

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO, Y CONTENIDO DE ANTOCIANINA EN SEIS VARIETADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EVALUADAS DURANTE TRES CAMPAÑAS AGRÍCOLAS, EN EL DISTRITO DE ICHOCÁN, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA”**

**T E S I S**

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

**Presentado por el Bachiller:  
VÍCTOR MANUEL MOYA IGLESIAS**

**Asesores:**

Ing. M.Sc. JESÚS HIPÓLITO DE LA CRUZ ROJAS

Ing. M.Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

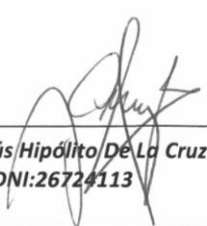


## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
VÍCTOR MANUEL MOYA IGLESIAS  
DNI: 45965090  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
AGRONOMÍA
2. Asesor(a):  
Ing. MSc. JESÚS HIPÓLITO DE LA CRUZ ROJAS
3. Grado académico o título profesional  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
4. Tipo de Investigación:  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:  
"COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO, Y CONTENIDO DE ANTOCIANINA EN SEIS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EVALUADAS DURANTE TRES CAMPAÑAS AGRÍCOLAS EN EL DISTRITO DE ICHOCÁN, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA"
6. Fecha de evaluación: 12 de septiembre de 2024
7. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 15%
9. Código Documento: 3117:380777096
10. Resultado de la Evaluación de Similitud: 15%

**APROBADO**       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 12 de septiembre de 2024

  
\_\_\_\_\_  
Ing. MSc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas  
DNI: 26724113

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2024



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica

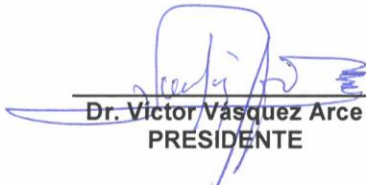


**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

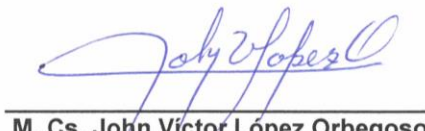
En la ciudad de Cajamarca, a los veintidós días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 016-2024-FCA-UNC, de fecha 15 de enero del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO, Y CONTENIDO DE ANTOCIANINA EN SEIS VARIETADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EVALUADAS DURANTE TRES CAMPAÑAS AGRÍCOLAS EN EL DISTRITO DE ICHOCÁN, PROVINCIA DE SAN MARCOS, REGIÓN CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **VÍCTOR MANUEL MOYA IGLESIAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

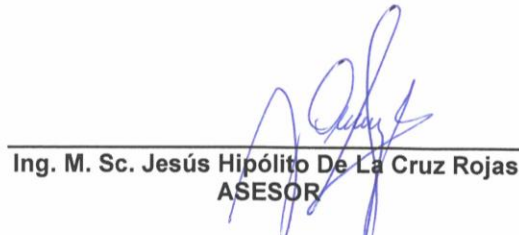
A las diez horas y dos minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y ocho minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
Dr. Víctor Vasquez Arce  
PRESIDENTE

  
Ing. M. Cs. David Ricardo Uriol Valverde  
SECRETARIO

  
M. Cs. John Víctor López Orbegoso  
VOCAL

  
Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas  
ASESOR

  
Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos  
ASESORA

## DEDICATORIA

A Dios que me dio la vida y la salud en todo momento, a mis padres y familiares por haberme forjado como la persona que soy actualmente y a mi pareja por el apoyo incondicional en la realización de este trabajo de investigación, todos ellos convirtiéndose en el fehaciente idóneo de superación.

EL AUTOR

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero dar gracias a Dios que es mi fortaleza y da impulso a mi vida. Quiero también dar gracias a la Ingeniera Alicia Medina Hoyos que me brindó su amistad, confianza y sus enseñanzas, guiándome para poder realizar esta Investigación

Quiero agradecer al Ingeniero Hipólito De la Cruz Rojas, por sus orientaciones y consejos en toda mi carrera profesional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria, así mismo al Proyecto del Programa Nacional de Investigación Agraria 022\_P1, que me brindó la oportunidad de realizar esta investigación sobre maíz morado.

EL AUTOR

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema.....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Objetivo general.....	3
1.3.1. Objetivos específicos.....	3
1.4. Hipótesis de la investigación.....	3
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Marco teórico.....	5
2.2.1. Origen y distribución del maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	5
2.2.2. Clasificación taxonómica del maíz morado.....	6
2.2.3. Morfología y anatomía de la planta.....	6
2.2.4. Requerimientos deseables para el cultivo de maíz morado.....	7
2.2.5. Prácticas agronómicas y labores culturales para el maíz morado.....	9
2.2.6. Raza y variedades.....	14
2.2.7. Importancia del maíz morado.....	16
2.2.8. Rendimiento del maíz morado.....	16
2.2.9. Antocianinas.....	17
2.3. Definición de términos.....	19

CAPÍTULO III .....	21
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1.    Ubicación del experimento.....	21
3.1.1.  Análisis de suelo.....	22
3.1.2.  Condiciones climáticas durante las tres campañas agrícolas.....	22
3.2.    Materiales .....	25
3.2.1.  Materiales biológicos.....	25
3.2.2.  Insumos.....	25
3.2.3.  Materiales en Campo .....	25
3.2.4.  Materiales y equipos de laboratorio.....	26
3.3.    Metodología.....	26
3.3.1.  Toma de datos biométricos en pre cosecha. ....	26
3.3.2.  Toma de datos biométricos en cosecha .....	27
3.3.3.  Trabajo en postcosecha.....	28
3.3.4.  Trabajo de gabinete.....	29
3.3.5.  Procedimiento para extracción y cálculo de antocianinas .....	29
3.3.6.  Procedimiento para la transformación de % de antocianina a mg g <sup>-1</sup> : .....	31
3.3.7.  Diseño experimental .....	31
3.3.8.  Modelo estadístico:.....	31
□    Para un ambiente: .....	31
3.3.9.  Instalación de bloques.....	33
CAPÍTULO IV .....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1.    Análisis de rendimiento de 6 variedades de maíz morado sembrando en dos localidades por tres campañas consecutivas .....	35
4.2.    Análisis del contenido de antocianinas en porcentaje a nivel de coronta y brácteas .....	38
4.2.1.  Contenido de antocianinas en coronta .....	38
4.2.2.  Contenido de antocianinas en brácteas .....	41

CAPÍTULO V .....	46
CONCLUSIONES.....	46
CAPÍTULO VI.....	47
LITERATURA CITADA.....	47
CAPÍTULO VII.....	55
ANEXOS.....	55
Anexo 1 RENDIMIENTO POR CAMAPAÑAS DE GRANO SECO DE MAIZ MORADO.....	55
Anexo 2. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA .....	58
Anexo 3. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS.....	59
Anexo 4. ANÁLISIS DE SUELO .....	60
Anexo 5. Evidencias de desarrollo de la investigación .....	62



