

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



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

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

**PRESENTADO POR:**  
Samuel Quispe Mendoza

Ayacucho - Perú

2017

Al Dios todopoderoso que ilumina mi  
humilde razón y mi desenvolvimiento sobre  
la faz de la tierra.

A mis padres: Marcial y Alicia, quienes con  
su esfuerzo imparable y sacrificio hicieron  
hasta lo imposible para lograr mis objetivos  
y aspiraciones.

A mi incomparable Roció, Naydeli Jhisel y  
Samy Luana quienes con su mirada alegre y  
feliz me insta la razón perfectible a cada  
instante para seguir adelante.

A mis hermanos: Norma, Saida, Rethetz y  
Nori, por el apoyo y confianza que me  
tienen.

## **AGRADECIMIENTO**

La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Agronomía, alma mater de mi formación profesional, institución vigilante de la cultura, ciencia y tecnología; al impartir conocimientos, formador de profesionales capaces de impulsar el desarrollo de nuestra región.

Al Centro Experimental Canaán de la UNSCH, por haber permitido y confiado en la conducción del presente trabajo de investigación.

A mi asesor de tesis M. Sc. Ing. José Antonio Quispe Tenorio, por asesoramiento y al Ing. Edgar Tenorio Mancilla, por su apoyo incondicional durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la plana docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su enseñanza, orientación y contribución en el logro de mi formación profesional.

## ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Índice general.....	iii
Resumen.....	1
Introducción.....	3

### CAPÍTULO I

#### MARCO TEÓRICO

1.1. Origen y distribución.....	5
1.2. Taxonomía.....	7
1.3. Morfología de la planta.....	7
1.3.1. Raíz.....	7
1.3.2. Tallo.....	8
1.3.3. Hoja.....	9
1.3.4. Inflorescencia y flores.....	9
1.3.5. Fruto.....	11
1.4. Exigencias agroecológicas.....	11
1.4.1. Clima.....	11
1.4.2. Suelo.....	12
1.4.2.1. Nitrógeno (N).....	12
1.4.2.2. Fosforo (P).....	13
1.4.2.3. Potasio (K).....	13
1.4.2.4. Nutrientes secundarios y micro nutrientes.....	14
1.4.2.5. El pH del suelo.....	14
1.4.3. Agua.....	14
1.4.4. Época de siembra.....	15
1.4.5. Efectos de la densidad de siembra.....	15
1.5. Composición química del maíz morado.....	15
1.6. Mejoramiento genético.....	16
1.7. Mejoramiento por selección.....	17
1.8. Mejoramiento por selección masal.....	17

1.9	Selección masal estratificada.....	19
1.9.1	Marcado del lote.....	20
1.10	Rendimiento, caracteres de la mazorca.....	21
1.11	Genética del maíz morado.....	22
1.12	Variedades del maíz morado.....	23

## **CAPITULO II**

### **METODOLOGÍA**

2.1.	Ubicación del experimento.....	25
2.2.	Condiciones ecológicas.....	25
2.3.	Características del suelo.....	25
2.4.	Características climáticas.....	26
2.5.	Material genético empleado.....	30
2.6.	Distribución de unidades experimentales.....	31
2.7.	Croquis de la unidad experimental.....	31
2.8.	Campo experimental.....	31
2.9.	Características evaluadas.....	33
2.10.	Evaluación estadística.....	34
2.11.	Análisis genético.....	34
2.12.	Instalación y conducción del experimento.....	35

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1.	Elección de genotipos superiores.....	39
3.1.1.	Variación de caracteres entre y dentro de parcelas.....	39
3.1.2.	Componentes de variancia, heredabilidad y selección.....	42
3.2.	Relación peso mazorca con caracteres de mazorca.....	44
3.3.	Asociación entre caracteres.....	47
	Conclusiones.....	49
	Recomendaciones.....	50
	Referencia Bibliográfica.....	51
	Anexo .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. Composición química del maíz morado y de la chicha morada (Contenido en 100 g de la parte comestible) .....	16
Tabla 2.1. Análisis físico químico del suelo del Centro Experimental Canaán-UNSCH, 2735 m.s.n.m.- Ayacucho, 2015 .....	26
Tabla 2.2. Datos climatológicos correspondientes a la campaña agrícola 2015-2016 de la estación meteorológica de INIA– Ayacucho. ....	28
Tabla 2.3. Característica del material genético utilizado. Planta de polinización libre. ....	30
Tabla 3.1. Cuadrados medios de ocho caracteres de la mazorca de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) del quinto ciclo de selección masal estratificada, Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	41
Tabla 3.2. Componentes de variancia, heredabilidad y selección de ocho caracteres de la mazorca de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) del quinto ciclo de selección masal estratificada, Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	43
Tabla 3.3. Análisis de variancia de la regresión lineal múltiple con selección de variables por el método Stepwise del peso de mazorca sobre el peso de grano y peso de tuza en maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	45
Tabla 3.4. Análisis de variancia de los coeficientes de regresión lineal múltiple del peso de mazorca sobre el peso de grano y peso de tuza en maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	45
Tabla 3.5. Resumen de selección de Stepwise con las variables peso de grano y peso de tuza incluidas en maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	46
Tabla 3.6. Peso de mazorca (g) de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) para valores diferentes de peso de grano y peso de tuza, Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	46
Tabla 3.7. Coeficientes de correlación entre caracteres de mazorca de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Parcelas o lotes de selección masal y los sub lotes de selección.	20
Figura 2.1. Diagrama Ombrotérmico de la Campaña Agrícola 2015 -2016, de la Estación Meteorológica de INIA, Ayacucho. ....	29
Figura 2.2. Esquema de la parcela. ....	31
Figura 2.3. Croquis del campo experimental. ....	32
Figura 3.1. Regresión de peso de mazorca (g) de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) sobre peso de grano y peso de tuza. Canaán 2735 msnm, Ayacucho. ....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Álbum fotográfico del trabajo de investigación. ....	56

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado, Quinto ciclo de selección masal estratificada en maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán 2735 msnm – Ayacucho; tiene como objetivo seleccionar genotipos superiores en una población de maíz morado mediante la evaluación de caracteres cuantitativos, con fines de mejoramiento genético. El material utilizado fue el maíz morado de una cuarta selección masal estratificada; y se sembró el día 30 de diciembre del 2015 en distanciamiento entre surco a 0.80 m, 0.20 m entre golpes y 01 semilla por golpe a la altura de las cintas de riego por goteo. La cosecha se realizó el 30 de mayo del 2016 seleccionando las mazorcas con las mejores características fenotípicas y los datos obtenidos de las 8 características de mazorca se evaluaron, mediante el Diseño Completamente Randomizado (DCR) de 50 parcelas, con los resultados se realizó el análisis de variancia y el cálculo del parámetro genético (variancia, heredabilidad y selección). Los componentes de la variancia, heredabilidad y selección de los caracteres de longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza. La variancia genética fue altamente significativa en los caracteres y la variancia ambiental fue mínima. La heredabilidad ( $h^2$ ) para los caracteres de la longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza respectivamente; son considerados altos y favorables para selección. La ganancia por selección es 0.126 cm para longitud de mazorca, 0.077 cm diámetro de mazorca, 0.370 número de hileras por mazorca, 6.531 g peso de 1000 semillas, 0.039 g diámetro de tuza, 6.165 g peso de mazorca, 5.725 g peso de grano por mazorca y 0.437 g peso de tuza. La selección de variables por el método Stepwise muestra la existencia de la relación funcional del peso de mazorca ( $Y_i$ ) sobre el peso de grano ( $X_1$ ) y el peso de tuza ( $X_2$ ). El mejor modelo proporciona la ecuación,  $\hat{Y} = -0.245 + 0.998 X_1 + 1.027 X_2$ . La variable de mayor importancia en la predicción del peso de mazorca es el peso de grano por mazorca con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 96.67 %. La correlación con alta significación estadística es 98.3% del peso de la mazorca con relación al peso de grano por mazorca y peso de tuza sin embargo con otros caracteres es menor al 50%.





## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea de las más antiguas, extendiéndose desde México, los andes del Perú, Bolivia, Ecuador y Argentina; estando representado en diferentes objetos cerámicos como en la cultura mochica que data hace 2500 años; y ocupa el segundo lugar a nivel mundial después del trigo como fuente de alimentación humana.

La variedad morada, es una raza del maíz peruano; una mazorca constituye un 85% por grano y 15% de coronta, este fruto contiene el pigmento denominado antocianina (cianidina-3- $\beta$ -glucósido), que se encuentra en mayor cantidad en la coronta y en menor proporción en el pericarpio (cascara) del grano. Es uno de los principales alimentos de la dieta peruana. La variedad genéticamente mejorada de maíz morado ofrece la ventaja de ser más vigorosa en su crecimiento y por lo tanto tener un rendimiento más alto, debido a la utilización más eficiente de los elementos nutritivos con que se dispone.

El productor, busca en forma constante, los procedimientos más eficientes para aumentar la productividad y mejorar la calidad del producto. Entonces, surge la necesidad de mejoramiento de las variedades locales que pueden llevarse a cabo por medio de diversos procedimientos y en varios aspectos. Los rendimientos máximos no se pueden obtener solamente por la utilización de variedades mejoradas o por la aplicación de prácticas culturales superiores, ambos deben recibir atención adecuada.

La selección masal es el método de mejoramiento más antiguo y simple, basado en la selección intrapoblacional de individuos de acuerdo a su fenotipo que merece consideración como un método rápido y económico de selección en nuevas áreas y complementario de otros métodos más complejos y costosos.

Al presente este método es la base de la selección masal estratificada que minimiza el efecto del ambiente. En la actualidad esta técnica es ampliamente utilizada en los programas nacionales de mejoramiento del maíz. Bajo los lineamientos indicados se planteó el siguiente experimento con los objetivos que se mencionan.

1. Seleccionar genotipos superiores de maíz morado mediante estimadores de los componentes de variancia y heredabilidad, con fines de mejoramiento genético.
2. Evaluar caracteres cuantitativos de rendimiento en una población de maíz morado, con fines de mejoramiento genético.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN.**

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta oriunda de América, fue uno de los principales alimentos de las numerosas tribus indígenas en la época precolombina (Arroyo et al., 2010).

Justiniano (2010) menciona en su tesis señalado por López (1991) que el maíz era desconocido por los europeos hasta el año 1492. Según las crónicas, los hombres de Colón lo descubrieron el 6 de noviembre de 1492, cuando exploraron la isla de Cuba, y encontraron un grano que llamaban Ma-Hiz (vocablo Taíno). Este era cultivado desde Canadá hasta la Patagonia, constituyendo el alimento básico de las civilizaciones Aztecas, Mayas e Inca. Para muchos autores el nivel cultural de estas civilizaciones no se hubiera alcanzado sin el maíz, ya que desempeñaban un papel predominante en las creencias y ceremonias religiosas como elemento decorativo de cerámicas, tumbas, templos y esculturas, siendo además motivo de leyendas, y tradiciones que resaltan la importancia económica, agrícola y social de su cultivo. El maíz era considerado casi como un dios, rindiéndole culto y siendo objeto del folklore y ritos religiosos. La primera introducción en Europa fue realizada por Colón en 1494, a la vuelta de su segundo viaje, con maíces provenientes de Cuba y Haití. Posteriormente las introducciones vendrían de México y Perú. Se han encontrado restos de este cereal desde Canadá hasta el norte de Argentina; el origen del maíz es muy remoto. Se cultiva en el Perú desde épocas precolombinas y era conocido como moro sara o kulli sara; su antigüedad está comprobada por las mazorcas encontradas en las tumbas, así como las representaciones en la cerámica precolombina. En los Andes la representación del maíz está presente prácticamente en todas las culturas y casi siempre en un contexto religioso.

Justiniano (2010) manifiesta que el maíz fue domesticado hace aproximadamente 8,000 años en Mesoamérica (México y Guatemala). El ecosistema donde se desarrollaron los primeros tipos de maíz fue estacional (inviernos secos alternados con inviernos lluviosos) y una altura de más de 1500 msnm; estas características también describen el área principal ocupada por los parientes más cercanos del maíz, el Teocintle (*Zea mays* L. *ssp mexicana*) y el género *Tripsacum* (*Zea mexicana* Scharader kuntze), al contrario del trigo (*Triticum aestivum*) y el arroz (*Oryza sativa*), el maíz ha dejado un rastro oscurecido por su complejidad, ya que no existe formas intermedias vivientes entre el maíz silvestre y las 50 variedades de maíz que han evolucionado bajo la selección agrícola.

Valenzuela (2014) menciona a Llanos (1984) donde afirma que, entre las numerosas hipótesis defendido por muchos grupos de investigadores, se destaca los 3 más probables:

- El *Tripsacum*, el teosintle y el maíz son descendientes de una especie actualmente extinguido.
- El maíz descendiente del Teosintle, bien por selección del hombre, por cruzamiento con otras especies actualmente extintas o mediante una mutación previa.
- El ancestro silvestre del Maíz domesticado actual fue el maíz tunicado reventón, actualmente desaparecido, el Teosintle es el resultado de la hibridación entre el Maíz y el *Tripsacum*.

