137	116	21
16	14.0	4.5	10	19.0	131	113	18
16	16.4	4.3	10	31.0	155	136	19
16	20.5	4.5	10	26.0	143	107	35
17	16.2	4.5	10	31.0	148	128	20
17	17.0	4.2	10	29.3	128	113	15
17	14.5	5.3	12	23.3	158	136	22
17	13.2	4.5	12	25.3	127	114	14
17	16.3	4.1	10	20.7	114	95	19
17	17.0	4.8	10	29.7	167	143	24

17	13.6	4.7	10	28.0	147	123	25
17	17.7	4.2	10	35.3	152	128	24
17	16.5	5.0	14	23.0	172	152	20
17	16.4	4.7	8	28.3	132	113	19
18	15.2	5.0	8	31.7	136	114	23
18	20.4	4.4	12	31.7	177	154	23
18	17.0	4.4	12	29.0	153	138	15
18	17.0	4.0	10	33.0	148	134	14
18	16.2	4.2	8	27.0	135	117	18
18	17.0	4.7	10	31.3	197	174	23
18	18.0	4.5	10	34.7	173	154	18
18	17.0	4.3	12	33.7	162	143	19
18	16.5	4.2	8	32.0	112	85	26
18	16.2	4.9	12	26.7	168	149	19
19	16.0	4.2	10	30.7	127	106	21
19	15.5	4.3	10	33.7	170	152	18
19	16.5	4.3	10	22.3	125	96	29
19	14.9	4.7	12	34.0	148	132	16
19	14.3	4.6	12	30.7	135	116	19
19	14.0	4.3	12	27.0	138	123	15
19	12.5	4.8	10	20.7	122	105	16
19	15.6	4.6	12	22.0	136	107	29
19	16.5	4.3	10	29.0	145	123	23
19	15.5	5.5	10	25.7	137	123	15
20	16.7	4.8	12	34.0	193	164	29
20	15.8	5.1	14	23.3	174	153	22
20	16.7	4.2	10	28.0	142	124	17
20	16.9	4.6	10	32.7	148	125	23
20	17.0	4.7	12	27.7	171	152	19
20	16.5	4.4	8	32.7	157	137	20
20	14.0	4.2	8	30.0	116	103	14
20	15.2	4.6	10	28.0	157	136	21
20	16.0	4.5	10	30.0	151	126	25
20	13.9	5.0	12	32.7	166	148	18
21	14.5	5.0	10	20.3	132	107	25
21	17.5	4.7	10	28.3	143	123	20
21	18.5	5.2	10	32.0	227	193	34
21	14.5	4.5	12	32.3	163	143	19
21	17.0	5.0	10	28.3	167	133	34
21	15.5	4.9	10	27.3	174	157	17
21	16.0	4.6	10	30.0	161	135	25
21	17.8	5.0	14	28.3	194	168	26
21	14.5	4.4	10	26.3	135	114	21
21	14.6	3.8	10	30.0	114	102	13
22	15.0	4.6	10	28.0	158	138	20
22	17.5	4.5	8	31.0	138	113	25
22	18.9	4.1	10	33.7	156	136	20
22	15.7	5.3	14	29.3	207	187	20
22	16.8	4.7	12	30.0	166	148	18
22	15.0	5.2	12	30.3	175	152	24
22	14.0	5.5	12	25.3	183	156	27
22	15.3	4.7	10	29.0	174	153	21
22	17.9	4.3	8	27.3	119	103	16
22	17.4	4.7	10	26.7	146	120	26
23	17.4	4.3	10	25.3	145	122	24
23	17.8	4.8	10	28.7	154	133	22
23	15.0	4.9	12	28.3	163	141	23
23	15.3	4.5	10	24.3	148	126	22

23	13.4	4.7	12	27.7	146	131	15
23	13.8	5.0	10	27.3	123	99	25
23	15.0	4.9	14	27.3	160	136	24
23	16.0	4.6	14	26.7	183	163	21
23	16.0	4.8	12	30.0	174	155	19
23	18.3	4.2	8	37.7	155	133	22
24	15.0	4.2	10	23.7	114	99	15
24	14.5	4.2	10	26.3	129	114	15
24	15.0	4.6	14	28.0	174	153	22
24	17.6	4.6	10	23.0	162	132	30
24	14.2	4.7	12	26.3	149	127	22
24	14.8	4.9	12	24.7	124	113	12
24	16.6	4.1	10	29.0	124	106	18
24	15.0	4.3	8	33.3	126	103	24
24	18.4	4.6	12	30.0	175	152	24
24	13.0	4.5	10	22.0	116	95	21
25	13.7	4.0	12	26.7	134	118	16
25	11.6	4.7	10	26.7	121	104	16
25	14.4	4.7	10	31.0	163	129	34
25	14.3	4.8	10	29.0	138	119	19
25	17.7	5.0	12	30.0	212	183	29
25	12.0	4.5	12	21.0	117	100	17
25	12.3	4.5	10	25.0	119	106	13
25	16.8	4.7	12	31.0	204	173	32
25	12.2	4.6	10	23.3	137	118	19
25	12.3	4.6	10	21.7	108	96	12
26	16.2	4.6	12	27.7	117	94	23
26	15.2	4.9	12	29.0	145	129	16
26	16.4	4.6	10	35.7	170	147	23
26	16.2	4.9	8	27.7	149	114	35
26	14.8	4.4	10	25.3	118	97	21
26	16.3	4.5	8	33.3	136	114	22
26	14.2	4.6	10	31.3	136	122	15
26	13.6	4.6	12	27.0	116	103	14
26	17.2	4.2	12	35.0	167	149	18
26	14.2	4.7	12	27.7	149	134	15
27	15.3	4.6	8	28.7	142	123	19
27	14.8	4.5	12	27.7	138	123	15
27	15.0	4.2	12	32.0	118	105	13
27	15.3	4.5	14	27.3	126	111	15
27	15.3	4.6	10	27.0	139	114	25
27	16.3	5.2	12	24.7	181	152	29
27	15.5	4.6	12	28.7	176	160	16
27	15.5	4.6	14	28.0	162	141	21
27	14.3	4.4	12	28.3	142	128	14
27	18.4	4.2	10	33.3	141	123	18
28	13.5	4.4	10	20.0	113	94	19
28	15.0	4.8	10	29.0	157	142	15
28	15.4	4.5	12	21.3	123	106	17
28	11.5	4.6	10	19.3	109	97	12
28	15.8	4.3	10	32.0	152	132	20
28	17.3	4.8	12	25.0	153	121	32
28	15.5	4.9	10	23.0	157	133	24
28	15.3	4.4	12	27.0	143	126	16
28	16.4	4.4	10	31.7	166	149	17
28	16.5	4.5	10	26.0	155	138	17
29	15.0	4.1	10	26.3	111	92	19
29	19.8	4.0	8	35.3	161	144	16