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 <i>CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TAXONOMÍA DEL MAÍZ MORADO</i> .....	6
TABLA 2 <i>FERTILIZACIÓN EN EL PRIMER ABONAMIENTO</i> .....	13
TABLA 3 <i>FERTILIZACIÓN EN EL SEGUNDO Y TERCER ABONAMIENTO</i> .....	13
TABLA 4 <i>GEORREFERENCIACIÓN DE LAS DOS LOCALIDADES DONDE SE INSTALÓ EL EXPERIMENTO</i> .....	21
TABLA 5 <i>ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE 500 G. EN LAS DOS PARCELAS DE EXPERIMENTACIÓN.</i> .....	22
TABLA 6 <i>DATOS METEOROLÓGICOS REGISTRADOS DURANTE LA CAMPAÑA 2016 – 2017</i> .....	23
TABLA 7 <i>DATOS METEOROLÓGICOS REGISTRADOS DURANTE LA CAMPAÑA 2017 – 2018</i> .....	23
TABLA 8 <i>DATOS METEOROLÓGICOS REGISTRADOS DURANTE LA CAMPAÑA 2018 – 2019</i> .....	24
TABLA 9 <i>INSUMOS PARA EL DESARROLLO DEL MAÍZ MORADO.</i> .....	25
TABLA 10 <i>MATERIALES Y EQUIPOS DE LABORATORIO</i> .....	26
TABLA 11 <i>ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR</i> .....	32
TABLA 12 <i>ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL GRUPO DE EXPERIMENTOS</i> .....	32
TABLA 13 <i>CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO EN CADA AÑO</i> .....	33
TABLA 14 <i>ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) PARA EL RENDIMIENTO (KG PARC<sup>-1</sup>) DE SEIS VARIETADES DE MAÍZ MORADO EVALUADAS EN TRES CAMPAÑAS AGRÍCOLAS.</i> .....	35
TABLA 15 <i>PRUEBA DUNCAN COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RENDIMIENTO ENTRE CAMPAÑAS EXPRESADO EN KG PARC<sup>-1</sup> Y T HA<sup>-1</sup></i> .....	36
TABLA 16 <i>PRUEBA DUNCAN COMPARACIÓN DE MEDIAS DE RENDIMIENTO ENTRE LOCALIDADES EXPRESADO EN KG PARC<sup>-1</sup> Y T HA<sup>-1</sup></i> .....	37
TABLA 17 <i>PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DUNCAN (A=0,05) PARA EL PROMEDIO DE RENDIMIENTO DE GRANO SECO EN SEIS VARIETADES DE MAÍZ MORADO EXPRESADO EN KG PARC<sup>-1</sup> Y T HA<sup>-1</sup></i> .....	37
TABLA 18 <i>ANÁLISIS DE VARIANZA (CUADRADOS MEDIOS) DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA DE 6 VARIETADES DE MAÍZ EN UN DBCA CON 3 REPETICIONES (CAMPAÑAS).</i> ....	38
TABLA 19 <i>ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DUNCAN (A=0,05) PARA EL PROMEDIO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA DE LAS 6 VARIETADES DE MAÍZ MORADO DENTRO DE LA LOCALIDAD 1 (LLOLLÓN) DURANTE LAS 3 CAMPAÑAS, EXPRESADO EN % Y MG G<sup>-1</sup>.</i> .....	39
TABLA 20 <i>ANÁLISIS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DUNCAN (A=0,05) PARA EL PROMEDIO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA DE 6 VARIETADES DE MAÍZ MORADO DENTRO DE LA LOCALIDAD 2 (POROPORO) DURANTE LAS 3 CAMPAÑAS EXPRESADO EN % Y MG G<sup>-1</sup>.</i> .....	40
TABLA 21 <i>PROMEDIO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA DE LAS 6 VARIETADES EN LAS DOS LOCALIDADES EN LAS TRES CAMPAÑAS, EXPRESADO EN MG G<sup>-1</sup>.</i> .....	40
TABLA 22 <i>ANÁLISIS DE VARIANZA (CUADRADOS MEDIOS) DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS DE 6 VARIETADES DE MAÍZ EN UN DBCA CON 3 REPETICIONES (CAMPAÑAS) EN LA LOCALIDAD – 1 (LLOLLÓN).</i> .....	41
TABLA 23 <i>ANÁLISIS DE VARIANZA (CUADRADOS MEDIOS) DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS DE 6 VARIETADES DE MAÍZ EN UN DBCA CON 3 REPETICIONES (CAMPAÑAS) EN LA LOCALIDAD – 2 (POROPORO)</i> .....	42
TABLA 24 <i>PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE DUNCAN (A=0.05) PARA LOS PROMEDIOS DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS EN LAS 6 VARIETADES DE MAÍZ MORADO EN LA LOCALIDAD – 1 (LLOLLÓN) EN LAS 3 CAMPAÑAS EXPRESADO EN % Y MG G<sup>-1</sup>.</i> .....	43

TABLA 25	<i>PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE DUNCAN (<math>\alpha=0.05</math>) PARA LOS PROMEDIOS DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS EN LAS 6 VARIEDADES DE MAÍZ MORADO EN LA LOCALIDAD – 2 (POROPORO) EN LAS 3 CAMPAÑAS EXPRESADO EN % Y <math>MG G^{-1}</math></i>	44
TABLA 26	<i>PROMEDIO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS DE LAS 6 VARIEDADES EN LAS DOS LOCALIDADES EN LAS TRES CAMPAÑAS, EXPRESADO EN <math>MG G^{-1}</math></i>	44
TABLA 27	<i>RENDIMIENTO EN <math>KG PARC^{-1}</math> DE LA LOCALIDAD DE LLOLLÓN</i>	55
TABLA 28	<i>RENDIMIENTO EN <math>KG PARC^{-1}</math> DE LA LOCALIDAD DE POROPORO</i>	55
TABLA 29	<i>RENDIMIENTO EN <math>KG PARC^{-1}</math> EN LA LOCALIDAD DE LLOLLÓN</i>	56
TABLA 30	<i>RENDIMIENTO EN <math>KG PARC^{-1}</math> EN LA LOCALIDAD DE POROPORO</i>	56
TABLA 31	<i>RENDIMIENTO EN <math>KG PARC^{-1}</math> EN LA LOCALIDAD DE LLOLLÓN</i>	57
TABLA 32	<i>RENDIMIENTO EN <math>KG PARC^{-1}</math> EN LA LOCALIDAD DE POROPORO</i>	57
TABLA 33	<i>CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA EXPRESADO EN % LOCALIDAD LLOLLÓN</i>	58
TABLA 34	<i>CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA EXPRESADO EN % LOCALIDAD POROPORO</i>	58
TABLA 35	<i>CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS EXPRESADO EN % LOCALIDAD LLOLLÓN</i>	59
TABLA 36	<i>CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS EXPRESADO EN % LOCALIDAD POROPORO</i>	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 <i>MÉTODO DE SIEMBRA A CON CAMELLÓN</i> .....	11
FIGURA 2 <i>MÉTODO DE SIEMBRA B, CON SURCO</i> .....	11
FIGURA 3 <i>PRODUCCIÓN Y HA SEMBRADAS DE MAÍZ MORADO AÑOS 2015 - 2020</i> .....	17
FIGURA 4 <i>ESTRUCTURA DE LAS ANTOCIANINAS EN FRUTOS Y VEGETALES (DE PASCUAL, T; SÁNCHEZ, 2009)</i> .....	18
FIGURA 5 <i>FOTO SATELITAL DE LAS LOCALIDADES EN ICHOCÁN – SAN MARCOS – CAJAMARCA</i> . 21	
FIGURA 6 <i>CROQUIS DEL EXPERIMENTO</i> .....	33
FIGURA 7 <i>ANÁLISIS DE SUELO LOCALIDAD DE LLOLLÓN</i> .....	60
FIGURA 8 <i>ANÁLISIS DE SUELO LOCALIDAD DE POROPORO</i> .....	61
FIGURA 9 <i>REALIZANDO LA INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO</i> .....	62
FIGURA 10 <i>EVALUANDO EMERGENCIA DE PLANTAS</i> .....	62
FIGURA 11 <i>COLOCACIÓN DE LETRERO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS</i> .....	63
FIGURA 12 <i>EVALUACIÓN DE FLOR MASCULINA Y FEMENINA</i> .....	63
FIGURA 13 <i>PARTICIPANDO DE LA COSECHA DE CADA EXPERIMENTO</i> .....	64
FIGURA 14 <i>SEPARACIÓN DE CADA VARIEDAD</i> .....	64
FIGURA 15 <i>SELECCIÓN DE VARIEDADES PARA LABORATORIO</i> .....	65
FIGURA 16: A Y B <i>PICADO Y SECADO DE CORONTAS Y BRÁCTEAS</i> .....	65
FIGURA 17 <i>COMPARATIVO DE CORONTAS DE DERECHA A IZQUIERDA INIA 601 – CANTEÑO – MORADO MEJORADO – UNC 47 – INIA 615 – PMV 581</i> .....	66
FIGURA 18 <i>TRABAJO EN LABORATORIO EN PRONEX</i> .....	66
FIGURA 19 <i>PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA EL ESPECTROFOTÓMETRO</i> .....	67
FIGURA 20 <i>OBTENCIÓN DE LA ABSORBANCIA CON EL ESPECTROFOTÓMETRO</i> .....	67

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de identificar una variedad de maíz morado que pueda garantizar un elevado rendimiento promedio anual, así como un alto contenido de antocianinas en coronta y brácteas, elaborando, un comparativo de seis variedades de maíz morado sembradas en tres campañas consecutivas. Este estudio se llevó a cabo con el respaldo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca. Para el experimento se trabajó las siguientes variedades INIA – 601, CANTEÑO, UNC – 47, MORADO MEJORADO, INIA – 615, PMV – 581, sembradas con el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 repeticiones. Los resultados evidenciaron que no hay diferencia estadística entre las variedades INIA – 601, MORADO MEJORADO y UNC – 47; sin embargo, presentaron disparidad, en cuanto a rendimiento promedio en las tres campañas de 3,9 t ha<sup>-1</sup>, 3,7 t ha<sup>-1</sup>, 3,5 t ha<sup>-1</sup>. Para el contenido de antocianinas en coronta, la variedad que sobresale es UNC – 47 con 65 mg g<sup>-1</sup> y para el contenido de antocianinas en brácteas es INIA – 601 la que presenta mayor porcentaje con 17 mg g<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** Variedad, rendimiento, antocianinas

## ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of identifying a variety of purple corn that can guarantee a high average annual yield, as well as a high content of anthocyanin's in the crown and bracts, elaborating a comparative of six varieties of purple corn planted in three consecutive seasons. This study was carried out with the support of the National Institute for Agrarian Innovation (INIA), in the district of Ichocán, province of San Marcos, Cajamarca region. The following varieties were used for the experiment: INIA – 601, CANTEÑO, UNC – 47, IMPROVED PURPLE, INIA – 615, PMV – 581, planted with a completely randomized block design (DBCA) with 4 replications. The results showed that there was no statistical difference between the varieties INIA – 601, IMPROVED PURPLE and UNC – 47; however, they showed disparity in terms of average yield in the three seasons of 3.9 t ha<sup>-1</sup>, 3.7 t ha<sup>-1</sup>, 3.5 t ha<sup>-1</sup>. For anthocyanin content in crown, the variety that stands out is UNC – 47 with 65 mg g<sup>-1</sup> and for anthocyanin content in bracts, INIA – 601 is the one that presents the highest percentage with 17 mg g<sup>-1</sup>.