Valenzuela (2014) menciona a Fopex (1985) donde reporta que hay diversas variedades de Maíz Morado; todos ellos provienen de una raza ancestral denominada “KCULLI” que todavía se cultiva en el Perú, restos arqueológicos con mazorcas que han encontrado en Ica, Paracas, Nazca y otros lugares de la costa central.

Quispe (2007) menciona que el cultivo de maíz morado se cultiva principalmente en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, Ancash, Lima y Arequipa con semillas obtenidas de diversas procedencias; mercado central de la Parada en Lima, mercados locales, tiendas de la localidad, semillas obtenidas de Asociaciones de productores de

semilla la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) o del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA).

## 1.2. TAXONOMÍA

Cronquist (1981) afirma que el maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea, su descripción taxonómica es la siguiente:

REINO	: Plantae
DIVISIÓN	: Magnoliophyta
CLASE	: Liliopsida
SUBCLASE	: Commelinidae
ORDEN	: Poales
FAMILIA	: Poaceae
GÉNERO	: <i>Zea</i>
ESPECIE	: <i>Zea mays</i> L.
Nº DE CROMOSOMAS	: 20=2n
NOMBRE COMÚN	: Maíz morado

## 1.3. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

Manrique (1997) señala que el maíz es una planta monoica anual, que en periodo muy corto de tres a siete meses, puede transformar diferentes elementos minerales en sustancias complejas de reserva localizados en el grano.

### 1.3.1. Raíz

Manrique (1997) considera que la raíz se origina en la redícela del embrión, a partir del punto de crecimiento del hipocolito, luego de la salida del coleoptilo por alargamiento del mesocotilo a los ocho días, en las coronas o nudos, superpuestos en la base del tallo se inicia el desarrollo de los primordios radiculares que constituirán el sistema radicular fibroso definitivo, eliminando el sistema radicular seminal inicial.

Llanos (1984) determina que el maíz posee un sistema radicular fasciculado bastante extenso formado por tres tipos de raíces: Las raíces primarias emitidas por la semilla comprenden la radicular y las raíces seminales. La radícula demora entre 2 a 4 días

en romper la cubierta del pericarpio luego del crecimiento inicial de la radícula, aparecen casi simultáneamente tres raíces seminales. Las raíces principales o secundarias que comienzan a formarse a partir de la corona, por encima de las raíces primarias, constituyen casi la totalidad del sistema radicular.

En condiciones óptimas puede alcanzar hasta 2 m. Las raíces aéreas o adventicias nacen el último lugar en los nudos de la base del tallo por encima de la corona, cumple básicamente la función de sostén, permitiendo a la planta un mejor anclaje; además y aunque limitadamente participan en la absorción de agua y nutrientes.

### **1.3.2. Tallo**

Manrique (1997) manifiesta que cuando las plántulas tienen 40 a 60 cm de altura, el punto de crecimiento sale del nivel del suelo con 8 a 10 hojas.

En este estado, el tallo presenta la forma de un pequeño cilindro piramidal terminado en punta de 20cm de longitud y 2.5cm de diámetro aproximadamente. A partir de esta etapa el tallo comienza a alargarse rápidamente iniciándose el periodo de crecimiento, formando una estructura longitudinal y cilíndrica muy frágil, con 20 a 25 nudos, entrenudos y sus correspondientes hojas, yemas axilares y la panoja perfectamente formada

Llanos (1984) menciona que el tallo está formado por entrenudos separados por nudos más o menos distantes. Cerca del suelo, los entrenudos son cortos y de los nudos inferiores nacen las raíces aéreas. Su sección es circular; pero desde la base hasta la inserción de la mazorca presenta una depresión que se va haciendo más profunda conforme se aleja del suelo.

Justiniano (2010) menciona a Takhtajan (1980) donde reporta que el tallo es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una medula esponjosa si se realiza un corte transversal.

Quispe (2007) menciona a Corpas et al., (1996) que el número de nudos es variable, así como su longitud y va de un número de 12 a 24.

### **1.3.3. Hoja**

Manrique (1997) afirma que las hojas son generalmente largas y angostas, envainadoras, formados por la vaina y el limbo, con nervaduras lineales y paralelas a la nervadura central.

Llanos (1984) menciona que el maíz lleva en promedio de 15 a 30 hojas alargadas y abrazados (de 4 a 5cm de ancho por 30 a 50cm de longitud), de borde áspera, finamente ciliada y algo ondulada.

Quispe (2007) menciona a reyes (1985) donde indican que las hojas nacen en los nudos en la parte inferior inmediatas a las yemas florales femeninas. Su distribución alterna a lo largo del tallo. En los maíces de clima caliente las hojas son perpendiculares, anchas y largas; en las variedades de clima frío las hojas son más angostas y cortas, más colgantes y muy flexibles.

Justiniano (2010) menciona a Takhtajan (1980) donde reporta que las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervadas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.

### **1.3.4. Inflorescencia y flores**

Manrique (1997) menciona que el maíz es una planta monoica con flores unisexuales en la misma planta (monoica), las masculinas o estaminadas agrupan en una inflorescencia denominada panoja o penacho, y las femeninas o pistiladas agrupadas en una espiga modificada llamada mazorca o espata. Las ramas primarias ubicadas en la panoja se asientan en las espiguillas formadas por pares de espiguillas, que siguen un arreglo dístico o simple espiral, cada espiguilla es biflora, es decir, que está formada por dos flores masculinas o estaminadas, cada una de ellas presentan un pistilo rudimentario y tres estambres; y cada estambre tiene dos anteras que producen abundante polen. Las espiguillas están cubiertas exteriormente por las glumas, seguidas por las lemmas; luego las dos florecillas están separadas por las paleas. Además, cada espiguilla sentada sobre la coronta o mazlo está formado por el pistilo con un largo estilo o varaba y tres estambres rudimentarios. El pistilo de la flor fértil



consta del ovario con un largo estilo llamado barba o cabello, en cuyo extremo se encuentra el estigma que puede ser unicelular o multicelular. El óvulo es de tipo campilotropo.

Llanos (1984) considera que el maíz es una planta monoica, es decir, lleva en cada pie de planta flores masculinas y femeninas. Las flores masculinas se agrupan en una panícula (penachos o pendones) terminal, y las femeninas se reúnen en varias espigas (panojas o mazorcas) que nacen de la flor masculina y tienen de 6 a 8mm; salen por parejas a lo largo de muchas ramas finas de aspecto plumoso, situada en el extremo superior del tallo. Cada flor masculina tiene tres estambres, largamente filamentados. Las espículas (espiguillas) femeninas se agrupan en una ramificación lateral gruesa, de forma cilíndrica, cubierta por brácteas foliadas. Sus estilos sobresalen de las brácteas y alcanzan una longitud de 12 a 20cm, formando en su conjunto una cabellera característica que salen por el extremo de la mazorca, se conoce generalmente con el nombre de sedas o barbas.

Justiniano (2010) menciona a Takhtajan (1980) donde reporta que el maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgar denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presenta tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido de granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral.

Quispe (2007) menciona a reyes (1985) donde indica que el maíz es una planta monoica de flores muy separadas y bien diferenciadas en las mismas plantas de maíz las flores que producen los granos de polen, se localizan en inflorescencia terminal llamado panícula, espiga o miahuatl. Las flores pistiladas se localizan en las yemas florales de las plantas de maíz que emergen en las axilas de las hojas y que en el proceso de su desarrollo se denominan yemas florales pistilada, jilote, elocinte y mazorca.

### **1.3.5. Fruto**

Manrique (1997) afirma que los granos están cubiertos por la cutícula y el pericarpio que forma una envoltura delgada y seca de origen maternal. En el interior del pericarpio se encuentra el embrión y el endospermo; siendo esta último el almacén de reserva de carbohidratos, proteínas y vitaminas.

Llanos (1984) reportó que el fruto (grano o semilla) es una cariósida formado por la cubierta o pericarpio (6%) el endospermo (80%), y el embrión o el germen (semilla 11%). Cada flor femenina, si es fecundada en su momento, dará lugar a un fruto en forma de grano, más o menos duro, lustroso de color amarillo, púrpura o blanco, los frutos quedan agrupadas formando hileras alrededor de un eje grueso.

Justiniano (2010) menciona a Takhtajan (1980) donde reporta que el grano o fruto del maíz es un cariópse. La pared del ovario o pericarpio esta fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para formar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales; la pared, el embrión, diploide y el endospermo triploide. La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona.

## **1.4. EXIGENCIAS AGROECOLÓGICAS**

### **1.4.1. Clima**

Quispe (2007) menciona a Corpas (1996) donde indica que el maíz no tolera el frío, a no ser, que sea por corto tiempo. En primavera resiste hasta  $-3.5^{\circ}\text{C}$  y en otoño hasta  $-1.0^{\circ}\text{C}$ , como valores mínimos y como ya se ha dicho, solo breves horas. En el mes de floración y de crecimiento, necesita las horas de sol normal. Es una planta de días cortos, por lo que en zonas de días largos puede retrasarse la floración y la madurez; su altura se hace sensible a los vientos fuertes.

Justiniano (2010) menciona lo dicho por Aldrich y Leng (1974) donde indica que los periodos críticos de unas temperaturas altas o bajas pueden ser muy perjudiciales. Así sucede durante la fecundación (un exceso de calor la perjudica el proceso fisiológico de la planta de maíz) y durante la maduración (no deben sobrevenir heladas).

### **1.4.2. Suelo**

Justiniano (2010) menciona lo dicho por Sevilla y Valdez (1985) donde indica que el maíz requiere de una cuidada preparación del suelo, puesto que sus raíces necesitan asimilar una gran cantidad de nutrientes en espacios de tiempo muy cortos, de unos 40 a 60 días; por lo tanto, deben disfrutar de adecuadas labores que permitan incorporar al suelo, con la máxima antelación posible, las aportaciones de estiércoles, purinas o rastrojos, facilitan la estructuración del mismo.

Justiniano (2010) menciona lo dicho por Sevilla y Valdez (1985) donde indica que los procesos bioquímicos de la transformación de la materia orgánica fresca, especialmente cuando es rica en nitrógeno, ayuda a la formación temporal de importantes cantidades de nitritos sumamente tóxicos, para cualquier proceso de germinación de semillas; por lo tanto, su incorporación al suelo debe anticiparse por lo menos 50 días antes de la siembra.

Quispe (2007) menciona a Yuste (1998) donde indican que el maíz se adapta bien a diferentes suelos agrícolas siendo su pH preferido el de neutro o ligeramente ácido (pH=6 a 7). Quizás la única limitación estriba en los suelos demasiados calizos y muy alcalinos, que pueden bloquear la disponibilidad de cierto micro y macro elementos. El maíz debe cultivarse bajo un sistema de riego o en aquellas zonas de pluviometría elevada, puesto que es muy exigente en el estadio de floración y llenado de granos.

#### **1.4.2.1. Nitrógeno (N)**

El nitrógeno se encuentra en forma libre como componente de aire; en forma orgánica, constituyendo la formación del tejido y órganos vegetales, animales, desechos y en forma mineral como compuestos simples (Rodríguez, 2001) es mencionado por (Aguilar, 2008). El nitrógeno en la planta es esencial para el crecimiento ya que forma parte de cada célula viva. La planta absorbe el nitrógeno en forma de iones amonio ( $\text{NH}_4$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y algo en forma de urea y aminoácidos solubles por el follaje. En casos de deficiencia las plantas se tornan de un color amarillento ya que se le dificulta la síntesis de clorofila (INPOFOS, 1997) es mencionado por (Aguilar, 2008).

#### **1.4.2.2. Fosforo (P)**

La planta absorbe el fósforo como iones orto fosfato primario ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ) y en pequeñas cantidades como orto fosfato secundario ( $\text{HPO}_4$ ) este elemento depende mucho del pH para que sea aprovechado por las plantas, su deficiencia se nota principalmente en las hojas viejas por su movilidad a las partes apicales, frutos y semillas. Los síntomas de deficiencia son el enrojecimiento del follaje más viejo, hojas distorsionadas y puede retardar la madurez del cultivo (INPOFOS, 1997) es mencionado por (Aguilar, 2008).

Las plantas deficientes de fósforo son de crecimiento lento y a menudo enanas a la madurez (Miller, 2008) es mencionado por (Aguilar, 2008).

Un gran número de plantas afectadas por deficiencias fosfóricas presentan un sistema radicular raquíticamente desarrollado, acompañado de síntomas generales de perturbación en su crecimiento. Las hojas y tallos de las plantas deficientes son frecuentemente pequeñas muestran una coloración verde-rojiza, purpúrea o bronceada. La floración y la madurez son retardadas permaneciendo pequeñas las semillas y los frutos (Gross, 1996) es mencionado por (Aguilar, 2008). El exceso de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costo del crecimiento vegetativo. Además de ellos, las deficiencias de elementos menores (particularmente zinc y hierro) han sido atribuidas en ciertos casos a un exceso de fosfatos que origina depresiones en el rendimiento (Jacob y Kull, 1964) es mencionado por (Aguilar, 2008).