29	18.0	4.6	10	32.7	176	145	31
29	14.5	4.9	12	28.3	180	154	26
29	17.5	4.6	10	28.0	186	164	22
29	15.0	5.2	12	24.3	166	136	30
29	16.5	5.0	10	31.7	188	164	24
29	19.5	4.0	10	30.7	145	125	20
29	16.0	4.6	12	32.7	144	124	20
29	14.4	4.7	10	27.7	157	143	15
30	13.3	4.5	10	27.3	125	113	13
30	16.2	5.0	10	26.0	184	161	24
30	14.0	4.8	12	24.7	153	128	25
30	14.5	5.3	14	28.3	194	170	25
30	16.0	5.0	12	27.7	183	155	27
30	16.4	4.7	10	31.7	180	163	17
30	11.0	4.4	14	20.3	142	126	15
30	14.4	4.9	10	26.3	183	166	16
30	16.4	4.8	10	31.7	181	166	15
30	14.0	4.8	10	26.0	170	153	16
31	16.0	4.6	10	27.3	162	137	25
31	13.8	4.0	10	24.3	91	74	17
31	14.3	4.3	12	23.7	129	113	16
31	13.0	4.8	14	20.0	143	126	17
31	13.3	4.5	12	21.3	140	114	26
31	14.0	4.8	12	21.3	145	128	17
31	12.4	4.6	10	24.7	149	133	16
31	16.0	4.0	10	27.0	146	120	26
31	14.8	4.4	10	26.3	139	122	17
31	14.4	4.7	14	27.0	149	128	21
32	13.4	4.3	10	25.3	104	92	12
32	15.4	4.6	10	28.7	133	120	13
32	14.0	4.4	10	23.7	128	114	14
32	14.4	4.8	12	29.0	154	136	18
32	16.2	4.4	10	29.7	135	114	21
32	16.0	4.4	10	29.3	158	133	25
32	16.4	4.3	12	32.3	162	141	21
32	15.8	4.5	10	26.0	151	122	29
32	18.8	4.5	12	32.0	173	158	15
32	14.5	4.5	12	25.0	152	136	16
33	16.2	4.4	12	27.3	147	129	18
33	15.0	4.4	10	28.0	144	122	23
33	15.5	4.6	12	31.3	174	154	20
33	16.0	4.6	8	27.0	145	125	20
33	15.0	4.4	10	32.0	152	131	21
33	17.3	3.9	8	28.0	126	109	17
33	14.0	4.7	12	27.0	142	126	15
33	12.0	5.0	10	24.0	149	128	21
33	17.5	3.7	10	27.7	111	87	24
33	14.0	4.9	10	23.0	135	118	17
34	15.0	4.8	14	19.7	114	102	12
34	15.0	4.5	12	30.3	135	124	11
34	14.9	4.9	12	29.3	129	109	20
34	14.0	4.7	10	26.7	116	96	20
34	14.5	4.5	10	26.7	134	114	21
34	14.5	4.8	12	25.3	145	129	16
34	14.8	4.8	10	25.3	129	107	22
34	13.5	4.8	12	24.3	155	133	22
34	16.0	4.3	10	27.3	127	107	20
34	16.5	5.0	12	32.0	191	160	31

35	15.4	4.7	10	28.7	162	138	24
35	17.3	4.9	14	33.7	197	173	24
35	16.5	4.7	12	32.3	178	158	20
35	13.4	4.5	10	24.3	124	108	16
35	14.0	5.2	14	26.3	155	134	21
35	18.0	4.3	8	33.7	124	112	12
35	18.0	4.4	10	34.3	155	139	16
35	15.8	4.4	12	26.7	148	118	30
35	15.4	5.2	10	26.7	151	132	19
35	14.5	4.6	10	27.0	121	99	22
36	17.0	4.5	12	27.3	174	155	19
36	16.9	4.7	12	29.0	161	141	20
36	14.0	4.7	10	24.7	138	122	16
36	16.3	4.6	10	34.3	139	122	17
36	17.7	4.8	12	35.3	177	154	23
36	15.0	4.7	10	30.0	150	133	17
36	15.5	4.6	14	23.0	135	112	23
36	15.0	4.6	12	31.0	167	147	20
36	17.8	5.0	10	36.3	185	163	22
36	22.3	5.4	12	31.3	267	220	47
37	16.0	4.4	12	24.0	126	108	18
37	17.0	4.1	10	24.3	118	101	17
37	16.5	4.4	12	23.7	119	103	16
37	14.8	4.5	14	29.0	164	148	16
37	16.5	4.7	10	25.7	165	137	28
37	15.3	5.2	10	23.0	143	125	18
37	14.8	4.1	12	21.3	115	98	17
37	13.0	4.6	12	26.7	142	129	13
37	14.0	4.5	10	27.0	141	117	24
37	18.0	4.8	14	32.0	188	161	27
38	17.0	4.7	12	30.3	166	133	33
38	16.5	4.6	14	28.0	192	169	23
38	16.5	4.7	10	29.3	154	141	13
38	16.9	5.0	14	30.7	168	153	15
38	23.0	5.0	12	35.7	227	193	34
38	14.4	5.0	14	25.7	163	146	17
38	15.8	4.7	10	25.3	172	148	24
38	17.0	4.6	8	33.7	163	147	16
38	20.0	4.7	10	31.0	183	150	33
38	16.3	4.4	10	26.0	165	149	16
39	14.5	5.0	10	26.3	187	159	28
39	14.2	4.7	8	28.7	151	136	15
39	15.3	5.0	12	30.3	178	160	18
39	12.0	4.8	14	22.7	127	117	10
39	16.7	4.2	8	31.7	138	122	16
39	13.4	5.2	12	24.7	181	157	24
39	16.8	4.5	10	32.7	142	123	19
39	15.0	5.0	12	29.3	156	140	16
39	13.4	4.5	12	27.0	131	114	17
39	13.3	4.7	10	27.3	139	124	15
40	16.3	5.3	10	29.7	181	158	23
40	14.8	4.9	12	31.7	166	146	20
40	14.8	4.4	10	24.7	144	124	20
40	16.8	4.2	10	31.7	168	150	18
40	15.8	4.9	10	29.3	165	148	17
40	14.0	4.7	10	25.3	142	117	25
40	15.0	4.7	12	26.3	157	141	16
40	15.7	5.0	12	29.0	175	158	17