**Key words:** Variety, yield, anthocyanin

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) se considera uno de los granos alimenticios más remotos y oriundos de América, y se ha convertido en un cultivo estratégico de gran importancia a nivel mundial, después del trigo y el arroz. Esto se debe a su alta rentabilidad económica como alimento humano y animal, así como suministro esencial para industrias. En cuanto a la producción mundial, Subia (2021), reveló que el grano de maíz alcanzó los 850 millones de toneladas anuales con una producción promedio de 5,2 t ha<sup>-1</sup> en 162 millones de hectáreas. Por otro lado; la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), estimó que la producción de maíz en América del Sur en 2017, fue de 162,5 millones de toneladas, superando las producciones históricas de Argentina (49,5 millones de toneladas) y Brasil (99,4 millones de toneladas).

Referente a diversidad, el maíz presenta variedades muy competitivas en el mercado debido a su alto valor nutricional, como el maíz morado, la misma que presenta una coloración morada en las brácteas, coronta, tallos y granos debido a su poderoso antioxidante natural llamado antocianinas. Este pigmento tiene alta demanda en industrias farmacéuticas, textiles, panificadoras y cosméticas tanto a nivel nacional como internacional.

En lo que respecta al enfoque global, Mayorga y Pérez (s.f) descubrieron que las variedades de maíz morado cultivadas en México y Costa Rica muestran bajos rendimientos, que oscilan entre 1,02 y 3,36 t ha<sup>-1</sup> por efecto de las sequías. Esto también causa variaciones en el tamaño de las plantas, las cuales se distinguen por tener muchos tallos, pero sin producir mazorca. En cuanto a las antocianinas, los autores también mencionan que la presencia de flavonoides depende del lugar donde se cultiva el maíz morado.

Por otro lado, Hernández (2016), señala que el maíz morado representa el 4,8% de la producción de maíz en México y solo se usa para la producción de tortillas debido a la baja concentración de antocianinas en el pericarpio de los granos. En contraste, Ortiz (2012) señala que el maíz Kully es crucial para los productores en Bolivia, ya que es la segunda o tercera fuente principal de ingresos económicos, debido a la venta de materias primas para la elaboración de api para los programas de desayuno escolar. Sin embargo, el rendimiento es de 1 a 1,5 t ha<sup>-1</sup>, aduciendo que este resultado es debido a la infertilidad de los suelos y a la presencia de plagas y enfermedades.

En el Perú el rendimiento del maíz morado depende varios factores, es así que en la costa obtienen un rendimiento promedio entre 8 a 9 t ha<sup>-1</sup> debido a su superficie homogénea, a la disponibilidad de agua (sistemas de riego), a la adquisición de semilla con 95% de pureza y presentan tecnologías entre media – alta. En cambio, en la sierra, el rendimiento se ve limitado por la baja tecnología, a la presencia de suelos con bajo porcentaje de fertilización, también dependen mayormente de las lluvias y obtienen semilla de baja calidad de manera artesanal, mostrando una producción de 1,6 t ha<sup>-1</sup>. (Hortus 2021).

En cuanto a antocianina el Perú se caracteriza por presentar variedades de maíz morado que difieren en la concentración de flavonoides, en corontas, brácteas y granos, llegando a tener una concentración de 8% de antocianina, superando por mucho el 2% que piden las empresas para su compra (Sierra y Selva exportadora, 2021).

### **1.1. Descripción del problema**

La siembra de maíz morado en el Perú, se encuentra distribuida en todo el territorio nacional, no obstante, el rendimiento (característica importante para los productores) difiere de acuerdo a las variedades y a las zonas de producción. La variedad que se ha distribuido con mayor fuerza ha sido el maíz morado canteño, que tiene una adaptabilidad desde los 500 hasta los 2400 msnm con un rendimiento promedio entre 2 y 4 t ha<sup>-1</sup>.

Con el pasar de los años las investigaciones de universidades peruanas y el INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) han logrado obtener nuevas variedades, con la finalidad de aumentar el rendimiento, generar adaptabilidad en nuevas zonas de producción e incrementar el contenido de antocianinas, siendo alguna de ellas, INIA – 615, PMV – 521, UNC – 47, MMM (maíz morado mejorado - Experimental), INIA – 601, las cuales están difundidas en las regiones de Cajamarca, Ancash, Arequipa, Junín, Lima, Ayacucho.

Durante mucho tiempo los productores de la provincia de San Marcos en la región Cajamarca, han impulsado la siembra de maíz morado con la variedad canteño, sin embargo; con el transcurrir de los años, el rendimiento no ha superado la tonelada y media por hectárea, el precio en la venta se ha reducido y los costos de producción se han elevado (INIA 2016), así mismo, investigaciones como Piña (2018), revelan que el contenido de antocianina en coronta no supera el 2% requerido por las empresas.

Es así que esta investigación se desarrolló con la finalidad de dar a conocer a los productores, una variedad que obtenga mejores rendimientos y produzca mayor concentración de

antocianinas en sus brácteas y corontas, haciendo un comparativo de seis variedades de maíz morado sembradas en tres campañas consecutivas en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál de las seis variedades de maíz morado, sembradas durante tres campañas agrícolas en el distrito de Ichocán, provincia San Marcos, región Cajamarca, presenta mayor rendimiento y contenido de antocianinas en corontas y brácteas?

## **1.3. Objetivo general**

Determinar la variedad que tiene mayor rendimiento y contenido de antocianinas en corontas y brácteas, en seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) evaluadas en tres campañas consecutivas, sembradas en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca.

### **1.3.1. Objetivos específicos**

- Determinar qué variedad de maíz morado entre las seis variedades estudiadas, presentó mayor rendimiento durante las tres campañas agrícolas de maíz morado, sembradas en el distrito de Ichocán.
- Determinar qué variedad de maíz morado entre las seis variedades estudiadas, presentó mayor cantidad de antocianinas en corontas, durante las tres campañas agrícolas de maíz morado, sembradas en el distrito de Ichocán.
- Determinar qué variedad de maíz morado entre las seis variedades estudiadas, presentó mayor cantidad de antocianinas en brácteas, durante las tres campañas agrícolas de maíz morado, el distrito de Ichocán.

## **1.4. Hipótesis de la investigación**

La variedad de maíz morado INIA – 601 presentó mayor rendimiento y contenido de antocianinas en relación a las demás variedades que se evaluaron durante las tres campañas agrícolas de maíz morado, sembradas en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, Región Cajamarca.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Pedraza *et al.* (2017), en su investigación **Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea maíz L.*)**, la investigación se desarrolló con el fin de conocer cuál era la densidad al momento de la siembra, en relación al crecimiento de la vegetación y el rendimiento que tenían maíz morado INIA – 601, UNC – 47, PMV – 581, para ello se realizó los trabajos laborales que eran requeridos para los tres tipos de tratamientos que se realizaron en la investigación. La investigación presentó un análisis estadístico de tipo factorial con 3 bloques y 9 solares usados para el tratamiento, la separación que se presentó entre los solares fue de 1 metro y la separación entre los bloques de 1,5 metros. Para la contrastación de la hipótesis se hizo uso del análisis de varianza de las variables que se habían utilizado en la investigación, junto a una prueba Tukey. Como resultado obtuvieron que el mayor porcentaje de germinación lo presentó la variedad UNC – 47. Mientras que la variedad INIA – 601 mostró el resultado más favorable en altura y rendimiento, debido a que logró una estatura de 202,6 cm y un rendimiento de 4808,80 kg ha<sup>-1</sup> mientras tanto que la variedad PMV – 581 sobresalió en el mayor número de hileras por mazorca, y con el mejor diámetro de la misma, siendo 50 x 30 cm.