#### **1.4.2.3. Potasio (K)**

Aguilar (2008) según INPOFOP (1997), menciona que “el potasio es absorbido por la planta de forma iónica ( $\text{K}^+$ ) a diferencia de N y P que forman compuestos orgánicos”. El  $\text{K}_2\text{O}$  tiene como funciones la síntesis de proteínas; controlar el balance iónico; activa sistemas enzimáticos del metabolismo de las plantas; es importante en la formación de los frutos ayuda a resistir heladas y ataque de enfermedades. En caso de deficiencias los síntomas son marchitamiento y quemaduras del borde de las hojas además el crecimiento es lento, mal desarrollo

radicular y tallos débiles por consiguiente acames. Las semillas son de mala calidad y muy pequeñas.

#### **1.4.2.4. Nutrientes secundarios y Micro Nutrientes**

El Ca, Mg y S son secundarios por las cantidades absorbidas, son por su importancia además estos están interactuando con otros nutrientes. Los micro nutrientes que son el B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo y Zn de igual manera son sumamente importantes con la diferencia que son absorbidos en pequeñísimas cantidades. Cuando todos los nutrientes están en equilibrio el desarrollo de los cultivos es de lo más normal pero basta el déficit de uno de ellos para que los problemas se presenten INPOFOS (1997) es mencionado por Aguilar (2008).

#### **1.4.2.5. El pH del suelo**

Aguilar (2008) según INPOFOS (1997) define al pH del suelo como la relativa condición básica o acida. La escala de pH cubre un rango de 0 a 14. Un nivel de pH 7 es neutro, sobre 7 básico y al contrario ácido. Para una adecuada agricultura es necesario manejarse con valores de pH neutro o no alejado de este valor ya que caso contrario el cultivo se verá afectado por el bloqueo de nutrientes o toxicidad.

#### **1.4.3. Agua**

Justiniano (2010) según López (1991) menciona que el maíz es una de las plantas con mejor utilización del agua puesto que solo emplea unos 350 kg de agua para formar 1kg de materia seca. El agua es un elemento determinante de su producción y los máximos rendimientos solo se obtiene cuando se satisface toda su demanda evapotranspirativa. Existe un periodo crítico de gran sensibilidad a las condiciones de sequía, que se sitúa entre unos 20 días antes de la floración masculina y termina unos 20 días después de la polinización, al secado de las sedas o estigmas.

Durante este período la falta de riego durante un turno 14 días, puede ocasionar una pérdida del 60% de la producción. Las aportaciones de agua deben ser iguales o 1.1 veces superiores a la evaporación terrestre del cultivo. Según zonas, estas necesidades representan entre 6,500 a 8,500 m<sup>3</sup>/ha. El riego puede suponer más del 20% de los gastos variables del cultivo.

Justiniano (2010) menciona a Aldrich y Leng (1974) dice que cuando la disponibilidad de agua para el riego sea dudosa para que alcance la época habitual de la floración del maíz en la zona, resulta muy interesante plantearse la siembra de variedades de ciclos más cortos después del período de heladas. De esta forma, la planta habrá superado la fase crítica de la floración cuando empiecen escasear los caudales para el riego. Las menores producciones de estos híbridos a pleno rendimiento son superiores o iguales a las conseguidas por los híbridos de ciclos largos que puedan sufrir los desastres de una sequía.

#### **1.4.4. Época de siembra**

Justiniano (2010) menciona a Sevilla y Valdez (1985) que debido a que existe una extraordinaria diversidad de condiciones climáticas, el maíz es un cereal que se puede sembrar durante todo el año teniendo dos épocas de siembra las más adecuadas, desde abril a agosto (siembra de invierno) y de noviembre a febrero (siembra de verano).

#### **1.4.5. Efectos de la densidad de siembra**

Manrique (1999) menciona que el maíz morado, es una planta de porte bajo y el objetivo del cultivo es obtener mayor número de mazorcas con tuzas completamente pigmentadas, por lo tanto, la densidad de siembra es muy importante.

### **1.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MAÍZ MORADO**

Collazos (1962) mencionado por Araujo (1995) reporta mediante un análisis la composición química del maíz morado y la chicha morada que se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 1.1** Composición química del maíz morado y de la chicha morada (Contenido en 100 g de la parte comestible).

<b>COMPONENTES MAYORES (g) MENORES (mg)</b>	<b>MAIZ MORADO</b>	<b>BEBIDA (Chicha)</b>
<b>Calorías</b>	357.00 g	20.00 g
<b>Agua</b>	11.40 g	95.00 g
<b>Proteína</b>	6.70 g	0.00 g
<b>Carbohidrato</b>	76.90 g	5.00 g
<b>Fibra</b>	1.80 g	---
<b>Ceniza</b>	1.70 g	0.10 g
<b>Calcio</b>	12.00 mg	24.00 mg
<b>Fosforo</b>	328.00 mg	4.00 mg
<b>Hierro</b>	0.02 mg	1.30 mg
<b>Cianidina o antocianina</b>	0.06 mg	---
<b>Tiamina</b>	0.38 mg	0.00 mg
<b>Riboflavina</b>	0.02 mg	0.10 mg
<b>Niacina</b>	2.80 mg	0.04 mg
<b>Ácido ascórbico reducido</b>	0.00 mg	0.00mg

Fuente: Collazos (1962) mencionado por Araujo (1995) reporta la composición química del maíz morado y chicha morada.

## 1.6. MEJORAMIENTO GENÉTICO

El mejoramiento de las especies es el arte y ciencia que permite cambiar y mejorar la herencia de las plantas. En el pasado fue muy discutido, dicho mejoramiento se practicó por primera vez, cuando el hombre aprendió a seleccionar las mejores plantas; por lo cual la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento de las cosechas indiscutiblemente, los resultados de los primeros esfuerzos del hombre en la selección de las plantas constituyeron importantes contribuciones para el desarrollo de muchas de las plantas cultivadas independientemente de lo poco conscientes que hayan estado en sus propios esfuerzos, en ese principio. A medida que sus conocimientos respecto a las plantas iban acumulando, estaban en posibilidades de hacer sus selecciones más inteligentes (Vallejo y Estrada, 1992).

### **1.7. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN**

Sumar (1993) menciona que en variedades de polinización libre de plantas alogamas encuentra en general una gran variación que hace de cada planta prácticamente un híbrido diferente de cualquier otro, así cuando se selecciona la semilla de un individuo, el único progenitor que se conoce es el femenino. En el momento en que se toma semillas de esa planta para reproducirla, no se sabe de dónde vinieron los granos de polen que la produjeron y debe tomarse en cuenta que muchos de ellos pudieron haber traído germoplasma indeseable. Al llevar esta selección repetida es necesario cultivar poblaciones suficientemente grandes para que el efecto de endogamia no se manifieste.

### **1.8. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN MASAL**

Allard (1980) manifiesta que el fin de la selección masal es el aumento de la proporción de genotipos superiores en la población, la eficiencia de esta, se lleva a cabo de un sistema de apareamiento al azar con selección; y depende principalmente del número de genes y de la heredabilidad. La selección masal ha sido efectiva para aumentar las frecuencias genéticas en caracteres que se pueden ver o medir fácilmente. La selección masal ha sido útil para la obtención de variedades para fines especiales y para cambiar la adaptación de variedades mejoradas en nuevas zonas de producción. Asimismo, manifiesta que los cambios ocurridos en el maíz sirven para ilustrar un gran número de efectos de la selección masal sobre las poblaciones, incluyendo el efecto de la selección en el aspecto morfológico, en la adaptación y en el rendimiento, así como la influencia de la hibridación intervarietal y de la reducción en el tamaño de las poblaciones. La selección masal puede en realidad modificar el tipo de planta, maduración, características del grano y otros caracteres que se pueden reconocer fácilmente. Además, se sabe que la hibridación entre variedades tuvo su importancia para conseguir la variabilidad a partir del cual se seleccionaron nuevas variedades.

Poelhman (1981) sostiene que la selección masal es un procedimiento de selección en el que se seleccionan plantas individuales con características favorables y se mezclan su semilla para producir la siguiente generación. Se basa en la selección fenotípica, o sea, en la apariencia de la planta y en los caracteres particulares que



puedan identificarse. Las plantas seleccionadas se cosechan generalmente sin controlar su polinización y se mezclan sin aprovechar el beneficio de la prueba de las progenies. Este método, es uno de los más antiguos utilizados para el mejoramiento de las especies con polinización cruzada. Ha sido el procedimiento principal que se ha utilizado para el mejoramiento del maíz, y fue puesto en práctica por el propio agricultor al seleccionar mazorcas para la siembra de la siguiente campaña. Aun cuando la selección se basa en el fenotipo, su objetivo es obtener una mayor frecuencia de genotipos sobresalientes dentro de la población. La eficiencia de la selección masal depende de la precisión con que el fenotipo refleja al genotipo. Esta selección ha sido eficaz a través de la separación y acumulación de genes para caracteres cuantitativos que podrían apreciarse a simple vista, o medirse con facilidad, y que, por lo tanto, podrían utilizarse como base de selección.

En el maíz, de polinización libre, fue posible obtener variedades con diferente precocidad, altura de planta, tamaño de la mazorca, tipo de los granos, porcentaje de aceites, y características similares por medio de una continuada selección masal. Es desde luego necesario que, para que la selección masal se eficaz, los genes para esas diferencias existan en la población mezclada. Dando por hecho que estén presentes las variaciones hereditarias necesarias, el grado de progreso dependerá en mayor o menor grado de la habilidad del fitogenetista para escoger plantas diferentes, tanto genotípicamente como fenotípicamente.

La selección masal no ha sido especialmente eficaz para mejorar caracteres como el rendimiento que fluctúa ampliamente con las condiciones ambientales, y por lo tanto no pueden ser identificados con precisión, por la simple observación del fenotipo. La ventaja principal del método de selección masal es su simplicidad y la facilidad con que se puede llevar a cabo. Además de usarse para la formación de nuevas variedades, la selección masal se puede usar para mantener la pureza de las variedades de las especies de polinización cruzada.

Brauer (1973) reporta que la selección masal es probablemente el sistema de selección más antigua que se conoce, consiste en tomar la semilla de los individuos seleccionados, mezclarla y sembrarla toda junta para formar con ella una nueva

población en la cual se vuelve a repetir el proceso. El efecto de la selección repetida sobre una población alógama es el de desviar la composición genética de la población, y consecuentemente el resultado de la selección masal depende de lo eficiente que sea el sistema de selección para lograr desviar esta composición genética en el sentido deseado. Cuando la selección se lleva a cabo mediante la observación de caracteres que son poco afectados por el medio ecológico y fácilmente visible, la selección masal puede ser sumamente eficaz, aunque definitivamente será más o menor tardado, según que el carácter este determinado por varios factores tenga una tendencia a dominancia o recesividad.

Cubero (2013) sostiene que el efecto de la selección repetida sobre una población alógama es el de desviar la composición genética de la población, y consecuentemente, el resultado de la selección masal depende de lo eficiente que sea el sistema de selección para lograr desviar la composición genética en el sentido deseado. Cuando la selección se lleva a cabo mediante la observación de caracteres que son pocos afectados por los medios ecológicos y fácilmente visibles, la selección masal puede ser sumamente eficaz, aunque definitivamente será más o menor tardado, según que el carácter este determinado por varios factores tenga una tendencia a dominancia o recesividad.

Cerrate (1999) al evaluar una variedad choclera de la sierra alta del Perú (PCM-584) encontró un diferencial de selección de 1.41 tn/ha de grano y una ganancia de selección esperada de 0.22 tn/ha.

Arboleda y Lonquist (1974) usando el método adecuado como es la selección masal, reporto una ganancia de peso en 10.25% por ciclo en rendimiento de una población seleccionada y probada en condiciones ambientales favorables y de 5.34%, cuando selecciono en condiciones ambientales favorables y condiciones ambientales adversos.

### **1.9. SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA**

Saquinuix (2011) reporta con el fin de evitar el efecto ambiental sobre la selección de plantas dentro del lote de selección masal y seleccionar plantas en competencia

completa, se ha realizado una modificación a la selección masal simple y de esta manera se logran mejores resultados en el mejoramiento. Esto tiene mayor importancia cuando el objetivo es disminuir la altura de la planta y de mazorca, o aumentar rendimiento. Dentro de los efectos ambientales más notorios están: la fertilidad del suelo y la falta de competencia entre planta. Por tanto, la selección masal estratificada, es un tipo de selección con el control del ambiente

### 1.9.1 Marcado del lote

La modificación consiste en dividir el lote en sub-lotes del mismo tamaño, a esta estrategia se le denomina selección masal estratificada. En cada sublote se procede a seleccionar la misma cantidad de plantas, esto con el fin de guardar el equilibrio de plantas seleccionadas, y no perder la variabilidad genética. Por ejemplo: si se decide tener una presión de selección del 20% dentro del lote de selección masal, en cada sublote se procede a seleccionar el 20% de las plantas presentes en cada una de ellas. Luego se sigue con el mismo procedimiento descrito anteriormente.

Es fácilmente recomendable para fincas de pequeños agricultores. Se debe notar que entre las plantas del sub-lote, existe variación genética y entre los lotes existe la variación ambiental Figura 1.1.