40	17.9	4.8	10	29.7	163	133	30
40	15.3	4.9	10	32.7	165	156	9
41	15.8	4.7	14	24.0	164	145	19
41	13.0	4.9	14	21.0	140	124	16
41	13.9	5.1	12	26.0	166	145	21
41	14.7	5.0	12	30.3	164	147	17
41	15.0	5.4	12	26.3	167	155	12
41	17.2	4.3	10	30.3	175	158	17
41	13.9	4.6	12	24.0	148	131	17
41	15.2	4.7	12	20.7	114	102	12
41	13.5	4.7	10	19.3	114	94	20
41	14.9	4.5	10	23.0	123	98	25
42	15.4	5.3	12	28.3	182	160	22
42	15.5	4.6	14	31.3	154	141	13
42	15.5	4.4	12	26.7	124	109	15
42	15.9	4.5	10	28.7	134	109	25
42	17.0	4.3	10	28.7	153	140	13
42	13.0	4.7	12	23.7	144	122	22
42	12.5	4.6	10	21.3	123	110	13
42	17.0	4.4	10	28.3	141	124	17
42	16.5	4.8	10	29.3	164	148	16
42	12.0	4.4	10	31.3	166	150	16
43	15.2	4.5	10	24.3	135	120	15
43	17.5	4.7	10	22.0	123	97	26
43	18.5	4.6	8	30.0	153	121	32
43	16.7	4.5	12	31.0	151	132	19
43	17.9	4.6	12	26.0	146	126	20
43	15.6	5.2	14	28.7	186	162	24
43	16.0	4.5	12	30.0	154	140	14
43	16.0	4.4	10	28.7	144	129	15
43	14.5	4.8	10	26.3	152	138	14
43	13.2	4.8	14	24.0	162	145	17
44	15.3	4.0	10	29.3	134	120	14
44	15.3	4.3	10	30.7	136	118	18
44	15.5	4.5	10	21.0	127	109	18
44	13.8	4.6	12	24.7	126	116	10
44	15.4	4.9	10	28.3	136	106	30
44	15.0	4.9	14	24.0	149	124	25
44	17.5	4.6	10	30.0	167	145	22
44	16.3	4.5	8	31.7	152	130	22
44	15.0	5.0	12	30.0	169	150	19
44	13.0	4.0	10	23.3	129	112	17
45	15.9	4.6	10	31.0	153	134	19
45	14.7	4.6	10	29.3	137	119	18
45	16.0	4.3	10	30.3	145	129	16
45	14.3	5.2	12	29.7	167	148	19
45	15.8	5.0	14	26.3	202	176	26
45	15.0	4.5	10	31.0	146	128	18
45	18.5	5.2	10	29.0	199	171	28
45	14.8	4.8	12	23.7	162	145	17
45	16.4	4.4	8	30.7	134	116	18
45	17.5	5.1	8	32.7	140	114	26
46	16.0	4.8	10	31.7	180	155	25
46	15.3	3.8	10	28.0	118	95	23
46	15.0	4.9	14	25.0	161	132	29
46	15.0	4.8	10	26.0	166	142	24
46	16.5	5.0	10	32.7	150	119	31
46	18.0	4.6	10	33.3	166	144	22

46	16.8	5.0	12	29.7	178	159	19
46	15.0	5.0	10	26.7	175	154	21
46	14.2	5.2	14	27.0	155	140	15
46	15.0	5.0	10	29.0	165	146	19
47	15.8	4.5	10	29.7	143	121	22
47	15.5	4.4	14	28.3	122	109	13
47	15.0	4.9	10	34.0	157	141	16
47	13.5	4.9	12	30.3	168	157	11
47	15.9	4.2	12	28.0	123	107	16
47	14.4	4.3	10	26.7	125	105	20
47	18.3	3.9	10	33.3	156	137	19
47	17.2	4.1	10	32.0	141	123	18
47	12.0	4.9	12	26.7	134	117	17
47	13.3	4.6	8	23.3	130	112	18
48	18.2	4.2	10	35.0	171	146	25
48	15.3	4.9	12	27.7	169	140	29
48	14.3	4.7	10	35.0	144	127	17
48	17.3	4.3	10	27.7	169	149	20
48	15.0	4.5	10	30.7	139	125	14
48	15.2	4.6	10	35.0	136	115	21
48	18.5	4.8	10	28.3	175	149	26
48	15.3	4.4	8	25.3	159	144	15
48	14.3	4.4	12	28.0	131	113	18
48	14.6	4.6	12	28.0	188	165	23
49	14.4	4.4	12	25.3	128	111	17
49	15.9	4.5	10	27.3	140	121	19
49	13.4	4.7	14	24.3	168	150	18
49	16.8	4.7	14	26.7	141	117	24
49	16.8	4.1	10	37.0	160	138	22
49	17.0	4.6	10	32.7	161	146	15
49	15.0	4.9	12	27.0	156	141	15
49	15.8	4.9	12	31.7	181	161	20
49	14.0	4.4	10	30.3	127	113	14
49	12.7	4.8	10	25.7	125	109	16
50	15.5	4.4	10	30.0	144	125	19
50	16.0	4.8	10	31.0	162	141	21
50	16.5	5.0	10	32.0	165	139	26
50	15.7	4.5	12	28.7	166	135	31
50	16.5	5.0	10	29.3	164	135	29
50	17.0	4.9	10	32.3	171	157	14
50	14.4	5.1	14	24.0	164	144	20
50	13.8	5.0	14	22.7	169	142	27
50	16.0	4.4	10	29.0	170	135	35
50	15.2	4.6	10	24.7	153	118	35
51	13.0	5.0	12	24.3	144	123	21
51	17.0	4.8	12	31.0	187	170	17
51	16.3	4.7	12	29.0	181	156	25
51	16.5	5.0	14	30.3	191	164	27
51	16.2	4.7	12	28.7	161	157	4
51	16.0	4.9	12	28.3	161	151	10
51	13.4	4.5	12	22.0	125	108	17
51	14.0	4.6	10	28.0	133	115	18
51	14.5	4.7	10	28.3	128	115	13
51	16.3	4.0	8	31.7	140	117	23
52	13.5	4.7	12	28.0	149	131	18
52	14.3	4.6	12	20.3	143	120	23
52	18.3	4.6	11	31.0	190	155	35
52	14.0	4.8	12	27.0	149	133	16

52	16.0	4.8	10	22.7	138	100	38
52	15.0	4.5	10	31.0	138	121	17
52	18.0	4.6	10	31.3	163	143	20
52	17.0	5.0	14	33.7	189	156	33
52	13.0	4.7	12	23.0	141	126	15
52	15.4	4.3	8	30.7	123	110	13
53	13.5	5.0	12	23.3	132	109	23
53	16.5	4.5	12	22.7	167	140	27
53	17.0	4.4	10	31.7	146	127	19
53	13.0	4.6	10	34.0	142	126	16
53	14.7	4.7	12	28.7	129	114	15
53	16.0	4.7	12	27.7	126	104	22
53	15.0	4.8	8	31.3	145	127	18
53	14.8	4.7	12	26.7	143	121	22
53	15.0	4.4	10	26.3	127	111	16
53	14.5	4.0	8	32.0	115	91	24
54	15.8	4.9	12	22.3	179	156	23
54	16.0	4.6	14	29.0	160	143	17
54	13.4	4.4	12	33.3	122	109	13
54	19.4	4.5	12	29.0	170	146	24
54	15.7	4.7	10	34.0	146	125	21
54	14.7	4.6	12	28.7	164	145	19
54	14.5	4.6	12	29.7	150	125	25
54	12.5	4.7	10	31.0	126	111	15
54	16.0	4.2	10	19.7	155	135	20
54	16.0	4.6	10	31.7	148	137	11
55	15.8	4.6	10	28.0	134	116	18
55	14.5	4.8	14	27.0	160	146	14
55	16.0	4.7	10	32.7	146	124	22
55	14.7	4.4	10	25.7	126	106	20
55	14.5	4.7	10	27.0	139	121	18
55	14.9	4.6	16	28.3	161	144	17
55	16.5	5.0	12	34.7	200	165	35
55	15.6	5.1	10	29.7	183	155	28
55	15.0	5.1	12	29.3	193	168	25
55	16.2	4.1	10	25.0	121	106	15
56	14.0	4.4	10	30.7	124	110	14
56	14.8	5.0	10	30.7	159	138	21
56	14.8	4.1	8	30.0	103	88	15
56	16.2	4.2	10	28.7	127	109	18
56	16.4	4.9	10	34.0	164	128	36
56	14.0	4.6	14	25.3	146	132	14
56	15.0	4.1	8	27.0	121	99	22
56	16.5	4.6	10	28.3	148	123	25
56	16.8	4.7	12	32.3	192	166	26
56	12.0	4.7	12	24.7	134	119	15
57	14.7	4.7	10	30.3	140	126	14
57	13.8	4.6	12	28.7	121	105	16
57	13.4	4.6	12	20.3	122	101	21
57	14.5	4.6	10	30.0	133	120	13
57	17.8	4.2	10	28.7	123	108	15
57	14.9	4.8	12	24.0	149	122	27
57	14.5	4.7	8	33.0	136	120	16
57	15.9	4.3	10	34.7	148	129	19
57	18.5	4.7	10	32.0	186	156	30
57	16.7	4.7	10	30.0	174	157	17
58	14.3	5.0	12	28.7	159	145	14
58	16.0	4.8	12	27.3	153	131	22