Mendoza (2017), en su tesis: **Contenido de antocianinas y rendimiento de seis variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) Canaán 2735 msnm – Ayacucho** consiguió analizar el rendimiento, rentabilidad económica, cantidad de antocianinas y precocidad de seis variedades de maíz morado, la investigación se realizó en relación a un diseño de bloques, denominado bloques completos randomizados (DBCR) con un abonamiento de 160N – 110P – 50K. Los resultados obtenidos luego del desarrollo investigativo fue que, la variedad de maíz morado más precoz fue la INIA – 615, la variedad con mayor rendimiento presente en la mazorca, grano y tuza resultó ser la variedad INIA – 615, la variedad con mayor contenido de antocianinas en grano lo obtuvo la variedad denominada el Arequipeño, la variedad con mayor contenido en antocianinas en la tuza lo obtuvo la variedad Canteño. Por último, las variedades que generan una mayor rentabilidad económica son las variedades INIA – 615 y canteño.

**Espinoza (2017)**, en su tesis “**Evaluación de la adaptación de 03 variedades del cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) En 03 fechas de siembra, en la comunidad de Matipaccana - Yauli - Huancavelica.**” Evaluó la adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en la comunidad de Matipaccana a una altitud de 3438 msnm, lugar donde no se registró sembríos de maíz anteriormente, Para el desarrollo de la investigación se hizo uso de los bloques completos randomizados (BCR) y a la vez con el arreglo factorial (3 x 3) haciendo 9 tratamientos. Donde 3 repeticiones se encargaron de la evaluación del crecimiento vegetativo, rendimiento y contenido de antocianinas. Como resultado obtuvo que la variedad INIA – 601 presenta mayor cantidad de antocianinas 965,40 mg 100 g<sup>-1</sup> con un rendimiento de 1823,00 kg ha<sup>-1</sup>.

Altamirano (2019), en su tesis: **Efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito Baños del Inca región Cajamarca, 2018** evaluó si existe diferencias significativas en la manifestación de antocianinas en tres variedades distintas del maíz morado (INIA – 601, Maíz morado mejorado (MMM), una variedad de Huamanga) aplicando distintas cantidades de fertilizantes. El estudio se realizó mediante el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 5 fertilizantes y 3 variedades. Entre los resultados de mayor importancia se tiene se encontró que no existe una diferencia estadística en el contenido de antocianinas por el efecto de fertilizantes, obteniéndose los siguientes resultados INIA – 601 = 4,63%, MMM = 4,56% y HUAMANGA = 3,58%.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Origen y distribución del maíz (*Zea mays L.*)**

Los debates sobre el origen y distribución del maíz, han sido muy controversiales, investigadores como Tapia y Fries hacen mención sobre el origen del producto, definiendo que su centro primario se ubica en Mesoamérica (Guatemala y México) y el segundo centro de investigación se encuentra en los Andes centrales (Perú, Bolivia) (Pinedo, 2015). Así mismo Gruneberg, citado por Piña (2018) nos señala que el maíz fue cultivado y especializado por los antiguos pobladores de Perú y México, ambas con núcleos genéticos diferentes.

Manrique, citado por Justiniano (2010), nos indica que en el Perú existen 55 razas de maíz bien diferenciadas. Entre ellas destaca la raza Kully, de la cual se derivan las diferentes

variedades de maíz morado, dicha raza es antigua, dado que su origen surge desde las culturas prehispánicas como la cultura Paracas, la cultura Nazca y otras culturas de la Costa Central del Perú, su antigüedad se estima por lo menos a 2500 a.C.

### 2.2.2. Clasificación taxonómica del maíz morado

Yanan Gómez, citado por Urquizo y Sánchez (2019), enfatiza acerca de la distribución taxonómica del maíz morado, siendo la más aproximada de:

**Tabla 1**

*Clasificación según su taxonomía del maíz morado.*

<b>Taxonomía</b>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida.
Sub Clase	Commelinidae.
Orden	Poales.
Familia	Poaceae.
Tribu	Andropogoneae
Genero	<i>Zea</i> .
Especie	<i>Zea mays</i>
Nombre científico	<i>Zea mays</i> (L).
Nombre común	Maíz morado

*Nota:* Elaboración Propia

### 2.2.3. Morfología y anatomía de la planta

- **Raíces:** Según León (1968), hay tres categorías de raíces que surgen en cada fase de desarrollo del maíz. Las primeras son las raíces temporales, que nacen del embrión durante la germinación y sirven para proporcionar nutrientes a la planta durante las primeras dos semanas. Después, las raíces permanentes sustituyen a las temporales y se dividen en raíces principales y laterales y capilares. Después, surgen las raíces adventicias o de anclaje, que brotan del segundo o tercer nudo del tallo. Una vez que aparecen, caen oblicuamente en el suelo, donde se ramifican para desempeñar su función de anclaje y absorción de nutrientes.
- **Tallo:** Según León (1968), el tallo es el resultado de la unión de los nudos y los entrenudos. Estos nudos y entrenudos varían en número y longitud, además

menciona que las plantas jóvenes tienen una zona de crecimiento activa o intercalar que produce nuevos tejidos y provoca la elongación del tallo. La morfología del tallo tiene una forma muy similar a una caña, con los entrenudos compuestos por una medula esponjosa, recto, sin ramas adyacentes y de una longitud muy elevada, logrando una altura aproximada de 3 metros. (Ortas, 2008).

- **Hoja:** Las hojas del maíz se abrazan al tallo con vellosidad en el haz y son muy filosas y cortantes en el extremo alejado del tallo (Guacho, 2014). Son paralelinervadas, alternas y la cantidad de hojas varía según la variedad, pero generalmente contienen entre 15 hasta 30 hojas, según Ortas (2008).
- **Flores:** Sabiendo que el maíz es una planta que presenta ambos sexos (monoica), presenta inflorescencias con las mismas flores que se ubican en diferentes partes de la planta, esta inflorescencia se puede apreciar de manera femenina o mazorca, y se desarrolla desde las yemas apicales ubicadas en las axilas de las hojas, mientras que la inflorescencia masculina o panoja, se forma en el punto de crecimiento apical, específicamente en la parte extrema superior de la planta (FAO, 2001).
- **Fruto y semilla:** Ortas (2008), indica que una flor femenina que ya ha sido fecundada, desarrollará un grano que se agrupará en relación a un eje principal, ampliamente esta formación es conocida como coronta o tusa. Posteriormente se formarán los de granos y filas, que estos varían de acuerdo a la variedad y vigor del maíz, algunas contienen entre 600 a 1000 granos dispuestos en 12 a 16 hileras. Una vez el fruto del maíz se ha desarrollado esto será una cariósida, donde cada grano es una semilla y consta particularmente de tres 3 partes principales: endospermo triploide, embrión diploide y la pared (FAO, 2001).

#### **2.2.4. Requerimientos deseables para el cultivo de maíz morado**

Comprendiendo sus orígenes del maíz morado y considerando la gran importancia que este producto genera a nivel mundial, este maíz presenta diversas variedades que se han ido incrementando gracias a las investigaciones, por ese motivo este cultivo se siembra desde los 500 hasta los 3400 msnm en la región del Perú (INIA, 2016).

- **Selección del terreno:** Fuentes (2002), considera que el maíz se siembra en diferentes condiciones de suelo, algunos generan mayor dificultad como en los pesados (arcillosos) o muy sueltos (arenosos) y los óptimos son los suelos franco-

arcillosos con buen drenaje, fértiles, profundos, y con buena retención del agua, en cuanto al pH puede soportar desde los 5,5 hasta 8 pero su balance exacto puede ser de 6 a 7. INIA (2016), también hace mención en la topografía del terreno (pendiente) no muy pronunciadas que perjudiquen las prácticas de manejo del cultivo. Merino (2007), por su parte afirma que se debe seleccionar el terreno dependiendo de la variedad que se instalará, para obtener los mejores rendimientos de producción.

- **Temperatura adecuada:** Para el desarrollo eficiente del maíz morado, este requiere de una temperatura acorde a su ciclo de vida. Para ello, el maíz debe desarrollarse en una zona de temperaturas bajas, que son las mismas que promueven la generación de antocianinas, por el contrario, si su desarrollo se realiza en temperaturas cálidas, la formación de antocianinas queda suprimida. Por esta razón, se debe tener en cuenta que, si la producción de maíz morado se enfoca en un uso elevado de antocianinas, se debe considerar la temperatura como un factor clave de éxito. (INIA, 2016)
- **Riesgo de cruce con otras variedades:** Se debe seleccionar campos donde este alejado a 250 m de otra parcela donde siembren maíz de otras variedades diferentes a maíz morado, ya que el cruce de polen, podría afectar la producción de antocianinas (INIA, 2016)
- **Rotación de cultivo:** Para la siembra adecuada del maíz morado, se debe considerar el cambio de parcelas cada 5 años, se conoce que el maíz tiene una absorción de nutrientes muy elevada, generando que la parcela donde se realizó el sembrío quede desproporcionada en nutrientes y abonos, esto genera que la producción no sea la misma que si se deja descansar al lugar de cultivo.
- **Época de siembra:** El maíz morado al ser un alimento que requiere de temperaturas bajas, se siembra fácilmente entre los 2000 y 3100 msnm. Donde las épocas más comunes de siembra son los meses de lluvia, pero si se cuenta con un sistema de riego, el mes más apropiado para su siembra es en julio, justo en campaña chica. Pero, si se desea sembrar para campaña grande, los meses más apropiados son en octubre o noviembre, en siembra al seco.