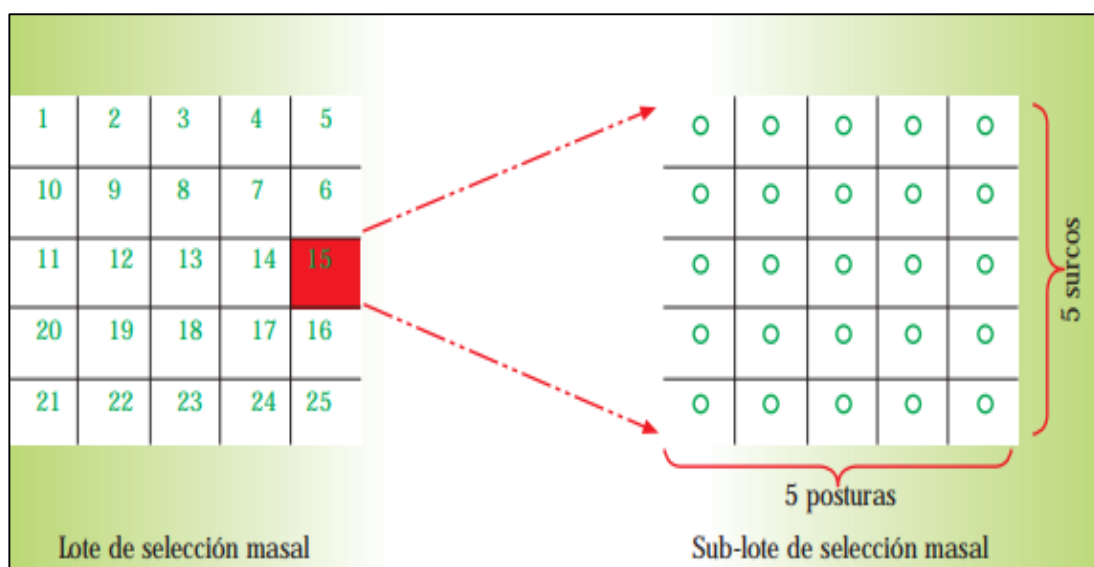


Figura 1.1. Parcelas o lotes de selección masal y los sub lotes de selección.

### **1.10. RENDIMIENTO, CARACTERES DE LA MAZORCA**

Velásquez (1999) observó que mayor rendimiento de grano promedio por planta en maíz morado se presentó en genotipos C-408 con 120 g, seguido de los genotipos PM-213 y HS-182x104 con 102.95 y 101.40 g respectivamente. Las ocho variedades sin embargo no presentaron diferencias significativas.

El mismo autor señala, altura de planta comprendidos entre 1.93 a 2.73m, altura de mazorca de 0.82 a 1.61m, longitud de mazorca de 13.84 a 15.63cm y ancho de mazorca de 4.34 a 4.91cm.

También señala que la asociación de rendimiento con la longitud de mazorca es positivo en los ocho genotipos evaluados con excepción del genotipo C-425. La asociación del rendimiento con el ancho de mazorca fue positivo y altamente significativo en todos los genotipos evaluados.

Alca (2002) reporta que usando el método de la selección masal estratificada se obtuvo una alta significación estadística entre los caracteres de diámetro de mazorca de 0.182 cm y peso de grano 420.414 g entre parcelas; y longitud de mazorca de 3.511cm, diámetro de mazorca 0.110 cm, hileras por mazorca 2.434, peso de mazorca 272.030 g, peso de grano 194.974 g y peso de tuza 6.404 g dentro de parcelas respectivamente. También menciona que la variancia genética de la longitud de mazorca con 3.51 cm<sup>2</sup>, diámetro de mazorca 0.11 cm<sup>2</sup>, hileras por mazorca 2.44, peso de mazorca 272.03 g, peso de grano 195.97 g y peso de tuza 6.40 g; y la heredabilidad en la longitud de mazorca es 97.56% , diámetro de mazorca 93.87%, hileras por mazorca 99.91%, peso de mazorca 89.64%, peso de grano 89.64% y peso de tuza 89.64%; y la ganancia por selección en la longitud de mazorca es 0.91 cm, diámetro de mazorca 0.11 cm, hileras por mazorca 0.05, peso de mazorca 2.83 g, peso de grano 2.39 g y peso de tuza 0.43 g. También señala que el coeficiente de correlación o grado de asociación del peso de tuza fue positiva y altamente significativa con los demás caracteres mencionados, y un rendimiento máximo de 149.286 g del peso de mazorca con 5.7 cm de diámetro de mazorca y 21.10 cm de longitud de mazorca.

Valenzuela (2014) reporta que usando la selección masal estratificada se obtuvo una alta significación estadística entre los caracteres de longitud de mazorca de 4.5772 cm, diámetro de mazorca 0.182 cm, hileras por mazorca 3.59 y peso de tuza 39.15 g entre parcelas y sin significación estadística dentro de parcelas. También menciona que la variancia genética en la longitud de mazorca es 2.781 cm<sup>2</sup>, diámetro de mazorca 0.1093 cm<sup>2</sup>, hileras por mazorca 2.09, peso de mazorca 557.52 g, peso de grano 533.83 g, peso de tuza 17.87 g y peso de 100 semillas 86.01 g; y la heredabilidad en la longitud de mazorca es 94% , diámetro de mazorca 80%, hileras por mazorca 93%, peso de mazorca 95%, peso de grano 97%, peso de tuza 89% y el peso de 100 semillas 100%; la ganancia por selección en la longitud de mazorca es 0.4883 cm, diámetro de mazorca 0.704 cm, hileras por mazorca 0.11, peso de mazorca 7.13 g, peso de grano 3.79 g y peso de tuza 3.22 g y peso de 100 semillas 0.66 g; porcentaje de mejora en la longitud de mazorca es 3.29 cm, diámetro de mazorca 1.61 cm, hileras por mazorca 5.63, peso de mazorca 7.13 g, peso de grano 3.50 g y peso de tuza 17.83 g y peso de 100 semillas 1.67 g; el promedio poblacional mejorada en la longitud de mazorca es 15.34 cm, diámetro de mazorca 4.44 cm, hileras por mazorca 10.40, peso de mazorca 133.71 g, peso de grano 112.32 g y peso de tuza 21.27 g y peso de 100 semillas 40.68 g. También señala que el coeficiente de correlación del peso de tuza fue positiva y altamente significativa con los demás caracteres mencionados; y un rendimiento máximo de 30.88 g del peso de tuza con 5.33 cm de diámetro de mazorca y 22 cm de longitud de mazorca.

### **1.11. GENÉTICA DEL MAÍZ MORADO**

Zambrano (2011) el porcentaje de alogamia varía entre el 60 y el 99 por ciento. El cruzamiento depende del viento, número de insectos polinizadores, producción de polen. Normalmente, casi el 95% de los óvulos de un brote son fecundados mediante la polinización cruzada, y el 5% restante por autofecundación. La mayor parte de polen que poliniza a una mazorca de maíz proviene de plantas más próximas, si bien el polen puede ser transportado a grandes distancias. No es raro observar granos de otro color en las mazorcas de maíz blanco, aun cuando el campo más próximo se encuentre a un kilómetro de distancia. Las especies alógamas, que son generalmente heterocigotos, rara vez se utilizan plantas individuales para constituir una variedad, debido a que la segregación y la polinización cruzada dificultan la conservación del

tipo del progenitor dentro de las progenies. El otro factor es el hereditario, en el cual se fija por la acción de los genes en el momento de la fecundación. Según Grobman (2012) los genes A, B, PL Y r<sup>ch</sup> son los causantes de la aparición del color en el maíz morado. Si alguno de estos genes no se presenta o se encuentra inhibido, color no aparece.

### **1.12. VARIEDADES DEL MAÍZ MORADO**

Justiniano (2010) menciona en su tesis que hay diferentes variedades de maíz morado, todas ellas provienen de una raza ancestral denominada "kculli" que todavía se cultiva en el Perú. Las formas más típicas están estas casi extintas. La raza kculli es muy antigua, restos arqueológicos con mazorcas típicas de esta raza se han encontrado en Ica, Paracas, Nazca y otros lugares de la costa central cuya antigüedad se estima por lo menos en 2500 años. También se encuentra mazorcas moldeadas, con las características de la raza, en la cerámica Mochica Sevilla y Valdez (1985).

Justiniano (2010) menciona a Manrique (1997) refiere que kculli es una de las cinco razas ancestrales de las que se han originado todas las demás, actualmente en existencia en el mundo. Presentan pocas razas que presentan pigmentos antocianicos en el grano y en la coronta.

En el Perú se puede distinguir cinco tipos naturales de maíces morados: El cuzqueño, el canteño, el morado de caraz, el arequipeño, el negro de Junín y también existen dos variedades mejoradas, PNV-581 y 582 (Programa de mejoramiento de maíz UNALM). Respecto de la cantidad de antocianina que presenta el maíz, la mayor concentración de antocianina no se encuentra en el grano (parte comestible), sino en la coronta, parte del maíz no comestible (Ugas, 2000), (INDECOPI, 2016).

En Sudamérica, donde se encuentran con mayor frecuencia, se encuentran el kculli de Bolivia, que es muy parecido al peruano, tanto en la morfología de la planta y mazorca, como en la intensidad de la coloración; el Negrito chileno, que tiene la mazorca más chica y los granos más delgados, aunque presenta más hileras de granos; el kculli argentino tiene las mazorcas grandes y se diferencia de las otras razas similares de Sudamérica en que los granos son más duros.

Flores (2008) menciona que las diversas variedades de maíz morado provienen de la raza ancestral Culli. Es una de las cinco razas ancestrales de la que se has originado todas las demás, actualmente en extinción en el mundo. Existen muy pocas razas que presentan pigmentos antocianicos tanto en el grano y tusa. En el Perú la raza Culli se cruzó con otras razas, transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas, como el San Gerónimo, Huancavelicano, Piscoruto, Cuzqueño, Huayleño, Arequipeño, e Iqueño, sin embargo, se has producido variedades más desarrolladas y de mayor rendimiento mediante la técnica de cruzamiento y selección.

## **CAPITULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Experimental de Canaán, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en la jurisdicción del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia Huamanga, región Ayacucho, a 2 km al este de la ciudad de Ayacucho a una altitud de 2735 msnm, cuyas coordenadas son 13° 10' 8.72" Latitud Sur y de 74° 12' 12.85" Longitud Oeste.

#### **2.2. CONDICIONES ECOLÓGICAS**

Onern (1984) mencionado por Paucarima (2007), el clima de la provincia de Huamanga y región Ayacucho, tiene una característica de estepa espinoso-montano bajo sub tropical (ee-MBS), ecosistema del clima seco y templado frio, 250 mm a 500 mm de precipitación pluvial promedio anual y 12°C a 15°C de biotemperatura media anual, y encontrándose en un piso ecológico de 2200 a 3200 msnm generalmente la atmosfera es seca, produciéndose un calentamiento del suelo y del aire que a su vez produce baja presión y ascensión de una corriente convectiva de aire que eleva las gotas de agua y los solidifica para su posterior precipitación en los meses lluviosos asimismo produce regularmente fuertes granizadas o heladas, que afectan los cultivos anuales y perenes.

#### **2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

El análisis fisicoquímico del suelo se realizó en el Laboratorio de suelos "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 2.1.



El pH se determinó por el método de potenciómetro, la materia orgánica con el método del óxido- reducción de Walkley y Black, el nitrógeno total con el método Kjeldahl, el P-disponible por el método de Bray Kurtz y Olsen, K-disponible por el método de turbidimétrico y para el análisis de la textura del suelo se utilizó el método de hidrómetro.

De los resultados se concluyen que el pH es ligeramente alcalino y está dentro del rango en el cual el maíz crece satisfactoriamente y puede producir los mejores rendimientos. El contenido de materia orgánica es medio; pobre en contenido de N-total; medio en el contenido de P-disponible; bajo en el contenido de K-disponible.

**Tabla 2.1:** Análisis físico químico del suelo del Centro Experimental Canaán- UNSCH, 2735 msnm - Ayacucho, 2015.

COMPONENTES	VALORES	MÉTODO	INTERPRETACIÓN
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	7.48	Potenciómetro	Ligeramente alcalino
<b>Materia Orgánica (%)</b>	2.04	Walkley y Black	Medio
<b>Nitrógeno Total (%)</b>	0.10	Kjeldahl	Pobre
<b>P disponible (ppm)</b>	18.13	Bray Kurtz y Olsen	Alto
<b>K disponible (ppm)</b>	62.3	Turbidimetría	Bajo
<b>Clase textural</b>	----,----	Hidrometro	Franco Arcilloso

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

#### 2.4. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos meteorológicos fueron registrados en el observatorio climático de la Estación Meteorológica de INIA, ubicado a una altitud de 2735 msnm, situada entre las coordenadas de 174° 12' 82'' longitud Oeste y 13° 10' 9'' Latitud Sur, datos que enviarán para la elaboración del balance hídrico.

Para el caso del ciclo vegetativo del cultivo, se registró una temperatura máxima promedio mensual de 25.5 °C, la media 17.69 °C y mínima promedio de 9.88 °C siendo los meses cálidos octubre y noviembre del 2015, enero, abril, junio del 2016. La precipitación total fue de 434.40 mm presentándose mayores precipitaciones los meses de diciembre 2015 y febrero 2016.