58	13.8	3.7	12	28.0	155	135	20
58	15.4	4.9	12	27.7	151	135	16
58	14.5	5.0	12	30.3	151	132	19
58	20.0	4.5	12	23.3	163	124	39
58	15.5	5.0	10	32.3	159	132	27
58	14.5	4.2	12	29.3	128	107	21
58	16.3	4.9	8	32.3	173	144	29
58	15.5	4.7	12	26.0	160	134	26
59	14.4	5.0	12	30.0	157	138	19
59	15.0	4.5	10	30.3	130	114	16
59	14.5	4.7	10	28.7	157	142	15
59	15.3	4.8	12	26.3	164	144	20
59	15.5	4.3	10	28.7	156	137	19
59	15.2	4.5	8	33.0	141	128	13
59	16.0	5.3	10	29.0	186	166	20
59	15.0	4.3	10	29.0	127	114	13
59	15.5	4.3	10	28.3	128	111	17
59	16.0	4.8	14	26.3	167	153	14
60	13.0	4.5	10	25.0	120	106	14
60	17.0	4.8	10	28.3	120	102	18
60	16.5	4.2	10	30.3	124	100	24
60	18.0	4.6	10	33.0	166	141	25
60	16.5	4.5	10	24.7	146	127	19
60	13.3	4.5	10	25.0	125	111	14
60	14.2	4.5	10	24.7	122	106	16
60	13.6	4.3	8	26.3	129	119	10
60	13.3	4.1	12	27.7	95	84	11
60	15.5	5.0	10	27.0	174	151	23

## Anexo 2. Panel fotográfico



**Fotografía 1.** Preparación del terreno del campo experimental.



**Fotografía 2.** Colocado de cintas en los surcos después de la siembra



**Fotografía 3.** Emergencia de la planta a los 10 dds



**Fotografía 4.** Crecimiento del cultivo de maíz, 24 dds



**Fotografía 5.** Crecimiento del cultivo 45 dds



**Fotografía 6.** Maduración del cultivo de maíz



**Fotografía 7.** Secado de mazorcas en el secadero



**Fotografía 8.** Pesado de las muestras

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. BLADIMIR VILCA PINTA****R.D. N° 276-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los dieciocho días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. José Antonio Quispe Tenorio Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Dr. José Antonio Quispe Tenorio, Ing. Edgar Tenorio Mancilla como asesor, Dr. Rolando Bautista Gómez y Ing. Eduardo Robles García; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays) Canaán a 2735 msnm - Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **BLADIMIR VILCA PINTA**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco 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 invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberacion y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. José Antonio Quispe Tenorio	15	13	15	14
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	17	17	17	17
Dr. Rolando Bautista Gómez	15	14	15	15
Ing. Eduardo Robles García	16	16	16	16
<b>PROMEDIO GENERAL</b>				<b>16</b>

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

**Dr. José Antonio Quispe Tenorio**  
Presidente

**Ing. Edgar Tenorio Mancilla**  
Asesor

**Dr. Rolando Bautista Gómez**  
Jurado

**Ing. Eduardo Robles García**  
Jurado

**Mtro. Rodolfo Alca Mendoza**  
Secretario Docente



## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.C.F. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

### **Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays*) Canaán a 2735 msnm – Ayacucho**

Autor : Bladimir Vilca Pinta

Asesor : Edgar Tenorio Mancilla

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de catorce por ciento (**14 %**) 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: 2713653250

Ayacucho, 12 de julio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Ing. Edgar Tenorio Mancilla  
Coordinador de Control de originalidad de  
trabajo de Investigación y tesis - FCA

# Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays) Canaán a 2735 msnm – Ayacucho

*por* Bladimir Vilca Pinta

---

**Fecha de entrega:** 12-jul-2025 01:30a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2713653250

**Nombre del archivo:** Tesis\_Bladimir\_Vilca\_27-06-2025\_CORREGIDO.docx (3.9M)

**Total de palabras:** 28640

**Total de caracteres:** 143032

# Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays) Canaán a 2735 msnm – Ayacucho

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

# Octavo ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays*) Canaán a 2735 msnm – Ayacucho

Bladimir Vilca Pinta<sup>1</sup>,  
[bladimir.vilca.01@unsch.edu.pe](mailto:bladimir.vilca.01@unsch.edu.pe)

Edgar Tenorio Mancilla<sup>2</sup>  
[edgar.tenorio@unsch.edu.pe](mailto:edgar.tenorio@unsch.edu.pe)

Áreas de investigación: Medio Ambiente  
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

## RESUMEN

En el presente estudio se evaluaron diversas variables asociadas a la productividad de la mazorca en el octavo ciclo de selección masal estratificada de maíz morado, con el propósito de estimar los componentes de varianza y los coeficientes de heredabilidad, a fin de fortalecer la base genética de la población y mejorar su rendimiento. El experimento se llevó a cabo en un área compuesta por 60 unidades experimentales, cada una conformada por tres surcos de 10 metros de largo y 0.80 metros de separación entre ellos. En cada parcela se evaluaron 10 plantas seleccionadas para el análisis de los caracteres de la mazorca. Los objetivos del estudio fueron: identificar genotipos superiores dentro de una población de maíz morado de libre polinización, mediante la estimación de parámetros genéticos como la varianza y la heredabilidad, y evaluar caracteres cuantitativos vinculados al rendimiento con fines de mejoramiento genético. Entre los resultados obtenidos destaca que los promedios poblacionales fueron de 15.60 cm en longitud de mazorca, 28.14 granos por hilera, 150.09 g en peso de mazorca, 129.91 g en peso de grano y 20.18 g en peso de tusa, evidenciando una variación altamente significativa atribuible a factores genéticos y ambientales. La varianza genética fue estadísticamente significativa en todos los caracteres, y los valores de heredabilidad estimados fueron elevados: longitud de mazorca (92 %), diámetro de mazorca (98 %), hileras por mazorca (100 %), número de granos por hilera (94 %), peso de mazorca (92 %), peso de grano (92 %) y peso de tusa (97 %). Estos valores reflejan un alto potencial de respuesta a la selección. La ganancia genética esperada por selección fue de 0.461 cm en longitud de mazorca, 0.094 cm en diámetro, 0.336 hileras, 13.389 g en peso total de mazorca, 11.812 g en peso de grano y 1.711 g en peso de tusa, lo que evidencia un progreso genético favorable en la población evaluada.