### 2.2.5. Prácticas agronómicas y labores culturales para el maíz morado

- **Preparación del terreno:** Deras (2010), nos indica que la labranza mínima es ideal para los productores que tienen campos inclinados ya que no generan erosión, ni exposición de suelo al efecto del viento. Por otro lado, estudios realizados por el INIA aseguran que la labranza ayuda en la preparación del terreno para aceptar la semilla, indica también que se puede realizar tres veces el paso de yunta, la primera vez, un mes antes de la siembra (si el suelo es ácido, aplicar agrícola para corregir el pH), la segunda vez, se realiza dos semanas antes de que siembre, con el fin de suavizar el terreno y romper la tierra compacta, y la tercera vez, el mismo día que se pretende sembrar con el fin de analizar los 30 cm de profundidad que debe tener el suelo. (INIA, 2016).
- **Selección y preparación de la semilla:** Parsons citado por Quispe (2013) hace mención sobre la garantía que presenta una semilla certificada, definiendo que una semilla certificada tiene un 85% de germinación efectiva, además de un 96% de ser tratada con total seguridad ante los fungicidas que la van a prevenir de las enfermedades en el proceso de desarrollo. De igual forma Manrique (2000), antepone que la semilla debe tener una pureza varietal, esta pureza solo se consigue comprando de productores e instituciones que la garanticen, inclusive Manrique menciona que, si fuera posible, es mejor conseguir semilla en mazorca. En consecuencia, INIA hace mención que la compra de semilla mejorada y certificada, produce una germinación y crecimiento uniforme de las plantas (INIA 2016).

Para proteger las plántulas después de la germinación, ya que se ha obtenido una semilla que garantice una alta germinación, se debe considerar revestir la semilla con insecticidas. El proceso protegerá la plántula de los gusanos perforadores (*Elasmopalpus lignosellus* Z.) y cortadores (*Agrotis ipsilon*, *Spodoptera frugiperda* S.), que causan pérdidas de plántulas durante la germinación y producen pérdidas de cultivos. Manrique (2000).

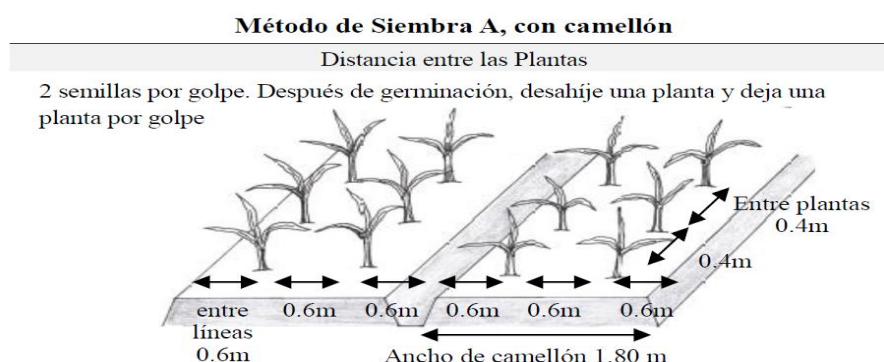
- **Sistema y densidad de siembra:** Si se desea obtener un mayor número de mazorcas con buena pigmentación de la tusa en el maíz morado, la densidad de siembra es de mucha importancia, Manrique (2000) señala que para una siembra correcta se debe considerar altas densidades en el suelo, sembrando en surcos que se separen entre 80 y 45 cm entre los golpes, además de colocar 5 semillas por

cada golpe, la finalidad de este tipo de siembra se debe a que al momento que se realice el aporque, queden tres plantas por cada golpe. Por otra parte, también hay una siembra por surco corrido, donde se van a colocar dos semillas cada 15 cm de distancia, con el fin que se quede una sola planta cuando se realice el aporque. Cualquiera que fuere el método utilizado en la siembra se logra conseguir una plantación de 82000 plantas por una hectárea de terreno, siendo una cantidad de 50 kg ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, Requis (2012) señala que la mejor densidad entre los surcos debe de ser de 80 cm y 50 cm entre cada golpe, con una cantidad de 3 semillas por golpe, la finalidad de este método es lograr tener una plantación de 75000 plantas por hectárea. Para este método se necesita una cantidad de semilla entre 35 a 40 kg ha<sup>-1</sup>.

- **Siembra:** Vásquez, citado por Mendoza (2017), explica que la mejor época para sembrar maíz es después de las heladas, ya que la siembra del maíz depende en gran medida de la disponibilidad de agua, la temperatura, la localidad y la variedad a sembrarse. Un ejemplo claro de esto es la siembra en lugares cálidos después de que las temperaturas bajas han pasado para evitar la pérdida de maíz. De acuerdo con los estudios realizados por el INIA menciona que, en las zonas alto andinas, para realizar una siembra se verifica que las lluvias no sean las primeras, sino que sean lluvias continuas. Para esto presenta dos modelos de siembra:
  - **Método A. con camellón:** Se aconseja plantar dos semillas por cada golpe con una distancia de 40 cm entre las plantas y 60 cm entre las líneas, conocidas como líneas de camellón, y un ancho de 1,80 m entre las líneas. Esto se realiza con una distancia prudencial de 3 cm entre las semillas para evitar daño en las raíces durante el desahíje. Este método de siembra brinda a las plantas más espacio, mejor iluminación y mejor ventilación. En cambio, hay un inconveniente: la siembra no se puede llevar a cabo en áreas con pendientes pronunciadas.

## Figura 1

### Método de siembra A con camellón

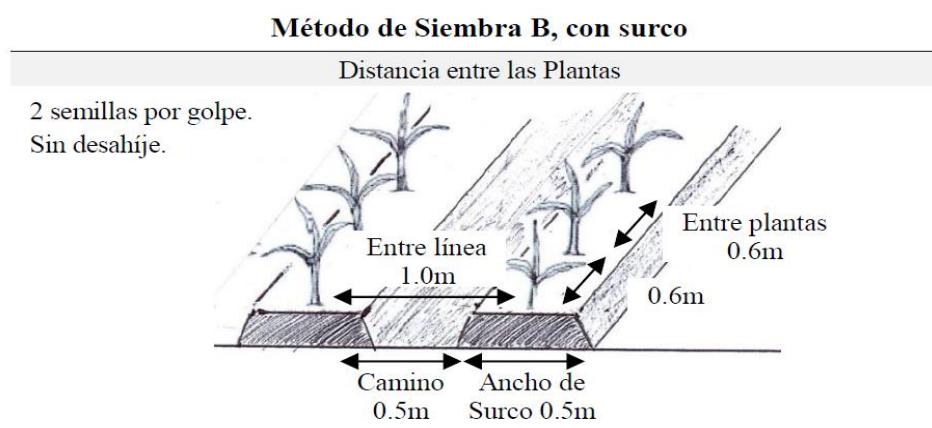


Nota: INIA 2016

- **Método B. con surco:** Este método recomienda la siembra de dos semillas por cada golpe, con una distancia de 60 cm entre plantas y 100 cm entre líneas; el ancho del surco de 50 cm. Con dos semillas por cada uno de los golpes, y sin desahíje. Con este método de siembra se logra una ventilación moderada entre plantas, iluminación moderada y reducción del espacio para el majeño del cultivo. Pero tiene una importante ventaja, que si se puede realizar la siembra en terrenos con pendientes pronunciadas. (INIA, 2016).

## Figura 2

### Método de siembra B, con surco



Nota: INIA 2016

- **Desahíje:** Es la práctica que se realiza cuando el maíz tenga 3 a 4 hojas, y consiste en retirar plantas que no tengan un buen crecimiento o tengan un crecimiento acelerado, con el fin de generar un crecimiento uniforme en toda la parcela, esto ayudara al aprovechamiento de fertilizante, agua y luz.