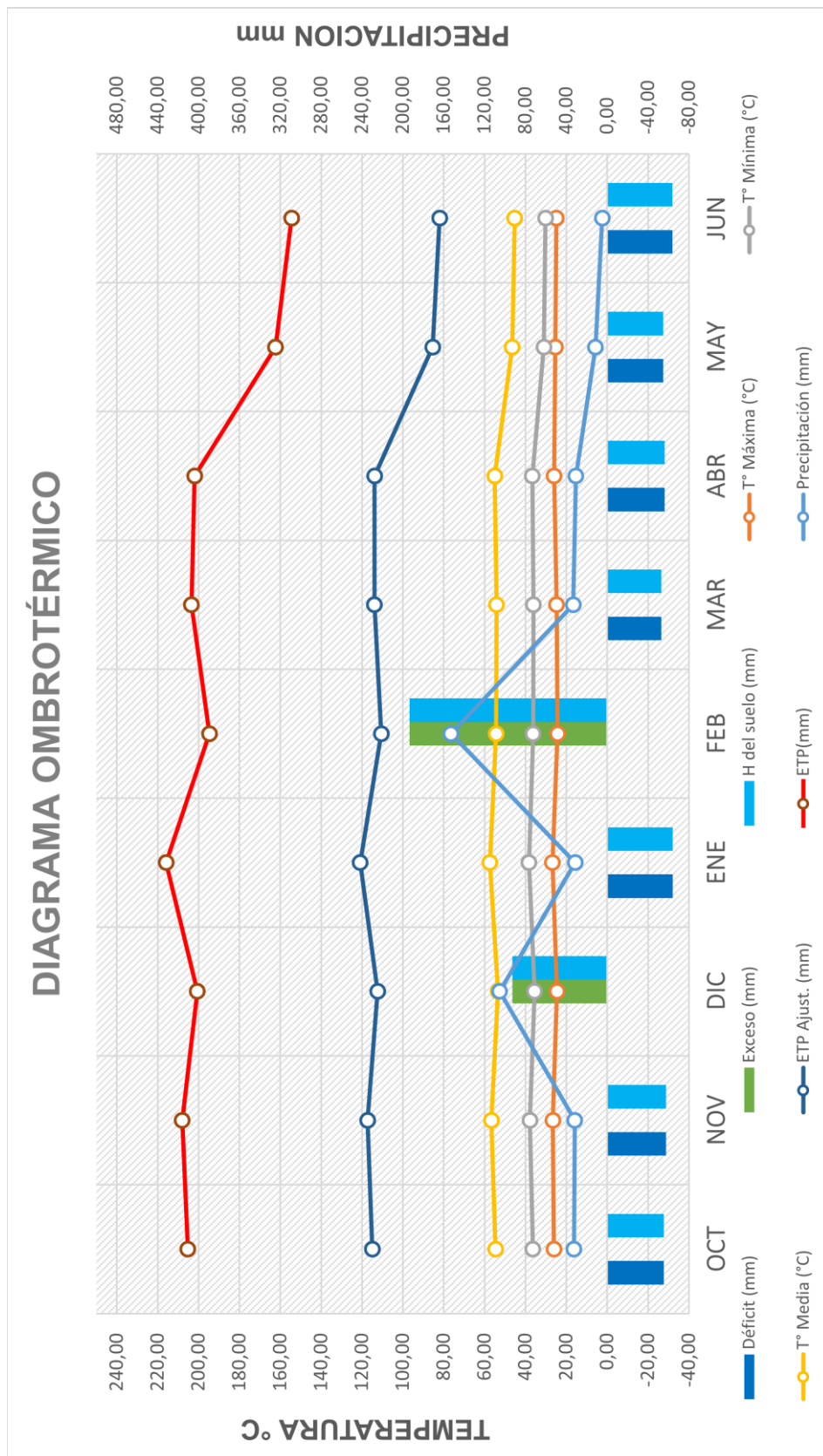
En la Tabla 2.2, se muestra los datos meteorológicos de la zona de la influencia al experimento; el balance hídrico se obtuvo mediante tabulación de datos de temperatura, precipitación, determinando la deficiencia o exceso de humedad.

En la figura 2.1 muestra déficit de agua en los meses de diciembre, noviembre, enero, marzo, abril, mayo y junio lo mismo indica el exceso de agua en los meses de diciembre y febrero.

**Tabla 2.2.** Datos climatológicos correspondientes a la campaña agrícola 2015-2016 de la estación meteorológica de INIA-AYACUCHO.

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray Altitud : 2735 msnm  
 Provincia : Huamanga Latitud : 13° 10' 00.06" S  
 Departamento : Ayacucho Longitud : 74° 12' 22.92" W

AÑO	2015						2016						TOTAL	PROM
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN					
T° Máxima (°C)	26.10	26.60	24.57	26.80	24.30	24.80	26.00	25.40	24.90	229.47	25.50			
T° Mínima (°C)	10.32	11.20	11.03	11.50	11.96	11.30	10.70	5.60	5.30	88.91	9.88			
T° Media (°C)	18.21	18.90	17.80	19.15	18.13	18.05	18.35	15.50	15.10	159.19	17.69			
Factor	4.96	4.80	4.96	4.96	4.64	4.96	4.80	4.96	72.48					
ETP(mm)	90.32	90.72	88.29	94.98	84.12	89.53	88.08	76.88	72.48	775.40				
Precipitación (mm)	32.60	31.80	105.40	31.40	152.90	33.30	30.70	11.50	4.80	434.40				
ETP Ajust. (mm)	60.32	60.59	58.96	63.43	56.18	59.79	58.82	38.94	36.71	493.74				
H del suelo (mm)	-27.72	-28.79	46.44	-32.03	96.72	-26.49	-28.12	-27.44	-31.91					
Déficit (mm)	-27.72	-28.79		-32.03		-26.49	-28.12	-27.44	-31.91					
Exceso (mm)			46.44		96.72									



**Tabla 2.2.** Datos climatológicos correspondientes a la campaña agrícola 2015-2016 de la estación meteorológica de INIA-AYACUCHO.

## 2.5. MATERIAL GENÉTICO EMPLEADO

El material genético utilizado es del cuarto ciclo de la selección masal estratificado del año 2013-2014, en base de una variedad de maíz morado Arequipeña de libre polinización, procedente del Centro Experimenta de Canaán, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en jurisdicción del distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia Huamanga, con un periodo vegetativo de 150 a 160 días a madurez fisiológica, con una gran variabilidad morfológica y productiva; cuyas características se muestra en el siguiente tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Característica del material genético utilizado. Planta de polinización libre

<b>Descripción</b>	<b>Promedio</b>
Altura de planta	<b>280+-30cm</b>
Altura de mazorca	<b>176+-18cm</b>
Color de grano	<b>negro</b>
Color de la tuza	<b>morado oscuro</b>
Tipo de grano	<b>amiláceo</b>
Color de la hoja	<b>verde oscuro</b>
Color del tallo	<b>verde claro con jaspes purpura</b>
Color de estigma	<b>amarillo</b>
Color de panoja	<b>purpura claro</b>
Numero de mazorcas por planta	<b>1-2 mazorcas</b>
porcentaje de desgrane	<b>80%</b>
Peso de mazorca (gr)	<b>141.57</b>
Longitud de mazorca (cm)	<b>15.9</b>
Diámetro de mazorca (cm)	<b>4.54</b>
Peso de grano por mazorca (gr)	<b>116.31</b>
Numero de hileras por mazorca	<b>10.53</b>
Peso de tuza (gr)	<b>25.26</b>
Diámetro de tuza (cm)	<b>1.8</b>
Peso de 100 semillas	<b>41.34</b>

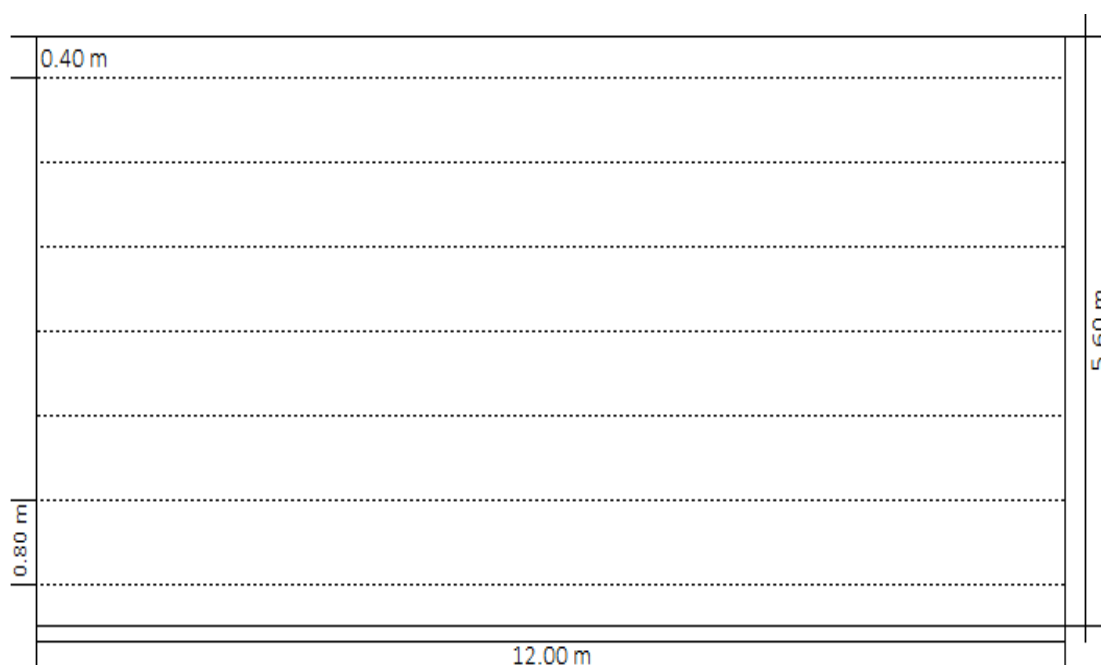
Fuente: Semilla del cuarto ciclo de la selección masal estratificada del maíz morado.

## 2.6. DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES

Se sembró en un área de 3,360.00 m<sup>2</sup> (56.0 x 60.0 m), donde se distribuyeron 50 parcelas (5 verticales x 10 horizontales). Cada parcela estuvo formada por 7 surcos distanciados a 0.80 m, cada surco y entre golpes distanciados a 0.20 m, colocando 01 semilla por golpe.

## 2.7. CROQUIS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Las unidades experimentales fueron en parcelas de 5.60 m de ancho y 12.00 m de largo; con distanciamiento de 0.80 m entre surcos; y un área de 67.20 m<sup>2</sup> por parcela; y se tomó muestra de 10 mazorcas por parcela para las evaluaciones respectivas.



**Figura 2.2.** Esquema de la parcela.

## 2.8. CAMPO EXPERIMENTAL

### Leyenda:

Material genético : Muestra del cuarto ciclo de selección masal  
estratificado.

Nº de parcelas : 50

Área : 3360 m<sup>2</sup>

Largo : 60 m

Ancho : 56 m

12.00 m	P1	P2	P3	P4	P5	12.00 m	5.60 m
	P6	P7	P8	P9	P10		5.60 m
	P11	P12	P13	P14	P15		5.60 m
	P16	P17	P18	P19	P20		5.60 m
	P21	P22	P23	P24	P25		5.60 m
	P26	P27	P28	P29	P30		5.60 m
	P31	P32	P33	P34	P35		5.60 m
	P36	P37	P38	P39	P40		5.60 m
	P41	P42	P43	P44	P45		5.60 m
	P46	P47	P48	P49	P50		5.60 m
	60.00 m						

**Figura 2.3.** Croquis del campo experimental

## **2.9. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS**

### **a. Peso de mazorca**

Se determinó para cada uno de las muestras, donde se pesó en una balanza de precisión con una humedad al 14 por ciento aproximadamente expresados en gramos.

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

Se tomó cada una de las muestras a los que se retiró los granos para luego pesarlos en una balanza de precisión al 14 por ciento de humedad expresados en gramos.

### **c. Peso de tuza/mazorca**

Se evaluó cada una de las muestras a los que se retiró los granos para luego pesarlos únicamente la coronta en una balanza de precisión al 14 por ciento de humedad expresados en gramos.

### **d. Longitud de la mazorca**

Este carácter se tomó la distancia existente entre la base y la punta (ápice) de la mazorca expresado en cm.

### **e. Diámetro de la mazorca**

Se evaluó tomando la medida de la mazorca con el vernier la parte media perpendicular a su longitud o diámetro de la coronta, la cual es expresada en cm.

### **f. Numero de hileras por mazorca.**

Se contó el número de hileras de grano existen en promedio por mazorca.

### **g. Peso de mil semillas**

Se determinó para cada muestra, de 100 granos al azar para luego ser pesado en una balanza de precisión y por medio de una regla de tres simples se llevó al peso de mil semillas expresados en gramos.

### **h. Diámetro de tuza**

En este carácter se tomó la medida de la tuza que corresponde en la parte media perpendicular a su longitud o diámetro de la tuza, expresando en cm.