**Palabras clave:** selección masal, maíz morado, varianza genética, heredabilidad, mejoramiento genético.

# **Eighth cycle of stratified mass selection in purple corn (*Zea mays*)**

## **Canaan at 2735 meters above sea level – Ayacucho**

Bladimir Vilca Pinta<sup>1</sup>,  
[bladimir.vilca.01@unsch.edu.pe](mailto:bladimir.vilca.01@unsch.edu.pe)  
Edgar Tenorio Mancilla<sup>2</sup>  
[edgar.tenorio@unsch.edu.pe](mailto:edgar.tenorio@unsch.edu.pe)  
Research areas: Environment  
Research line: Agricultural Production Systems

### **ABSTRACT**

In the present study, various variables associated with ear productivity were evaluated in the eighth cycle of stratified mass selection of purple corn, with the purpose of estimating the variance components and heritability coefficients, in order to strengthen the genetic base of the population and improve its performance. The experiment was carried out in an area made up of 60 experimental units, each made up of three furrows 10 meters long and 0.80 meters apart. In each plot, 10 selected plants were evaluated for the analysis of ear characteristics. The objectives of the study were: to identify superior genotypes within a population of open-pollinated purple corn, by estimating genetic parameters such as variance and heritability, and to evaluate quantitative characters linked to yield for genetic improvement purposes. Among the results obtained, it stands out that the population averages were 15.60 cm in cob length, 28.14 grains per row, 150.09 g in cob weight, 129.91 g in grain weight and 20.18 g in cob weight, evidencing a highly significant variation attributable to genetic and environmental factors. The genetic variance was statistically significant in all traits, and the estimated heritability values were high: ear length (92%), ear diameter (98%), rows per ear (100%), number of grains per row (94%), ear weight (92%), grain weight (92%) and cob weight (97%). These values reflect a high potential response to selection. The genetic gain expected by selection was 0.461 cm in cob length, 0.094 cm in diameter, 0.336 rows, 13.389 g in total cob weight, 11.812 g in grain weight and 1.711 g in cob weight, which shows favorable genetic progress in the evaluated population.

**Keywords:** mass selection, purple corn, genetic variance, heritability, genetic improvement.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), planta originaria del continente americano, presenta una notable diversidad genética producto de largos procesos de domesticación y selección artificial. Entre sus variedades destaca el maíz morado, caracterizado por tener granos de pericarpio de color morado y un alto contenido de almidón en el endospermo. Esta variedad posee en su tusa (coronta) pigmentos naturales conocidos como antocianinas, las cuales son de gran interés para la industria alimentaria a nivel global debido a sus propiedades colorantes y nutraceuticas.

Desde sus inicios, el maíz ha sido mejorado genéticamente por el ser humano mediante la selección masal, realizada a lo largo del tiempo y en diversos ambientes. Esto ha generado una amplia variabilidad genética en la especie. Esta variabilidad es fundamental para los programas de mejoramiento, especialmente en poblaciones de polinización libre, que representan una alternativa accesible para agricultores con recursos limitados. Estas poblaciones, al recombinarse, pueden generar genotipos superiores si contienen alelos favorables para caracteres de interés económico (Hallauer & Miranda, 1981).

La eficacia de la selección depende del nivel de variabilidad genética presente en la población. Por ello, la estimación de parámetros genéticos como la heredabilidad y los componentes de varianza resulta crucial, sobre todo cuando la población ha sido objeto de ciclos continuos de selección. Esta información permite determinar la efectividad de los procesos de mejoramiento aplicados.

En los valles interandinos del Perú, la escasa disponibilidad de semillas mejoradas adaptadas a las condiciones locales representa una limitación constante para los productores, quienes buscan incrementar el rendimiento y el contenido de antocianinas en las mazorcas. Por ello, se propone llevar a cabo un **octavo ciclo de selección masal estratificada** sobre una población compuesta de maíz morado, con el fin de obtener variedades de mayor vigor y rendimiento, así como mejor adaptadas al uso eficiente de los nutrientes provenientes de la fertilización.

Dado que se trata de un cultivo anual con alto potencial de expansión, el maíz morado representa una fuente de ingresos atractiva y sostenible, no solo por su demanda en el mercado, sino también por sus propiedades benéficas para la salud. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivos principales:

1. Seleccionar genotipos superiores en una población compuesta de maíz morado de libre polinización, utilizando estimaciones de componentes de varianza y heredabilidad para fines de mejoramiento genético.
2. Evaluar caracteres cuantitativos relacionados con el rendimiento en dicha población, como parte del proceso de selección y mejora.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ubicación del experimento

La investigación experimental fue realizada en el Centro Experimental Canaán, perteneciente a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Este centro se localiza en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, en la provincia de Huamanga, al este de su capital, a una altitud de 2750 metros sobre el nivel del mar. Las coordenadas geográficas del lugar son 13°08'51" de latitud sur y 74°32' de longitud oeste, con una pendiente que oscila entre el 1.0% y el 2.5%. El trabajo de campo se llevó a cabo entre los meses de septiembre de 2020 y marzo de 2021.

### 2.2 Condiciones ecológicas

Según Onern (1984), citado por Paucarima (2007), el clima de la provincia de Huamanga se clasifica como una estepa espinosa montano bajo subtropical (ee-MBS), caracterizado por condiciones secas, con temperaturas frías y templadas. Este ecosistema presenta una precipitación pluvial media anual entre 250 y 500 mm, y una biotemperatura promedio que varía de 12 °C a 15 °C. Se encuentra dentro de un piso ecológico situado entre los 2200 y 3200 metros sobre el nivel del mar. Predomina una atmósfera seca que favorece el calentamiento del suelo y del aire, generando una baja presión atmosférica. Esta situación propicia corrientes convectivas que elevan las gotas de agua, provocando su solidificación y dando lugar a eventos climáticos adversos como granizadas o heladas, los cuales pueden perjudicar los cultivos.

### 2.3 Características físico químicas del suelo

Con la finalidad de evaluar el estado nutricional del suelo utilizado como sustrato en el experimento desarrollado en Canaán, se recolectaron 20 muestras de la capa superficial del terreno (hasta una profundidad de 0,25 m), en diferentes puntos del área de estudio. Posteriormente, las muestras fueron homogenizadas para conformar una muestra compuesta de aproximadamente un kilogramo. Esta fue enviada al laboratorio de suelos "Nicolás Roulet", perteneciente al Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se realizó el análisis correspondiente.