- **Riego:** Según Bartolini, citado por Quispe (2013), el maíz, al igual que otros cultivos, requiere agua para un buen crecimiento vegetal. De igual forma, el INIA señala dos aspectos cruciales: si se siembra durante épocas de lluvia, el cultivo solo necesitara de esa fuente de agua, mientras que, si se siembra durante épocas sin lluvia, es necesario un sistema de riego. Existen diferentes momentos donde se debe aplicar riegos, estos son:
  - **1er momento:** Antes de la siembra, es necesario regar la parcela un día antes, con el propósito de germinar la semilla, este procedimiento lleva el nombre de capacidad de campo.
  - **2do momento:** Después de la germinación procurar que cuando se realice el riego, se realice con una determinada cantidad de agua, debido a que la abundancia de agua hace la proliferación de hongos y bacterias.
  - **3er momento:** Se debe dar en la etapa de crecimiento y floración de maíz, justamente en esta etapa la planta logra desarrollar sus órganos de reproducción, por lo que debe tener una polinización adecuada. Asimismo, se debe evitar la carencia de agua hasta la floración y desarrollo de la mazorca, esto a razón que influye mucho en el crecimiento, calidad y rendimiento (INIA 2016). El consumo que requiere una planta de maíz, es aproximadamente de  $5000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Manrique, 2000).
- **Aporque:** Esta actividad es recomendada para realizar cuando la planta ha logrado desarrollar entre 6 y 8 hojas. La razón detrás de esto es que las raíces de la planta crezcan lateralmente y se aferren al suelo, lo que evita que la planta caiga. Debido a la gran cantidad de vegetación que se forma hasta esta etapa, también ayuda mejorar la respiración de las raíces.
- **Abonamiento:** Teniendo en cuenta a Manrique (2000), sostiene que la siembra de maíz morado siempre requiere potenciales fuentes de potasio, fosforo y nitrógeno. Esto debido a que es una planta con mucha densidad, pero también se debe tener en cuenta tener un análisis previo del suelo. En consecuencia, el INIA asegura que la absorción de nutrientes que realiza el cultivo depende mucho del ciclo de vida en que se encuentra la planta, por ejemplo, cuando es la etapa de floración la absorción se incrementa rápidamente, debido a que la mazorca conseguirá su punto máximo de crecimiento. (INIA 2016).

- **1er abonamiento:** Con base en INIA (2016), los nutrientes son absorbidos por las raicillas por esta razón la fertilización se debe realizar en los contornos de la planta donde crecen las raíces. Así mismo Manrique (2000), alude que el primer abonamiento se debe realizar en el momento de la siembra o inmediatamente.

**Tabla 2**

*Fertilización en el primer abonamiento*

Abonamiento	Fertilización	Total
1	90 kg de N	275 kg ha <sup>-1</sup> de Nitrato de Amonio
		200kg ha <sup>-1</sup> de Úrea
	80 kg de P	175 kg ha <sup>-1</sup> de Superfosfato triple de Calcio
	60 kg de K	125 kg ha <sup>-1</sup> de Sulfato de Potasio

*Nota:* Elaborado con base en INIA (2016).

- **2do y 3er abonamiento:** Se realiza cunado se va a realizar el aporque de la siembra, mientras que la tercera fertilización se realiza cuando está comenzando la floración masculina o también conocida como el surgimiento de la panoja. En el proceso de fertilización, esta se coloca en el talud del camellón o conocido como costilla del surco, debido a que la absorción de nutrientes lo harán las raicillas.

**Tabla 3**

*Fertilización en el segundo y tercer abonamiento*

Abonamiento	Fertilización	Total
2	30.8 Kg de N	20 kg ha <sup>-1</sup> de Úrea
	19.8 Kg de P	180 kg ha <sup>-1</sup> de Guano de Isla
	28.5 Kg de K	40 kg ha <sup>-1</sup> de Cloruro de potasio
3	23 kg de N	50 kg ha <sup>-1</sup> de Úrea
	21 kg de K	35 kg ha <sup>-1</sup> de Cloruro de potasio

*Nota:* Elaborado con base en INIA, (2016).

- **Abonamiento adicional para contrarrestar daño por granizo:** Las precipitaciones en estado sólido (granizo), ocasionan heridas en los sembríos, a razón que proliferan la propagación de bacterias y virus. Por esta razón, se recomienda que una vez el granizo se disuelva se debe aplicar fungicidas para evitar enfermedades como *Helminthosporium*. Una vez culminada la aplicación se debe curar el sembrío con fertilizantes para foliar el fortalecimiento de la planta. Grow More (foliar) 1 kg ha<sup>-1</sup> (INIA 2016).
- **Cosecha:** Una vez culminada la etapa de floración, pasan en promedio 40 días para visualizar la madurez fisiológica de la planta, es decir la transformación de azúcares en almidón, por consiguiente, los granos pasan de un estado lechoso a uno rígido. Cuando un grano está completamente rígido, este indica que la planta se ha desarrollado fisiológicamente y morfológicamente, quedando solo la etapa de secado en mazorca y grano. Justamente en este periodo, los pigmentos antociánico se estabilizan y forman el color morado característico de este tipo de maíz. Por lo tanto, las mazorcas están listas para la etapa de cosecha, específicamente cuando el grano tiene más o menos 30% de humedad. (Manrique 2000). Asimismo (Requis 2012) enfatiza que la cosecha del maíz morado se debe realizar oportunamente, justo cuando el grano ha alcanzado la madurez fisiológica, debido a que, si no se cosecha a tiempo, existe la pérdida de la calidad por la proliferación de *Pagiocerus frontalis*. Inclusive, si aún existe la presencia de lluvias en esta etapa, hace que el grano germine nuevamente y dañe la mazorca.

#### 2.2.6. Raza y variedades

- **Raza y variedades nativas del Maíz Morado:** De acuerdo con lo expuesto por Begazo (2013), menciona que existen subpoblaciones de maíz morado que se diferencian unas de otras por sus características morfológicas, como el tamaño, número de hileras, forma, etc. Así mismo Rafael (2017), menciona que todos los ecotipos provienen de la raza ancestral Kully. Por otro lado, Manrique (2000), detalla las características de esta raza, obtenidas mediante trabajos de investigación en la UNA – LA MOLINA.
- **Morado Canteño:** La variedad Canteño está ampliamente distribuida entre las regiones de Lima y Canta, además de estar presente en Ancash. Su cultivación se realiza en zonas que van desde los 500 a 2400 msnm, esta

variedad presenta una altura que oscila entre el metro ochenta y los 2 metros 50 centímetros, con características específicas, debido a que presenta el tallo, la hoja, la panoja y la barba de color púrpura.

- **Morado de Caraz:** Esta variedad de maíz es una derivación de la variedad Morado Canteño, se introduce a la serranía por el Callejón de Huaylas por el Dr. Cerrate y R. Sevilla, la introducción se dio por el proyecto de mejoramiento de maíz en la sierra, UNALM 1965. La siembra de esta semilla se realizó en grandes cantidades en Caraz, por lo que se le optó por llamar Morado de Caraz. En relación a la precocidad de este maíz Rafael (2017) menciona que presenta una precocidad intermedia, pero con la posibilidad de adaptarse a zonas con temperaturas cálidas.
- **Arequipeño:** Una variedad que presenta una característica específica, debido a que el grano se dispone en hileras regulares en la mazorca. Esta variedad es similar a la variedad Cuzco, pero con la diferencia que tiene el grano más pequeño, además de no tener una pigmentación muy pronunciada.
- **Negro de Junín:** Se le atribuye esta definición a un grano voluptuoso, negro y dispuestos irregularmente en la mazorca, además de tener una mazorca pequeña y redondeada. Esta variedad se asemeja a la variedad San Jerónimo.
- **Huancavelicano:** Variedad que resiste a alturas muy elevadas, se distribuye desde la sierra central hasta la sierra sur, aproximadamente hasta Arequipa.
- **Variedades mejoradas del Maíz Morado**
  - **PMV – 581 y PMV – 582:** Son variedades que se derivan de la variedad de maíz morado Caraz, la variedad PMV – 581, se desarrolló para sembríos en zonas de sierra media, mientras que la variedad PMV – 582, se desarrolló para sembríos en zonas de costa central. Su desarrollo estuvo enfocado en generar mayores incrementos de pigmentación morada o púrpura, ya sea en el interior de la tusa como en el pericarpio del grano. Con estas variedades se buscó conseguir mejorar el rendimiento de su variedad original (Morado Caraz). (Manrique, 2000).
  - **INIA – 615 Negro Canaán:** Esta variedad la mejoró INIA, realizándose una selección detenida de medios hermanos a través de 36 colecciones de cultivos de la raza Kully, que se realizaron en un procedimiento que duró 9 ciclos. Para el desarrollo de esta variedad se utilizaron dos progenitores femeninos y tres

progenitores masculinos, la variedad negra Kully y Morado para progenitores femeninos, mientras que para progenitores masculinos se utilizó la variedad Morado, negro y Kully. (INIA, 2007).

- **INIA – 601 (INIA Negro Cajamarca):** Una variedad que se desarrolló en la región de Cajabamba, en una subestación experimental. La población de este experimento se conformó por 256 progenies, donde 180 de estos pertenecieron a la variedad (Morado de Caraz), mientras que las restantes 148 progenies, pertenecieron a la variedad (Negro de Parubamba). Para el mejoramiento se realizó una selección de medios hermanos que coincidan en el color morado interno y externo de la tuza y el grano, además que, la prolificidad sea mayor a 1,5 y el rendimiento mucho más elevado, evitando la enfermedad en la mazorca y un mejor desarrollo. (INIA 2014).