## 2.10. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Con los resultados de las variables evaluadas se realizó el análisis de varianza correspondiente al Diseño Completamente Randomizado con 50 parcelas (tratamiento) y 10 repeticiones por parcela; en las 50 parcelas se realizó la selección de 10 plantas que fueron las mejores por sus características de la mazorca. De esta manera se obtuvo una población de 500 plantas cuyas mazorcas fueron depositadas en bolsas por separado, donde se tomaron los caracteres de evaluación. Para formar la variedad mejorada.

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

$$SC \text{ entre parcelas} = \frac{\sum Y_i^2}{k} - \frac{TC^2}{pk}$$

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

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

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

Esquema del análisis de varianza en el Diseño Completamente Randomizado.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Esperados Cuadrados Medios
Entre parcelas	P	CM entre parcelas	$\sigma_G^2 + k\sigma_P^2$
Dentro de parcelas	$p(k-1)$	CM dentro de parcelas	$\sigma_G^2$
Total	Pk		

## 2.11. ANÁLISIS GENÉTICO

$$\sigma_G^2 = CM \text{ dentro de parcelas} \quad CM \text{ entre parcelas} = \sigma_G^2 + k\sigma_P^2$$

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

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

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

*Diferencial de Selección (DS = Prom sp maz selecc – Prom kp maz selecc*

*k = número de mazorcas seleccionadas en campo*

*s = número de mazorcas seleccionadas en colca*

*p = número de parcelas*

$$\text{Ganancia por selección (GS)} = \frac{DS}{2} * h^2$$

## **2.12. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

### **a. Preparación de terreno**

Se efectuó el 19 de diciembre del año 2015, haciendo uso de un tractor agrícola implementando con una pasada de arado de disco y seguida de una pasada de rastra a una profundidad de 25 cm, de esta manera queda listo para el mullido y nivelado.

### **b. Marcado de terreno y colocado de las cabeceras de riego por goteo**

De acuerdo al croquis, se procede a la demarcación y delimitación del campo experimental con parcelas, sin calles para no dejar áreas libres; el surcado superficial se realizó una vez preparado el terreno, colocado las cabeceras se riego y estirado las mangueras de riego por goteo. Esta labor se realizó con ayuda de zapapico, cordel, wincha y estacas para el alineamiento respectivo. Se consideró la distancia entre surcos 0.80 m.

### **c. siembra**

Se realizó el 30 de diciembre del 2015 en el Centro Experimental de Canaán, UNSCH, depositándose 01 semillas por golpe o en cada gotero de la manguera de riego, distanciados entre 0.20 m por golpe o entre gotero luego enterrándose a una profundidad aproximada de 5 cm y aplicando su riego por goteo respectivo.

### **d. Abonamiento**

El fertirriego se efectuó a los 15 días después de la siembra; donde se utilizó 4 Kg de urea, 2 litros de ácido húmico y 1 litro de ácido fosfórico por las 2 parcelas; luego las aplicaciones se realizaron cada 20 días hasta la madurez fisiológica de la planta. En el aporte se aplicó la siguiente dosis de abonamiento de 120-100-80 kg.ha<sup>-1</sup> de N-P-K, según extracción del cultivo.

El fertirriego se aplicó con la finalidad de tener el cultivo en buenas condiciones y tener la uniformidad del cultivo para la posterior selección.

**e. Control de malezas y aporque**

Se efectuó con la finalidad de evitar la competencia de las malezas. El deshierbo se realizó aprovechando las labores de aporque.

- Primer deshierbo, se realizó el 30 de enero del 2016.
- Segundo deshierbo, se realizó el 14 de febrero del 2016.
- Tercer deshierbo, se realizó el 28 febrero del 2016 en la que se realizó un solo aporque.

**f. Riego**

Se instaló las mangueras conductoras desde la cabecera de riego, para luego subdividirlo en dos partes para mejorar la conducción del riego por goteo, de las mangueras conductoras se instaló las cintas de goteo con sus respectivas llaves de paso. El riego consiste en proporcionar a la planta el agua que necesita para cubrir su ciclo vegetativo, sobre todo durante los periodos críticos como, en etapa de establecimiento del cultivo, etapas de floración desde el panojamiento hasta el término de floración, en la etapa de llenado de granos, la actividad de riego será de 1 hora por cada 2 días.

El primer riego se realizó el 30 de diciembre de 2015, así sucesivamente según lo indicado, dejando el riego en la presencia de lluvia en los meses de diciembre, enero y febrero; pero siempre aplicando el riego en ausencia de la lluvia.

**g. Control fitosanitario**

Durante el periodo de crecimiento, en el cultivo de maíz se observó el ataque de coleópteros (*Diabrotica*) a las hojas de las plántulas, pero sin ninguna alteración en el crecimiento, la presencia del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en plantas con 8 hojas verdaderas ocasionando perforaciones a las hojas en el cogollo de la planta para lo cual se utilizó para su control un insecticida denominada Ciperclin por una sola vez y en el periodo de mazorca el mazorquero (*Heliothis zea*).

**h. Cosecha**

La cosecha se realizó alcanzado la madurez fisiológica, el 30 de mayo del 2015 a los 151 días después de la siembra, esta actividad se hizo manualmente, al igual que el destuze y desgrane.

**i. Secado**

El secado de las muestras seleccionadas de mazorcas de maíz morado se realizó en el secadero, ubicado en el Centro Experimental de Canaán, UNSCH, durante 20 días, para luego obtener las variables en estudio de la muestra.

**j. Almacenamiento**

La semilla obtenida al final del presente trabajo de investigación fue almacenada en recipientes herméticamente cerrado, entregado al docente responsable del Centro Experimental de Canaán, UNSCH para el siguiente ciclo de selección masal.



## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados que a continuación se presentan, corresponden a 8 caracteres evaluadas. En primer lugar, se presenta los resultados por selección de genotipos superiores, luego, relación peso mazorca con caracteres de mazorca y asociación entre caracteres. Para todos los caracteres se determinó los cuadrados medios, componentes de variancia, heredabilidad y selección.

#### **3.1. ELECCIÓN DE GENOTIPOS SUPERIORES**

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

En la tabla 3.1 se observan los cuadrados medios o variancia entre parcelas y dentro de parcelas de los ocho caracteres de mazorca del maíz morado como son: la longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), hileras por mazorca, peso de 1000 semillas (g), diámetro de tuza (cm), peso de mazorca (g), peso de grano (g), peso de tuza (g), coeficiente de variación (%) y asimismo los promedios de los ocho caracteres de mazorca. Donde según evaluados se encontró una alta significación estadística entre parcelas en los siguientes caracteres como: longitud de mazorca con 2.553 cm, peso de mazorca 588.937 g y peso de grano 515.604 g; y significación estadística en los caracteres como: peso de tuza con 15.561 g; esto indica que la variación ambiental es altamente significativa o las condiciones ambientales influyen en el rendimiento de la longitud de mazorca, peso de grano, peso de mazorca y peso de tuza sin embargo existe una mínima influencia en la variancia genético; y alta significación estadística dentro de parcelas, en los caracteres de longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza como: 1.064 cm, 2.900, 2388.044 g , 0.061 cm, 328.076 g, 289.890 g y 10.366 g respectivamente; esto indica que la variación genética es altamente significativa para estos caracteres mencionados sin embargo una mínima

variancia ambiental; y comparando estos resultado con el trabajo de investigación realizado por Valenzuela (2012), quien reporta 4.5772 cm de longitud de mazorca, 0.3774 cm diámetro de mazorca, 3.59 hileras por mazorca y 39.15 g del peso de tuza con una alta significación estadística entre parcelas; y 2.7819 cm de longitud de mazorca, 0.1039 cm de diámetro de mazorca, 2.09 hileras por mazorca, 557.52 g peso de mazorca, 533.83 g peso de grano y 17.87 g peso de tuza dentro de parcelas con alta significación estadística; esto nos indica que lo ambiental y lo genético intervienen en el rendimiento de los ocho características entre parcelas y dentro de parcelas asimismo algunos caracteres son superiores en peso y tamaño y también inferiores entre parcelas y dentro de parcelas. Para lo cual tomar en cuenta estos variables para realizar una buena selección masal desde el inicio hasta homogenizarse todos los caracteres en estudio así tener mayores rendimientos en la producción. El promedio en la longitud de mazorca fue 18.055 cm, hileras por mazorca 10.616 y peso de grano 119.762 g con un coeficiente de variabilidad que está en un intervalo de 5.71 a 16.57%, nos indica que son superiores los resultados en comparación a lo obtenido en su trabajo de investigación Valenzuela (2012), quien reporta 15.90 cm longitud de mazorca, 10.53 hileras por mazorca y 116.31 g peso de grano; y superiores en los demás caracteres con un coeficiente de variabilidad que se encuentra en un intervalo de 7.28 a 22.43%; asimismo siendo también superiores los resultados a lo obtenido en su trabajo de investigación en el Centro Experimental de Canaán Alca (2000), quien reporta los promedios de tres caracteres de mazorca como son: 14.86 cm de longitud de mazorca, 10.11 hileras por mazorca, 97.044 g peso de mazorca, 82.157 g peso de grano y 14.887 g de peso de tuza con un coeficiente de variabilidad que se encuentra en un intervalo de 7.47 a 16.99%. Entonces esta variedad se puede mejorar mediante la selección masal estratificada en nuestra región Ayacucho, para lo cual es necesario brindar las condiciones agroecológicas óptimas para lograr un buenos rendimientos en la longitud, diámetro y peso de la mazorca del maíz morado asimismo se obtendrá una buena calidad de antocianina que exige el mercado en la actualidad, asimismo los productores modernos buscan constantemente que las ocho características de la mazorca del maíz morado tenga mayor longitud de mazorca (cm), diámetro de mazorca (cm), hileras por mazorca, peso de 1000 semillas (g), diámetro de tuza (cm), peso de mazorca (g), peso de grano (g), peso de tuza (g).

**Tabla 3.1** Cuadrados medios de ocho caracteres de la mazorca de maíz morado (*Zea mays* L.) del quinto ciclo de selección masal estratificada, Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente de Variación	GL	CUADRADOS MEDIOS									
		Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Hileras por mazorca	Peso de 1000 semillas (g)	Diámetro de tuza (cm)	Peso de mazorca (g)	Peso de grano (g)	Peso de tuza (g)		
Entre parcelas	50	2.553**	0.125	3.069	3153.200	0.063	588.937**	515.604**	15.561*		
Dentro de parcelas	450	1.064**	0.092	2.900**	2388.044**	0.061**	328.076**	289.890**	10.366*		
Total	500										
CV (%)		5.713	7.821	16.040	12.505	13.594	13.013	14.217	16.570		
Promedio		18.055	3.873	10.616	390.800	1.818	139.190	119.762	19.430		



### **Componentes de variancia, Heredabilidad y selección**

En la tabla 3.2 se muestra los componentes de variancia, Heredabilidad y selección de los 8 caracteres de mazorca. La variancia genética es altamente significativa en los caracteres de longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza; mientras que la variancia ambiental es altamente significativa en longitud de mazorca, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza. La importancia de la variancia genética se determina mediante la heredabilidad de la longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza; estos valores son considerados altos y favorables para la selección. De modo que la contribución del proceso de selección masal ha facilitado descubrir que la heredabilidad de estos caracteres es alta en el maíz morado que tiene polinización abierta, estos datos de la heredabilidad están por encima del reportado por Valenzuela (2012), en los caracteres de 93% hileras por mazorca y 89% peso de tuza e inferiores en la longitud de mazorca 94%, peso de 1000 semillas 100%, peso de mazorca 95% y peso de grano 97%, y superiores a lo obtenido por Alca (2000), en los caracteres de peso de mazorca con 89.64%, peso de grano 89.64% y peso de tuza 89.64% e inferiores en la longitud de mazorca, hileras por mazorca y peso de 1000 semillas. Existe una ganancia por selección en los caracteres de longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza esto representa la diferencia entre el promedio poblacional mejorada y el promedio de la población original, mientras el promedio de la población original fue 18.055 cm, 3.873 cm, 10.616, 390.800 g, 1.818 cm, 139.190 g, 119.762 g y 19.430 g respectivamente, con un porcentaje de mejora en el diámetro de mazorca con 1.992%, hileras por mazorca 3.484%, peso de 1000 semillas 1.671% y peso de grano 4.781%; sin embargo en la longitud de mazorca con 0.695%, diámetro de tuza 2.165%, peso de mazorca 4.429% y peso de tuza 2.250% no hubo un porcentaje de mejora en comparación con los datos obtenidos por Valenzuela (2012), quien reporta que la longitud mazorca 3.29%, peso de mazorca 5.63%, peso de tuza 17.86% son superioridad en el porcentaje de mejora; pero inferiores en el diámetro de mazorca 1.61%, hileras por mazorca 1.07%, peso de grano 3.50% y peso de 1000 semillas 1.65%.



### **3.2. RELACIÓN PESO MAZORCA CON CARACTERES DE MAZORCA**

La relación o grado de asociación del carácter del peso de mazorca con peso de grano y peso de tuza se muestra en el tabla 3.3 mediante la regresión lineal múltiple con selección de variables utilizando el método Stepwise, esta relación resulta altamente significativo, siendo el coeficiente de determinación de 99.70%, lo cual indica que la variación del peso de la mazorca, está siendo influenciada o relacionada con el peso de grano y peso de tuza con alta significación estadística que es superior a la información obtenida en su trabajo de investigación en el Centro Experimental de Canaán por Alca (2000), quien reporta un coeficiente de determinación de 56.8%.