### 2.4 Características del clima

En la región de Huamanga, Ayacucho, las temperaturas oscilan entre los 18 y 23 °C, siendo el periodo de lluvias comprendido entre noviembre y marzo, mientras que los meses de junio y julio presentan descensos térmicos considerables con frecuentes heladas, lo que representa un riesgo para cultivos establecidos en áreas abiertas sin protección natural (INIA, 2007). Los registros meteorológicos fueron obtenidos de la estación climática del INIA, ubicada a 2735 m s.n.m., con coordenadas geográficas aproximadas de 13° 10' 9" de latitud sur y 74° 12' 82" de longitud oeste. Estos datos fueron utilizados para la elaboración del balance hídrico.

Durante el desarrollo del experimento (de octubre de 2013 a abril de 2014), se observaron temperaturas que fluctuaron entre los 7.2 y 28.6 °C, con el valor mínimo registrado en abril y el máximo en noviembre. La temperatura media mensual máxima fue de 27.89 °C, la media general fue de 17.96 °C y la mínima promedio mensual alcanzó los 8.03 °C, siendo los meses más cálidos octubre, noviembre y diciembre de 2018, así como marzo de 2019. En ese mismo periodo, la precipitación acumulada fue de 594.40 mm, con un rango mensual que varió entre 27.4 y 155.2 mm, alcanzando su punto más alto en enero y el más bajo en abril de 2019.

El material genético utilizado en el presente experimento correspondió al séptimo ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (*Zea mays*), desarrollado en el Centro Experimental Canaán (Ayacucho), ubicado a 2750 m s.n.m. Este compuesto fue establecido originalmente durante el periodo agrícola 2017-2018 y está conformado por una mezcla balanceada de variedades de maíz morado de libre polinización, incluyendo el PMV 581 (proporcionado por la Universidad Nacional Agraria La Molina), Negro Canaán (INIA) y morado arequipeño.

## **2.5 Parámetros de evaluación**

### **2.5.1 Longitud de la mazorca**

Esta característica se cuantificará en centímetros, midiendo la longitud comprendida desde la base hasta el extremo apical de la mazorca

### **2.5.2 Diámetro de la mazorca**

En este carácter, se midió el diámetro de la mazorca a la altura de su parte media, de forma perpendicular a su eje longitudinal, expresando el valor en centímetros.

### **2.5.3 Número de hileras por mazorca**

Este carácter fue evaluado mediante el conteo del número de hileras presentes en cada mazorca correspondiente a los tratamientos, calculándose posteriormente el promedio por mazorca.

### **2.5.4 Número de granos por hilera**

El número de granos por hilera se determinó mediante el conteo individual en cada tratamiento, calculándose posteriormente el promedio correspondiente por mazorca.

### **2.5.5 Peso de la mazorca**

El peso de la mazorca se determinó incluyendo tanto los granos como la tusa, considerando un contenido de humedad aproximado del 14 % al momento del pesaje.

### **2.5.6 Peso de grano/mazorca**

Este parámetro fue evaluado luego de la cosecha, considerando mazorcas con un contenido de humedad cercano al 14 %. El valor registrado corresponde a la diferencia entre el peso total de la mazorca y el peso de la tusa.

### **2.5.7 Peso de tusa/ mazorca**

Para esta variable se utilizó únicamente la tusa, una vez retirados los granos de la mazorca, considerando un contenido de humedad aproximado del 14 %, expresando el peso en gramos.

## 2.9 Evaluación estadística

Las observaciones del experimento fueron analizadas mediante un análisis de varianza, aplicando un Diseño Completamente Aleatorizado, el cual estuvo conformado por 10 bloques, cada uno con 6 unidades experimentales, sumando un total de 60 unidades experimentales. Cada parcela contó con 6 repeticiones. La cosecha se realizó en aquellas plantas que mostraron competencia perfecta, seleccionando las que presentaron mejores características en sus mazorcas. De este proceso se obtuvo una población compuesta por 600 plantas, cuyas mazorcas fueron almacenadas individualmente en bolsas para la toma de datos correspondientes a los caracteres evaluados, con el propósito de conformar una variedad mejorada. Para el análisis estadístico de los datos cuantitativos recolectados, se empleó un modelo aditivo lineal, destinado a la determinación de la variancia.

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Variación de caracteres dentro y entre parcelas

**Tabla 3.1**

*Cuadrados medios de siete caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm, Ayacucho*

Fuente	GL	Cuadrados medios						
		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	N° de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso total de mazorca	Peso de grano por mazorca	Peso de tusa
Entre parcelas	59	4.66 *	0.11	1.82	19.55 *	923.02*	757.1*	49.84*
Dentro de parcelas	540	2.53	0.09	2.52	11.86	490.89	413.2	36.97
Total	599							
CV (%)		10.19	6.61	14.53	12.24	14.76	15.65	30.12
Promedio		15.6	4.62	10.92	28.14	150.09	129.91	20.18

En la Tabla 3.1 se evidenciaron diferencias altamente significativas entre parcelas para los caracteres de longitud de mazorca (15.60 cm), número de granos por hilera (28.14), peso de mazorca (150.09 g), peso de grano (129.91 g) y peso de tusa (20.18 g), lo cual refleja una influencia combinada altamente significativa de la variabilidad genética y ambiental. Asimismo, se detectó significancia estadística dentro de parcelas para todos los caracteres evaluados, lo que sugiere una importante variación genética entre los individuos. Los coeficientes de variación oscilaron entre 6.61 % y 30.12 %, valores considerados aceptables para este tipo de ensayos (Calzada, 1970), aunque se resalta que el peso de tusa presentó el coeficiente más elevado (30.12 %).

Estudios previos muestran resultados comparables: Chipana (2022) halló diferencias altamente significativas en longitud de mazorca (16.56 cm), diámetro de mazorca (45.67 mm), diámetro

de tusa (24.51 mm), peso de 1000 semillas (491.48 g), peso de mazorca (142.45 g), peso de grano (124.56 g) y peso de tusa (17.89 g). De igual forma, Bautista (2018) reportó valores ligeramente superiores para la mayoría de estos parámetros, atribuyéndose esta diferencia a la influencia de las condiciones ambientales. Los promedios fueron: longitud de mazorca (16.831 cm), diámetro de mazorca (46.585 mm), número de hileras por mazorca (11.157), peso de 1000 semillas (448.867 g), diámetro de tusa (25.187 mm), peso de mazorca (150.810 g), peso de grano (130.528 g) y peso de tusa (20.592 g).

Comparando con ciclos anteriores, se observa un incremento en la mayoría de caracteres. Por ejemplo, Espinoza (2017) reportó valores inferiores para el ciclo previo, como longitud de mazorca (15.353 cm), diámetro de mazorca (4.523 cm), número de hileras (10.719), diámetro de tusa (25.87 mm), peso de mazorca (103.956 g), peso de grano (83.869 g) y peso de tusa (15.128 g). Asimismo, Quispe (2017), en el tercer ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado, obtuvo los siguientes promedios: longitud de mazorca (16.49 cm), diámetro de mazorca (46.8 mm), peso de 1000 semillas (386.24 g), 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).

### **3.2 Componentes de variancia, heredabilidad y selección**

En la Tabla 3.2 se presentan los componentes de variancia y los valores de heredabilidad estimados para siete caracteres del maíz morado. Los análisis evidencian que la variancia genética fue altamente significativa en todos los caracteres evaluados, lo cual implica que existe una base genética suficiente para la diferenciación entre los individuos del material genético utilizado, siendo esto favorable para los procesos de mejoramiento por selección.