### **2.2.7. Importancia del maíz morado**

De acuerdo con Requis (2012), la gran importancia que adquiere el maíz morado, es debido a la producción de un potente antioxidante conocido como Antocianinas. La producción de maíz morado, es bien vista por industrias alimentarias, textil, cosméticos y farmacéuticas, debido al color intenso, y las propiedades nutraceuticas que ayudan al ser humano a combatir diversas enfermedades, por esta razón es que la posicionan en la categoría de “Superfood” (Palaco, 2018).

### **2.2.8. Rendimiento del maíz morado**

Los mercados nacionales e internacionales para el maíz morado están en aumento, pero la baja producción y las pocas zonas agrícolas, hacen que este producto sea un impulso motivador a los pequeños productores, para que puedan incrementar las hectáreas de siembra, aplicando nuevas tecnologías y estrategias que incrementen los rendimientos del cultivo aprovechando al máximo los recursos, y evitando a la vez los impactos negativos sobre el medio ambiente (Salvagiotti citado por Begazo 2013).

Pozo (2015), da a conocer que a partir de las campañas de maíz morado del año 2003 hasta el año 2006, este presentó niveles elevados de rendimiento y producción. Exactamente en el año 2006 la producción total llegó a las 10600 toneladas, donde las regiones que produjeron más fueron Cajamarca con 20,6%, Arequipa con 21,8% y Lima con 24,2%.

SIEA citado por Gonzales (2019) menciona que en el año 2015 el maíz morado genera una producción de 21,16 mil toneladas. Indicando un crecimiento desde el año 2006 de casi el 100%.

Del mismo modo MINAGRI (2017) menciona que la producción con mayor concentración de maíz morado, se desarrolla en 8 departamentos, donde Lima, Huacho, Ancash y la Libertad tiene el 80% de producción. Desde el año 2012 se ha apreciado una tasa que va en crecimiento, hasta el 2020 el crecimiento que ha presentado la tasa en promedio es de un 35%.

**Figura 3**

*Producción y ha sembradas de maíz morado años 2015 - 2020*



*Nota:* Agrodata 2020.

### 2.2.9. Antocianinas

- **Importancia de las antocianinas:** Las antocianinas son importantes por dos razones. La primera por su impacto sobre las características sensoriales de los alimentos los cuales pueden influenciar su comportamiento tecnológico durante el procesamiento de alimentos y la segunda por su implicación en la salud humana a través de diferentes vías (Pascual y Sánchez, 2008).

Por otra parte, las antocianinas son de interés particular para la industria de colorantes alimenticios debido a su capacidad para impartir colores atractivos (Konczak y Zhang, 2004).

Actualmente las antocianinas de maíz morado y azul están siendo usadas para la producción de tortillas azules coloreadas naturalmente. La incorporación de antocianinas como colorantes alimenticios, además de mejorar la apariencia total,

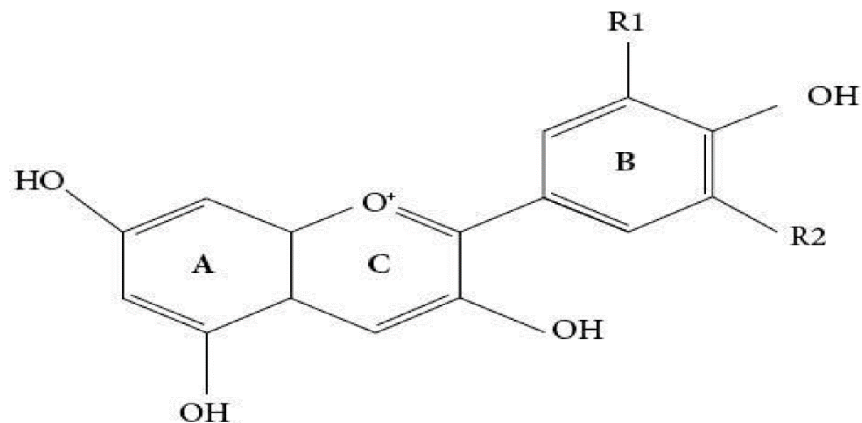
son muy benéficas para nuestra salud. Diversos estudios presentan evidencia científica que los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante, atrapar radicales y actuar como agentes quimio protectores. Las antocianinas también juegan un papel en las propiedades antidiabéticas tales como el control de lípidos, secreción de insulina y efectos vaso protectores (Shipp y Abdel-Aal, 2010).

- **Estructura de las antocianinas y color:** Las antocianinas concretamente son pigmentos hidrosolubles ampliamente distribuidos en el reino vegetal. (Aguilera *et al.*, 2011) Estas representan los principales pigmentos hidrosolubles visibles al ojo humano, debido al color púrpura que presentan. El color de las antocianinas depende de varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes glicosídicos en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos y de oscilación incrementando su solubilidad, demostrando que producen efectos en el tono de las antocianinas hacia las tonalidades púrpura y a la posición de los mismos grupos flavilio; por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metóxilos provoca la formación del color rojo. (Aguilera *et al.*, 2011).

En la planta de maíz, las antocianinas están presentes en diferentes estructuras como tallo, vaina, hojas, e inflorescencias; en la mazorca se pueden encontrar en la bráctea, grano y en la coronta. En el grano se ha reportado la presencia de antocianinas principalmente en el pericarpio (Salinas *et al.*, 2012).

**Figura 4**

*Estructura de las antocianinas en frutos y vegetales (De Pascual, T; Sánchez, 2009).*



*Nota:* Garzón (2008)

De acuerdo con Yolanda *et al.* (2013), reporta que la cáscara del maíz morado contiene aproximadamente 10 veces más antocianinas que otras plantas, siendo más frecuentes encontrarlas en flores y frutos, estas estructuras son las que contribuyen a los brillantes colores rojos, azules y morados de estos tejidos vegetales. Podemos anticipar la producción industrial de antocianinas, porque la cáscara de maíz morado contiene 10% de antocianinas. Recientes investigaciones informan sobre la existencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide) contenida en este fruto. Otras antocianinas identificadas fueron cianidina 3 - (6''-malonil glucósido) y peonidina 3 – glucósido.

La cianidina 3 – glucósido, es un tipo de antocianinas muy importante que se desarrolla en el maíz morado, este suprime el 7,12-dimethylbenzo antraceno, que es el mismo que induce a la carcinogénesis mamaria, lo que hace mención a que el color morado es un agente quimioterapéutico muy importante. (Fukamachi *et al.* 2008).

### 2.3. Definición de términos

- **Antocianinas:** De acuerdo con Garzón (2008), menciona que las antocianinas son pigmentos que tiene la capacidad de disolverse con el agua, además que pertenecen a la familia de flavonoides, su composición se da por dos anillos A y B que se unen en una cadena 3C. El color de las antocianinas depende mucho de la orientación y el número de metóxilo e hidroxilo en la molécula, donde los incrementos en las metoxilaciones darán colores rojizos, mientras que, para las coloraciones azuladas, debe existir incrementos en la hidroxilación.
- **Semilla:** Considerado como el órgano reproductivo más importante entre las plantas terrestres y acuáticas. La semilla representa una función de vital importancia en la población de las plantas y crecimiento de bosques. A nivel natural, la semilla constituye uno de los alimentos más importantes tanto para consumo de animales como consumo humano, esto debido a la gran cantidad de nutrientes que contiene. (Doria, 2010).
- **Periodo Vegetativo:** De acuerdo con Deras (2020), el periodo vegetativo es la etapa de desarrollo, crecimiento y formación de una planta, en regiones de temperaturas cálidas el periodo vegetativo es la parte del año donde la planta



germina y produce sus frutos, mientras que, en las regiones alto andinas con temperaturas bajas, su periodo vegetativo es entre primavera y verano.

- **Agente Quimioterapéutico:** Alimentos, productos o medicamentos que su utilización favorece la cura contra enfermedades cancerígenas, dichos agentes pueden estar presentes en varios productos de la naturaleza, algunos en mayores cantidades, pero su fin solamente es curar enfermedades relacionadas al cáncer. (Parma *et al.* 2013).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del experimento

La presente investigación ha sido realizada en las parcelas de dos productores de maíz morado, durante las campañas agrícolas 2016 – 17, 2017 – 18 y 2018 – 19, pertenecientes a los caseríos de Llollón y Poroporo, del distrito de Ichocán en la provincia de San Marcos, región Cajamarca.