En la tabla 3.4 muestra que los coeficientes de regresión del peso de mazorca sobre el peso de grano y peso de tuza son altamente significativos. Se demuestra que por cada gramo de incremento del peso de grano, el peso de mazorca se incrementa en 0.998 g; por cada gramo de peso de tuza, el peso de mazorca se incrementa en 1.027 g, en cada caso independientemente de los otros caracteres, la selección positiva de mayores pesos de grano no se dan en gramos sino en miligramos, por lo tanto por cada miligramo adicional de incremento en el peso de mazorca sería 0.0998 g, por lo que los mayores incrementos por selección masal estratificada se darían con la selección positiva del peso de grano y tuza, que son indicadores para un buen peso de mazorca de buena calidad de antocianina.

En la tabla 3.5 se muestra el resumen de la selección Stepwise con las dos variables incluidas en orden de mérito como peso de grano y peso tuza, donde se observa que el peso de grano es de mayor importancia en la estimación del peso de mazorca con este método de selección masal estratificada, por lo tanto, el peso de tuza queda como una variable de segundo orden, sin embargo, es también de importancia para la selección, porque contiene mayor concentración de antocianina de calidad tal como exige el mercado actual.

Para las condiciones antes consideradas el modelo múltiple de regresión se ha fijado para analizar la variancia de peso de grano y peso de tuza, cuando el peso de grano es 70 g y peso de tuza 10 a 30 g, este modelo se muestra en la tabla 3.6 y figura 3.1 para esta fijación el peso de mazorca se incrementa en 0.998 g por cada gramo de peso de

grano y 1.027 g por cada grano del peso de tuza. El mínimo peso de mazorca se obtendrá según este modelo con 70 g del peso grano y 10 g del peso de tuza siendo el peso de mazorca 79.885 g. El máximo peso de mazorca se obtendrá según este modelo con 165 g de grano y 30 g de tuza siendo este peso de mazorca 195.235 g. Cuando el peso de grano por mazorca es 70 g, la ecuación de regresión es:  $P_{maz} = 69.615 + 1.027 * P_{tuza}$ , donde por el incremento de un grano del peso de tuza, el peso de mazorca se incrementa en 1.027 g; pero cuando el peso de grano por mazorca es 165 g, la ecuación de regresión es:  $P_{maz} = 164.425 + 1.027 * P_{tuza}$ , donde por el incremento de un grano de tuza, el peso de mazorca se incrementa en 1.027 g.

**Tabla 3.3** Análisis de variancia de la regresión lineal múltiple con selección de variables por el método Stepwise del peso de mazorca sobre el peso de grano y peso de tuza en maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado
Modelo	2	176552.0	88276.00	82906.6 **
Error	497	529.2	1.06	
Total	499	177081.0		

**Tabla 3.4** Análisis de variancia de los coeficientes de regresión lineal múltiple del peso de mazorca sobre el peso de grano y peso de tuza en maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

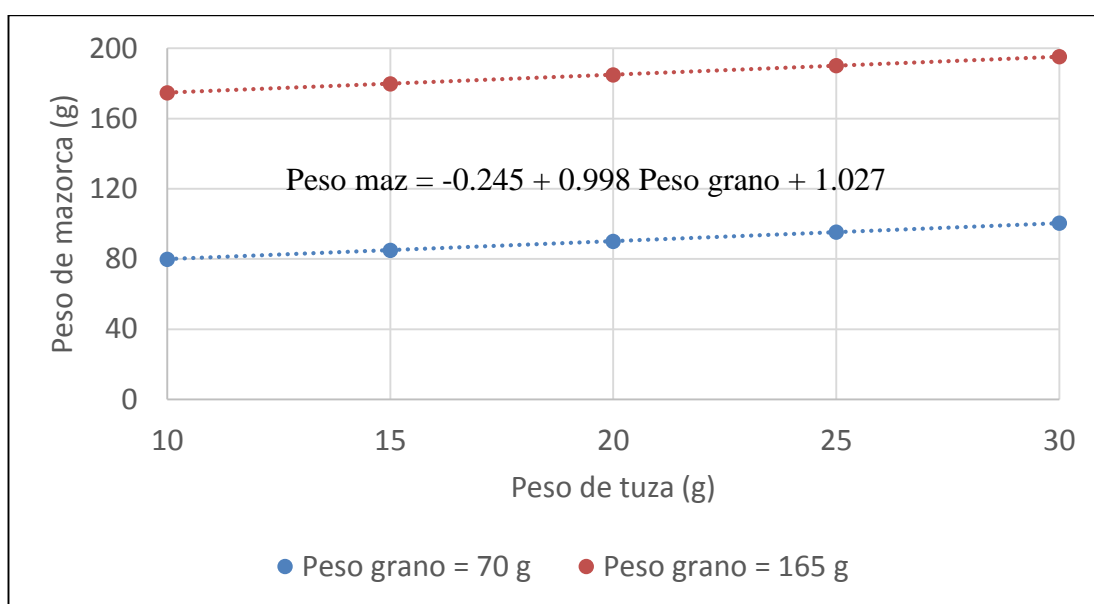
Variable	Coefficiente de regresión	Error estándar	Cuadrados medios	F calculado
Término independiente	-0.245	0.3731	0.46	0.4*
Peso de grano	0.998	0.0027	145303.00	136465.0**
Peso de tuza	1.027	0.0145	5361.29	5035.2*

**Tabla 3.5** Resumen de selección de Stepwise con las variables peso de grano y peso de tuza 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 calculado
Peso de grano	1	0.9667	0.9667	14473.0 **
Peso de tuza	2	0.0303	0.9970	5035.2 **

**Tabla 3.6** Peso de mazorca (g) de maíz *morado* (*Zea mays* L.) para valores diferentes de peso de grano y peso de tuza, Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Peso de tuza (g)	Peso de grano (g)				
	70	95	120	145	165
10	79.885	104.835	129.785	154.735	174.695
15	85.020	109.970	134.920	159.870	179.830
20	90.155	115.105	140.055	165.005	184.965
25	95.290	120.240	145.190	170.140	190.100
30	100.425	125.375	150.325	175.275	195.235



**Figura 3.1** Regresión de peso de mazorca (g) de maíz *morado* (*Zea mays* L.) sobre peso de grano y peso de tuza. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

### 3.3. ASOCIACIÓN ENTRE CARACTERES

El grado de asociación de los caracteres de mazorca se observa, en la tabla 3.7; donde el peso de la tuza tiene una alta significación estadística con la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca y peso de grano; esto significa que a mayor longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca y peso de grano se obtiene un mayor peso de tuza por mazorca; asimismo el peso de grano tiene una alta significación estadística con la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza y peso de mazorca; esto significa que a mayor longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza y peso de mazorca se obtiene mayor peso de grano sin embargo lo más resaltante es que a mayor peso de grano mayor peso de mazorca; también el peso de mazorca tiene una alta significación estadística con la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas y diámetro de tuza; esto significa que a mayor longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas y diámetro de tuza se obtiene mayor peso de mazorca; igualmente el diámetro de tuza tiene una alta significación estadística con la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca y peso de 1000 semillas; esto significa que a mayor longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca y peso de 1000 semillas se obtiene mayor diámetro de tuza; además el peso de 1000 semillas tiene una alta significación estadística con el diámetro de mazorca y ninguna asociación con la longitud de mazorca y baja significación estadística con el número de hileras por mazorca; esto significa que a mayor diámetro de mazorca se obtiene mayor peso de 1000 semillas; de igual modo el número de hileras por mazorca tiene una alta significación estadística con la longitud de mazorca y diámetro de mazorca; esto significa que a mayor longitud de mazorca y diámetro de mazorca se obtiene mayor número de hileras por mazorca y asimismo tiene una alta significación estadística con la longitud de mazorca; esto significa que a mayor longitud de mazorca se obtiene mayor diámetro de mazorca y estos resultados son similares con lo obtenido por Alca (2000) y Valenzuela (2012), quienes reportan que a mayor peso de grano se obtiene mayor peso de mazorca.

**Tabla 3.7.** Coeficientes de correlación entre caracteres de mazorca de maíz morado (*Zea mays L.*). Canaán 2735 msnm. Avacucho.

	Longitud de mazorca		Diámetro de mazorca		Hileras por mazorca		Peso de 1000 semillas		Diámetro de tuza		Peso de mazorca		Peso de grano		Peso de tuza	
	cm Y1	cm Y2	cm Y3	cm Y4	g Y5	g Y6	g Y7	g Y8	cm Y9	cm Y10	g Y11	g Y12	g Y13	g Y14	g Y15	g Y16
<b>Y1</b>	0.120 ***		0.115 **	0.070	0.090 *	0.321 **	0.293 **	0.261 **								
<b>Y2</b>		0.510 **		0.278 **	0.597 **	0.656 **	0.632 **	0.338 **								
<b>Y3</b>				-0.120 **	0.437 **	0.495 **	0.498 **	0.144 **								
<b>Y4</b>					0.196 **	0.514 **	0.493 **	0.284 **								
<b>Y5</b>						0.445 **	0.394 **	0.415 **								
<b>Y6</b>							0.983 **	0.420 **								
<b>Y7</b>								0.256 **								

## CONCLUSIONES

1. El promedio de la población de la longitud de mazorca 18.055cm, diámetro de mazorca 3.873 cm, hileras por mazorca 10.616, peso de 1000 semillas 390.800 g, diámetro de tuza 1.818 g, peso de mazorca 139.190 g, peso de grano 119.762 g y peso de tuza 19.430 g; asimismo existe variancia genética dentro de parcelas y variancia ambiental entre parcelas.
2. Los valores de heredabilidad es 87.7, 99.4, 96.9, 99.7, 92.6, 92.8 y 95.2 % para longitud de mazorca, hileras por mazorca, peso de 1000 semillas, diámetro de tuza, peso de mazorca, peso de grano y peso de tuza, respectivamente; estos valores son considerados altos y favorables para la selección.
3. La ganancia por selección en la próxima generación es de 0.126 cm para la longitud de mazorca, 0.077 cm para el diámetro de mazorca, 0.370 hileras por mazorca, 6.531 g del peso de 1000 semillas, 0.039 g para el diámetro de tuza, 6.165 g para el peso de mazorca, 5.725 g para el peso de grano y 0.437 g; este incremento o ganancia es una estimación para próxima generación o selección que se realizara.
4. La selección de variables por el método Stepwise, muestra la existencia de la relación funcional del peso de mazorca (Y) con el peso de grano ( $X_1$ ) y peso de tuza ( $X_2$ ). Siendo el modelo:  $\hat{Y} = -0.245 + 0.998 X_1 + 1.027 X_2$ , lo que significa que a mayor peso de grano y tuza mayor peso de mazorca.
5. La correlación con alta significación estadística con 98.3% es el peso de la mazorca con respecto al peso del grano, lo que significa que a mayor peso de grano por mazorca hay mayor peso de mazorca.



## **RECOMENDACIONES**

1. Realizar el sexto ciclo de selección masal en esta variedad Arequipeña mejorada, hasta llegar a la homogeneidad.
2. El mejor criterio de selección es considerando el peso de la mazorca, peso de grano, longitud y diámetro de mazorca.
3. Evaluar caracteres de calidad en las próximas selecciones.
4. Evaluar rendimientos en diferentes ambientes y zonas productoras.
5. Realizar el análisis químico de la antocianina en la siguiente selección masal estratificada

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Aguilar, D. 2008. Tesis comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de fertilización en la parroquia la concepción cantón mira. Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales, escuela de ingeniería agropecuaria-Ecuador.
2. Alca, M.R. 2000. Selección Masal Estratificada en Maíz Morado (*Zea mays* L.) Canaán a 2750 m.s.n.m.-Ayacucho. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
3. Allard, R. W. 1980. Principios de mejora genética. Cuarta edición. Edición Omega S.A. España 498 p.
4. Araujo, J. 1995. Estudio de la extracción de colorantes de maíz morado (*Zea mays* L.) con el uso de enzimas. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM-Lima-Perú.
5. Arboleda, F y Lonquist, J. 1974. Evaluación del progreso de selección masal de dos poblaciones de maíz. Universidad de Nebraska Dpto de Agronomía. U.S.A.
6. Arroyo, J.; Saez, E.; Rodríguez, M.; Chumpitaz, V.; Burga, J.; de la Cruz, W.; Valencia, J. 2010. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays* L.) en ratas hipercolesterolémicas. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica 24: 157-162.
7. Brauer, O. 1973. Fitogenética aplicada. Edit. Limusa. México. 495 p.
8. Caicedo, M. 2001. Determinación de la ganancia genética obtenida a través del mejoramiento en las poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) morocho, blanco y amarillo duro. Tesis Ingeniero Agrónomo. ESPOCH.
9. Cerrate, D. M. 1999. Selección mazorca-hilera modificada en una variedad choclera de la Sierra alta del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo UNA La Molina. Lima Perú.
10. Cebolla, J. 2013. La selección masal en alógamas. Universidad Politécnica de Valencia. España
11. Chávez. J. 1995. Mejoramiento de plantas 2. Métodos específicos de planta alogamas pp: 21-50.