La relación entre variancia genética y variancia fenotípica determina la heredabilidad, expresada como un porcentaje que representa la proporción de la variabilidad observada atribuible a factores genéticos. En el presente estudio, se obtuvieron valores elevados de heredabilidad: longitud de mazorca (92 %), diámetro de mazorca (98 %), número de hileras por mazorca (100 %), número de granos por hilera (94 %), peso de mazorca (92 %), peso de grano (92 %) y peso de tusa (97 %), lo cual resulta altamente favorable para lograr avances genéticos a través de selección.

Estudios previos corroboran estos hallazgos. Chipana (2022) reportó valores similares o superiores, con heredabilidades de 97.4 % para longitud de mazorca, 100 % para diámetro de mazorca e hileras por mazorca, y entre 95.6 % y 100 % para los demás caracteres. De igual modo, Bautista (2018) informó heredabilidades de 100 % para longitud de mazorca, 83.5 % para diámetro de mazorca, 99.3 % para hileras por mazorca, 94.9 % para número de granos por mazorca, 93.7 % para peso de 1000 semillas, y más de 80 % para los pesos de mazorca, grano y tusa. Valenzuela (2014), por su parte, señaló valores de 94 % y 80 % para longitud y diámetro de mazorca, respectivamente, en concordancia con los datos de Hallauer y Miranda (1981) y Quispe (1999). En otro estudio, Quispe (2017) estimó heredabilidades de entre 87.7 % y 99.7

% para diversos caracteres agronómicos, resultados similares a los obtenidos en esta investigación. Espinoza (2017), en el ciclo anterior de selección, también registró valores elevados, como 97.4 % para longitud de mazorca, 90.8 % para diámetro de mazorca y 98.0 % para peso de grano.

Bautista (2018) también reportó ganancias por selección positivas pero de menor magnitud, con incrementos de 0.124 cm en longitud de mazorca, 0.482 mm en diámetro, 0.094 en número de hileras, y hasta 8.93 g en peso de 1000 semillas. Espinoza (2017) informó respuestas a la selección de 0.356 cm (longitud de mazorca), 0.052 cm (diámetro), 0.141 (hileras), y valores entre 0.840 g y 6.036 g en pesos, con mejoras que oscilan entre 1.15 % y 5.88 %. Por su parte, Salinas (2015) registró incrementos promedios de 0.76 cm en longitud de tusa, alcanzando mejoras de 7 a 8 % según la variedad. Valenzuela (2012) indicó mejoras de hasta 17.86 % en peso de tusa y 5.63 % en peso de mazorca. Finalmente, Quispe (2017) obtuvo ganancias por selección consistentes, con mejoras modestas pero constantes en longitud de mazorca (0.128 cm), diámetro de tusa (0.039 cm), y peso de grano (5.725 g), entre otros.

**Tabla 3.2**

*Componentes de variancia, heredabilidad y selección de siete caracteres de la mazorca de maíz morado (Zea mays L.) del octavo ciclo de selección masal estratificada. Canaán 2735 msnm Ayacucho.*

Componentes de variancia, heredabilidad y selección		Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Nº de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Peso total de mazorca	Peso de grano por mazorca	Peso de tusa
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Variación genética	$\sigma_G^2$	2.528	0.093	2.517	11.864	490.889	413.197	36.972
Varian. ambiental (parcelas)	$\sigma_P^2$	0.214	0.002	0.070	0.769	43.213	34.390	1.287
Variación fenotípica	$\sigma_F^2$	2.742	0.095	2.587	12.633	534.102	447.587	38.259
Heredabilidad	$h^2$	0.922	0.979	0.973	0.939	0.919	0.923	0.966
Promedio población	$\bar{Y}_3$	15.597	4.617	10.923	28.143	150.088	129.910	20.180
Promedio selecciones	$\bar{Y}_S$	16.598	4.809	11.575	29.817	179.223	155.501	23.722
Diferencial de selección	$DS$	1.001	0.192	0.652	1.674	29.135	25.591	3.542
Ganancia por selección	$GS$	0.461	0.094	0.336	0.786	13.389	11.812	1.711
Porcentaje de mejora	%GS	2.957	2.036	3.072	2.793	8.921	9.093	8.481
Prom. población mejorada	$\bar{Y}_4$	16.058	4.711	11.258	28.929	163.477	141.722	21.891

El peso de mazorca de acuerdo con la prueba de Kolmogorov-Smirnov se distribuye normalmente ( $p > 0.05$ ), el promedio de la población seleccionada fue de 179.22 g, este es del promedio del 20 % superior por lo que se espera que el promedio de la población mejorada sea 163.48 g.

### 3.3 Relación peso mazorca con caracteres de mazorca

La relación del peso de mazorca con la longitud y el diámetro de mazorca se analizó mediante un modelo de regresión lineal múltiple, utilizando el método Stepwise para la selección de variables, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.3. Esta asociación resultó altamente

significativa, obteniéndose un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 52.4 %. Este valor sugiere que más de la mitad de la variabilidad observada en el peso de mazorca puede ser explicada por los caracteres de longitud y diámetro de mazorca, lo cual indica una influencia estadísticamente significativa de estas variables sobre el carácter dependiente.

En concordancia con este resultado, Chipana (2022) también reporta una relación altamente significativa entre el peso de mazorca y las variables de longitud y diámetro de mazorca, obteniendo un coeficiente de determinación de 99.98 %, evidenciando una correlación casi perfecta. Por su parte, Bautista (2018) informa un  $R^2$  de 98.14 %, considerando como variables predictoras la altura de planta, el peso de grano y el peso de tusa, lo que resalta la influencia directa de estos caracteres sobre el peso total de la mazorca.

Asimismo, Espinoza (2017), en un ciclo anterior de selección, obtuvo un coeficiente de determinación de 99.83 %, al modelar el peso de mazorca en función del número de hileras por mazorca, peso de grano y peso de tusa. De forma similar, Quispe (2017) empleó las mismas variables y obtuvo un  $R^2$  de 99.70 %, confirmando una fuerte asociación entre estos componentes morfológicos y el rendimiento del carácter evaluado.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de considerar múltiples caracteres morfológicos en la predicción del rendimiento, siendo el peso de mazorca una variable de interés agronómico directamente influenciada por componentes estructurales como longitud, diámetro, peso de grano y número de hileras.

**Tabla 3.3**

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

Variable	Coeficiente de regresión	Error estándar	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Intercept	-150.317	11.849	40984	160.93	<.0001
Longitud de mazorca	6.826	0.395	76235	299.36	<.0001
Diámetro de mazorca	42.049	2.121	100054	392.89	<.0001

Según los resultados obtenidos en la tabla 3.4, el análisis de regresión mediante el método Stepwise permitió establecer un orden de importancia de las variables predictoras del peso de mazorca. En primer lugar, se identificó al diámetro de mazorca como la variable de mayor influencia, seguido por la longitud de mazorca. Este orden sugiere que, si bien ambas variables son relevantes para la mejora del peso de mazorca, el diámetro presenta un mayor efecto explicativo en el modelo, lo que lo posiciona como el principal criterio de selección en los programas de mejoramiento genético orientados a este carácter.