12. Cubero, J. 2013. Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones Mundiprensa. Barcelona- España. pp: 117-132
13. Collazos, C.1962. Composición de Alimentos Peruanos. 3ra Edición. Lima-Perú. 37 pp.
14. Cronquist, A., 1981, An integrated system of classification of flowering plants, Columbia Univ. Press, New York.
15. De La Loma, J. 1985. genética general y aplicada. Editorial hispanoamericana. México. Pp: 419- 425.
16. Dudley. J.W. & Moll, R. H. 1969. Interpretation and Use of estimates of heritability and genetic variance in plant breeding. Crop.
17. Enrique, R. y Vilcapoma, D. 2012. Evaluación de vida útil en anaquel de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) nativo tostado y envasado en tres tipos de envases “Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias”. Huancayo- Perú. Disponible en.  
<<http://cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/43828448.pdf>>  
Consultado el día 14 de julio 2016.
18. Fopex. 1985. “El maíz morado. Manual de fondo de promoción de exportadores-Perú”.
19. Flores, C. D (2008). (*Zea mays* L.) Variedad morada y su efecto protector de daño osteoarticular en artritis inducida en ratas tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias de La Salud, Facultad de Medicina Humana Unidad de Posgrado U.N.M.S.M. Lima – Perú.
20. Grobman, A 2012 El maíz se originó en el Perú y México. Universia: <http://noticias.universia.edu.pe/tiempo-libre/noticia/2012/02/13/911136/maiz-origino-peru-mexico.html>
21. INIA. 2003. Compendio tecnológico del programa de investigación de maíz. Edit. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Lima- Perú.
22. INIA. 2006. Boletín Informativo del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria en “producción de maíz morado en valles interandinos”.
23. INDECOPI 2016. Boletín comisión nacional contra la biopiratería <<http://www.indecopi.gob.pe/documents/2079/369580/Boletin+Nº+2+-+TemaMAIZ+MORADO/26d8fe5c-42d68a30-c4fb4b441782>> consultado el día 26 de julio del 2016.

24. Justiniano, A. E. 2010. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de la molina tesis para optar el grado de: Magister scientiae, Escuela de post grado especialidad de producción agrícola. Lima-Perú.
25. Lazo, R. 1999. Fertilización potásica y fosfórica en el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.). PM 581.Tesis UNA. El cural- Arequipa- Perú.
26. LIBROGEN. 2004. Mejoramiento, Endogamia y Heterosis [en línea] [http://member.fortunecity.es /librogen/ mejoramiento. htm](http://member.fortunecity.es/librogen/mejoramiento.htm) consultado el día 26 de julio del 2016.
27. Lonnquist, J. H. 1961. El mejoramiento de las plantas de polinización cruzada. Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. 5<sup>a</sup>., Buenos Aires, Actas v. 2, p. 238.
28. Llanos, M. 1984. El maíz, su cultivo y aprovechamiento. Editorial. Mundiprensa- España. 318 p.
29. Manrique, A. 1997. “El maíz en el Perú. Segunda edición CONCYTEC. Perú”
30. Manrique, A. 1999. Maíz morado peruano (*Zea mays* L.). amilaceae st). Folleto R.Y. N° 2-99.Perú. 24 p.
31. Marquez, F. 1985. Genotecnia Vegetal: métodos, teoría, resultados. Tomo I. mexico. pp: 138-145, 155-202, 225-226.
32. Nevado, M. y Sevilla, R. (1976). Selección de variedades de maíz en zonas con características ambientales y tecnológicas agrícolas. Extraordinaria información del maíz. Vol. II. UNA La Molina. Lima-Perú.
33. Paucarima, R. E. 2007. Respuesta de maíz morado (*Zea mays* L.) a cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra Canaán a 2750 msnm. Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero agrónomo facultad de ciencias agrarias escuela de profesional de agronomía UNSCH. Ayacucho-Perú.
34. Poelhman, J. M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México. 453 p.
35. Puma, J.1998. “dos fuentes de materia orgánica y el rendimiento de maíz morado en zonas áridas”. Tesis UNAS. Arequipa –Perú.
36. Quispe, J. O. 2007. Fertilización N-P-K densidad de planta en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán 2750 msnm. Ayacucho facultada de ciencias

- agrarias UNSCH- Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo Facultad de Ciencias Agrarias Ayacucho-Perú.
- 32 Salinas, R. 2015. Mejoramiento poblacional de un compuesto de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán a 2735 msnm-Ayacucho. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Agrónomo facultad de ciencias agrarias escuela de formación profesional de agronomía UNSCH. Ayacucho-Perú.
  - 33 Saquinuix, I. F. 2011. Selección masal en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) para pequeños agricultores. Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola –ICTA. Quetzaltenango, Guatemala.
  - 34 Sumar, L. (1993), *Amaranthus caudatus*, el pequeño gigante. Programa de investigación amarantos. Boletín N° 03: Setiembre Cuzco – Perú.
  - 35 Valenzuela, Y. M. 2014. Selección Masal Estratificada en Maíz Morado (*Zea mays* L.) II Etapa en Canaán a 2735 m.s.n.m.-Ayacucho. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. UNSCH-Ayacucho-Perú.
  - 36 Vallejo, F. y Estrada, E. 1992. Fundamentos genéticos del Mejoramiento vegetal. Universidad Nacional de Colombia. 102 p
  - 37 Vega, O. 1988. Introducción a la Teoría Genética Cuantitativa con Especial Referencia al Mejoramiento de plantas. Caracas- Venezuela. Pp: 325- 333.
  - 38 Zambrano, O. L. (2011). “Guía de Cereales”. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias y Escuela Profesional de Agronomía.

# ANEXOS

### Anexo 1. Álbum fotográfico del trabajo de investigación.



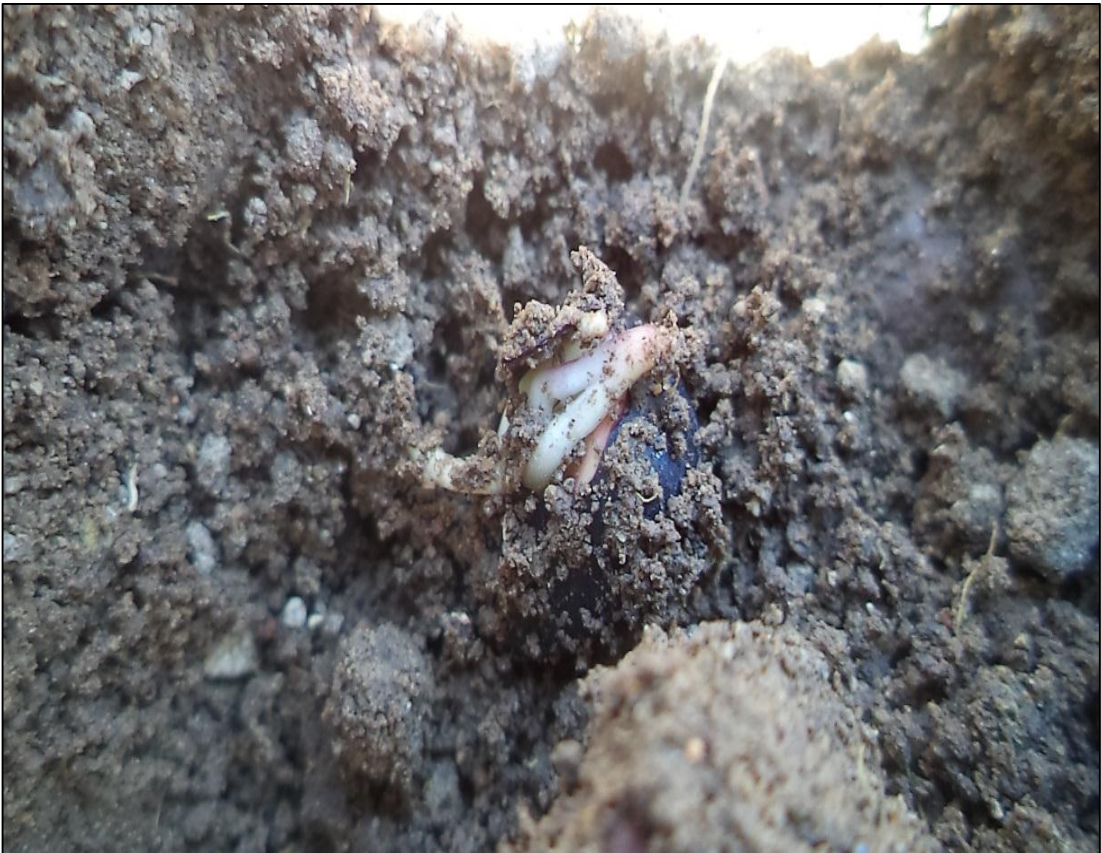
**Fotografía 01:** terreno nivelado con cintas de riego por goteo.



**Fotografía 02:** Siembra de la semilla a la altura de las cintas de riego por goteo.



**Fotografía 03:** Aplicación del primer riego por goteo después de la siembra.



**Fotografía 04:** Germinación de la semilla del maíz morado después de 3 a 5 días.





**Fotografía 05:** Plántula de maíz morado con 2 hojas verdaderas.



**Fotografía 06:** Primer aporque y aplicación del fertirriego.



**Fotografía 07:** Plántula de maíz morado con 8 hojas verdaderas.



**Fotografía 08:** Inicio de panojamiento del maíz morado.



**Fotografía 09:** pistilos en la inflorescencia femenina del maíz morado.



**Fotografía 10:** Maíz morado listo para la cosecha.



**Fotografía 11:** Cosecha de las muestras seleccionadas según su fenotipo.



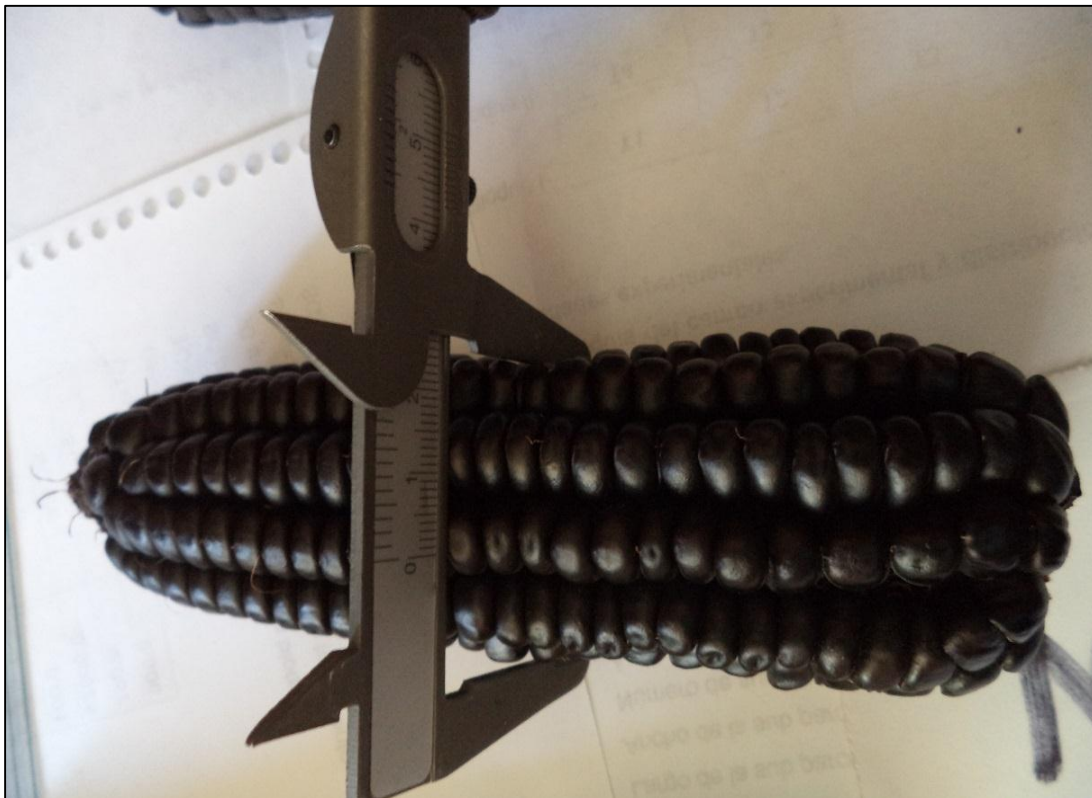
**Fotografía 12:** Secado de las muestras seleccionadas por parcela en el invernadero.



**Fotografía 13:** Secado de las muestras seleccionadas por parcela en el invernadero.



**Fotografía 14:** Medida de la longitud de mazorca con un vernier.



**Fotografía 15:** Medida del diámetro de mazorca con un vernier.



**Fotografía 16:** Pesada de la mazorca en una balanza gramera.



**Fotografía 17:** Pesada del grano de una mazorca en una balanza gramera.



**Fotografía 18:** Pesada de la tusa de una mazorca en una balanza gramera.



**Fotografía 19:** Medida del diámetro de la tusa de una mazorca con un vernier.



**Fotografía 20:** pesada de 100 semillas en una balanza gramera.