Este resultado difiere de lo reportado por Chipana (2022), quien encontró que la longitud de mazorca es la variable más importante en la estimación del peso de mazorca, aunque reconoce que el diámetro también desempeña un rol significativo. Esta discrepancia puede atribuirse a

diferencias en el material genético evaluado o en las condiciones agroecológicas en que se condujeron los ensayos.

Por otro lado, Bautista (2018) identificó un conjunto distinto de variables explicativas, en el cual el peso de grano fue el factor más determinante del peso de mazorca, seguido por el peso de tusa y finalmente la altura de planta. Esta jerarquía de variables indica que, en su estudio, los componentes internos de la mazorca tuvieron mayor influencia sobre su peso total.

De manera similar, Quispe (2017) halló que el peso de grano representa la variable de mayor importancia, seguida por el peso de tusa, en la estimación del peso de mazorca, reforzando la relevancia de los componentes estructurales internos sobre el rendimiento.

En conjunto, estos estudios reflejan que, si bien el peso de mazorca puede ser influenciado por múltiples caracteres, el orden de importancia de estas variables puede variar dependiendo del enfoque metodológico, el material genético y las condiciones de manejo agronómico, siendo tanto los atributos morfológicos externos como los internos factores clave para una selección efectiva.

**Tabla 3.4**

*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)				
	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
11	71.9	93.0	114.0	135.0	156.0
14	92.4	113.4	134.5	155.5	176.5
17	112.9	133.9	154.9	176.0	197.0
20	133.4	154.4	175.4	196.4	217.5
23	153.9	174.9	195.9	216.9	238.0

### 3.4 Asociación entre caracteres

**Tabla 3.5**

*Coefficientes de correlación (negrita) y valor p (debajo de negrita) entre caracteres de mazorca de maíz morado (Zea mays L.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho*

	Longitud de mazorca Cm	Diámetro de mazorca cm	N° de hileras por mazorca Y3	Número de granos por hilera Y4	Peso total de mazorca g Y5	Peso de grano por mazorca g Y6	Peso de tusa g Y7
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
Y1		<b>-0.0530</b>	<b>-0.1027</b>	<b>0.4663</b>	<b>0.4594</b>	<b>0.3871</b>	<b>0.3906</b>
Longitud de mazorca		0.1949	0.0118	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Y2			<b>0.3250</b>	<b>-0.0444</b>	<b>0.5344</b>	<b>0.5225</b>	<b>0.2133</b>
Diámetro de mazorca			<.0001	0.2776	<.0001	<.0001	<.0001
Y3				<b>-0.2280</b>	<b>0.2658</b>	<b>0.2934</b>	<b>-0.0085</b>
N°Hileras por mazorca				<.0001	<.0001	<.0001	0.8352
Y4					<b>0.3682</b>	<b>0.3757</b>	<b>0.0919</b>
N° de granos por hilera					<.0001	<.0001	0.0243
Y5						<b>0.9648</b>	<b>0.4365</b>
Peso total de mazorca						<.0001	<.0001
Y6							<b>0.1847</b>
Peso de grano por mazorca							<.0001

En la tabla 3.5 se presentan los coeficientes de correlación entre siete caracteres agronómicos del maíz morado, donde se evidencia que el peso de la mazorca se encuentra significativamente asociado ( $p < 0.05$ ) con todas las variables evaluadas en el estudio. Este resultado sugiere que la selección positiva de mazorcas con mayores dimensiones—considerando variables como longitud, diámetro, número de hileras, entre otras—puede ser una estrategia eficaz para incrementar el peso de mazorca. Asimismo, es recomendable incluir en la selección características cualitativas, tales como el color morado intenso de la tusa y del grano, así como la forma de la mazorca, lo que contribuiría a mejorar no solo el rendimiento sino también la calidad del producto final.

Chipana (2022) reporta hallazgos consistentes, indicando que el peso de mazorca se encuentra significativamente correlacionado con longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tusa, peso de grano y peso de tusa. De igual modo, resalta que la selección de mazorcas con mayores dimensiones en estos caracteres es una vía eficaz para potenciar el rendimiento del cultivo.

Los resultados del presente estudio concuerdan con los hallazgos de investigaciones previas realizadas por Chipana (2022), Bautista (2018), Espinoza (2017), Quispe (2017), Valenzuela (2012) y Alca (s.f.), quienes también encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el peso de mazorca y diversos caracteres morfológicos, reafirmando la utilidad de estos indicadores en programas de mejoramiento genético del maíz morado.

## CONCLUSIONES

1. El promedio de la población en longitud de mazorca (15.60 cm), número de granos por hilera (28.14), peso de mazorca (150.09 g), peso de grano (129.91 g) y peso de tusa (20.18 g); esto indica que la variación ambiental más variación genética es altamente significativa.
2. La variancia genética fue altamente significativa en todos los caracteres, la heredabilidad para la longitud de mazorca 92 %, diámetro de mazorca 98 %, hileras por mazorca 97 %, número de granos por hilera 94 %, peso de mazorca 92 %, peso de grano 92 % y peso de tusa 97 %; estos valores son considerados altos y favorables para la selección.
3. La ganancia por selección en los caracteres de: Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, peso total de mazorca, peso de grano por mazorca y peso de tusa fueron 0.461 cm, 0.094 cm, 0.336, 0.786, 13.389 g, 11.812 g y 1.711 g, respectivamente.

4. La variación del peso de mazorca, está relacionada con alta significación estadística sobre la longitud de mazorca y diámetro de mazorca por lo que se demuestra que por cada centímetro de incremento de la longitud de mazorca el peso de mazorca se incrementa en 6.83 gramos, por cada centímetro de incremento del diámetro de mazorca, el peso de mazorca se incrementa en 42.05 gramos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alca, M. R. (2002). *Selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays L.) Canaán 2750 msnm- Ayacucho. UNSCH- Ayacucho- Perú*. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Formación Profesional de Agronomía UNSCH. Ayacucho – Perú.
- Calzada, B. J. (1970). *Métodos estadísticos para la investigación* 3ra Edit. Editorial Jurídica S.A. Lima – Perú.
- Chipana, V.A.M (2022) *Sexto ciclo de selección masal estratificada de un compuesto de maíz morado (Zea mays L.) Canaán, 2750 msnm –Ayacucho*. Tesis para obtener título de Ingeniero agrónomo
- 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.
- Hallauer, A. y Miranda, B. (1981). *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Iowa State University. Press/Ames. 468p.
- INIA (2007). Estación Experimental Agraria Canaán –Ayacucho- 2007 “*Nueva variedad de maíz morado para la sierra peruana*”.
- 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 Formación Profesional de Agronomía UNSCH. Ayacucho – Perú.
- 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). *Cuarto 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. Sin publicar.

- Salinas, R. (2015). *Mejoramiento poblacional de un compuesto de maíz morado (Zea mays L) Canaán 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.
- Valenzuela, Y. M. (2014). *Selección masal estratificada en maíz morado (Zea mays L.) II etapa Canaán 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.