**Figura 5**

*Foto satelital de las localidades en Ichocán – San Marcos – Cajamarca.*



*Nota:* Google Earth

**Tabla 4**

*Georreferenciación de las dos localidades donde se instaló el experimento*

Localidad	Altitud (msnm)	Coordenadas UTM	
		S	O
Llollón	2759	17 M 820048	9186339
Poroporo	3124	17 M 822229	9184211

*Nota:* Elaborado con datos propios

### 3.1.1. Análisis de suelo

El análisis de suelo se realizó con un mes de anticipación previo a empezar cada campaña agrícola, utilizándose el método de recolección de muestras de cada parcela, estas muestras se dividieron en submuestras, representadas en 500 g. por localidad. Finalmente, para el análisis, fueron llevadas al laboratorio de Análisis de suelo de la EEA Baños del Inca – INIA. Los métodos y parámetros de las muestras se detallan en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Análisis físico y químico de las muestras de 500 g. en las dos parcelas de experimentación.*

Propietario	Caserío	Determinación					Recomendaciones			
		P	K	pH	M.O.	N Total	N	P	k	CAL
		(ppm)	(ppm)		%	%	kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	t/ha
Jaime Sánchez	Llollón	29,33	350	7	2,46	0,12	95	40	40	
Segundo Aliaga	Poroporo	11,45	230	5	1,5		120	50	50	1

**Nota:** Laboratorio de suelos - EEA. Baños del Inca – INIA

- **Llollón:** Fósforo alto con una cantidad de (P = 29,33 ppm), Potasio medio con una cantidad de (K = 350 ppm), pH presenta una reacción neutra con un valor de (pH = 7) y Materia Orgánica media con un promedio de (M.O = 2,46 %).
- **Poroporo:** Fósforo medio con una cantidad de (P = 11.45 ppm), Potasio bajo con una cantidad de (K = 3230 ppm), pH presenta una reacción fuerte ácido con un valor de (pH = 5) y Materia Orgánica baja con un promedio de (M.O = 1,5 %).
- **Recomendaciones:** En el caserío de Llollón se recomendó utilizar 95-40-40 de NPK en cuanto al pH estaba en la escala correcta. Para el caserío de Poroporo, las condiciones de nutrientes y el pH fueron muy bajas, por lo que se recomendó utilizar 120-50-50 de NPK y aplicación de 20 kg cal agrícola para corregir el pH

### 3.1.2. Condiciones climáticas durante las tres campañas agrícolas

Durante las tres campañas agrícolas se presentaron diversos cambios climáticos, que a continuación se presentaran en las tablas, diferenciados por campañas agrícolas.

**Tabla 6***Datos meteorológicos registrados durante la campaña 2016 – 2017*

Año	Mes	Temperatura (°C)			PP (mm)	HR (%)
		Máxima	Mínima	Media		
2016	Diciembre	20,38	9,16	14,77	105,7	70
2017	Enero	19,84	9,27	14,56	143,9	72
2017	Febrero	20,3	8,76	14,53	63,6	79
2017	Marzo	18,81	9,58	14,20	226,4	75
2017	Abril	19,93	9,46	14,70	129,3	70
2017	Mayo	20,05	8,87	14,46	41,4	60
2017	Junio	20,43	7,09	13,76	7,8	50
<b>Promedio</b>		<b>19,96</b>	<b>8,88</b>	<b>14,42</b>	<b>102,59</b>	<b>68</b>
<b>Total</b>					<b>718,1</b>	

*Nota:* SENAMHI (Consulta noviembre 2017)**Tabla 7***Datos meteorológicos registrados durante la campaña 2017 – 2018*

Meses	Año	Temperatura (°C)			PP (mm)	HR (%)
		Mínima	Máxima	Media		
Diciembre	2017	11,70	24,95	16,85	0,00	78,12
Enero	2018	10,57	24,13	16,33	2,26	76,42
Febrero	2018	11,18	25,55	16,94	1,00	75,97
Marzo	2018	11,43	23,89	16,56	1,10	80,67
Abril	2018	10,09	24,05	16,01	1,56	76,64
Mayo	2018	9,48	24,52	15,91	0,01	75,56
Junio	2018	6,13	23,68	14,73	0,00	66,63
<b>Promedio</b>		<b>9,65</b>	<b>24,27</b>	<b>16,02</b>	<b>0,74</b>	<b>74,04</b>
<b>Total</b>					<b>5,93</b>	

*Nota:* SENAMHI (Consulta noviembre 2018)

**Tabla 8***Datos meteorológicos registrados durante la campaña 2018 – 2019*

Año	Mes	Temperatura (°C)			PP (mm)	HR (%)
		Máxima	Mínima	Media		
2018	Diciembre	24,95	9,37	17,16	66,5	71,9
2019	Enero	25,53	11,26	18,40	0,4	70,0
2019	Febrero	24,87	14,40	20,60	84,9	67,0
2019	Marzo	24,27	12,34	18,31	320,2	82,7
2019	Abril	20,40	8,68	14,54	125,9	85,3
2019	Mayo	20,81	7,86	14,34	31,6	83,9
2019	Junio	24,77	7,57	16,17	0,0	63,5
<b>Promedio</b>		<b>23,66</b>	<b>10,21</b>	<b>17,07</b>	<b>89,9</b>	<b>74,9</b>
<b>Total</b>					<b>629,5</b>	

*Nota:* SENAMHI (Consulta noviembre 2019)

A razón que la investigación se desarrolló en Ichocán distrito de San Marcos, esta zona presentó variaciones de temperaturas. El experimento se realizó en tres años diferentes temporadas, la primera entre los meses de diciembre 2016 y junio 2017, durante este periodo de tiempo se encontró que la temperatura máxima es de 19,96 °C, mientras que la temperatura más baja es de 8,88 °C con una media de 14,42 °C así mismo presento un total de precipitación de 718,1 mm en toda la campaña. El segundo experimento se realizó entre las fechas de diciembre 2017 y junio 2018, durante este periodo de tiempo se encontró que la temperatura máxima es de 24,7 °C, mientras que la temperatura más baja fue de 9,65 °C, con una media de 16,02 °C teniendo como precipitación total de 5,93 mm en toda la campaña. Por último, el tercer experimento se realizó entre los meses de diciembre 2018 y junio 2019, durante este periodo de tiempo se encontró que la temperatura máxima es de 23,66 °C, mientras que la temperatura más baja fue de 10,21 °C, con una media de 17,07 °C y con una precipitación total de 629,5 mm en toda la campaña.

## 3.2. Materiales

### 3.2.1. Materiales biológicos

Durante las tres campañas se trabajaron con las siguientes variedades certificadas, otorgadas por la EEA. Baños del Inca – INIA, para realizar la investigación.

- INIA – 601: Variedad producida en INIA – Cajamarca
- CANTENÑO: Variedad comercial
- MORADO MEJORADO: Variedad experimental del INIA – Cajamarca
- UNC – 47: Variedad liberada por la Universidad Nacional de Cajamarca
- INIA – 615: Variedad liberada por INIA - Ayacucho
- PMV – 581: Variedad liberada por la UNALM

### 3.2.2. Insumos

**Tabla 9**

*Insumos para el desarrollo del maíz morado.*

Insumo	Tipo
<b>Abonos</b>	Fertilizante Aminorgan y Guano de isla
<b>Abonos Foliare</b>	Pro humus y aditivos minerales humectantes (Bio2)
<b>Insecticidas para contrarrestar al gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i> Smith)</b>	Granolate Plus
<b>Aceites de ingesta para controlar la plaga del gusano mazorquero</b>	Aceite de consumo humano.

*Nota:* Elaboración propia

### 3.2.3. Materiales en Campo

- Palanas
- Estacas
- Balanza
- Bolsas
- Baldes
- Wincha
- Rafia

### 3.2.4. Materiales y equipos de laboratorio.

**Tabla 10**

*Materiales y equipos de laboratorio*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Vaso de precipitación de 250 ml.	Agitador magnético
Fiola de 100 ml.	Plancha de calentamiento
Matraz	Termómetro digital
Papel aluminio	Espectrofotómetro.
Pipeta de 5 ml	Balanza analítica (digital)
Hidrácido (en composición de 850 ml de alcohol al 96% + 150 ml de ácido clorhídrico en una cantidad del 2%).	Agitador

*Nota:* Elaboración propia

### 3.3. Metodología

Esta investigación se trabajó la tercera campaña 2018 – 2019 en específico, y abordó los meses de diciembre de 2018 y julio 2019, para determinar el rendimiento y el contenido de antocianinas tanto en corontas como en brácteas y posteriormente realizar el comparativo con las campañas anteriores. Para lograr homogeneidad en las parcelas, se utilizó el mismo material biológico sembrando con anterioridad INIA – 601, CANTEÑO, MAIZ MORADO MEJORADO, UNC – 47, INIA – 615 Negro Canaán y PMV – 581, el método utilizado para determinar el contenido de antocianinas fue Espectrofotometría (Fulekis y Francis).

#### 3.3.1. Toma de datos biométricos en pre cosecha.

La variación de los intervalos que se pretendieron medir se realizó en etapas de 15 a 20 días, donde se evaluó la emergencia de la semilla, el desarrollo vegetativo, la etapa de floración, la etapa de maduración, y finalmente la cosecha. Estos intervalos pretendieron medir cada parámetro del cultivo.

- **Número de plantas:** La obtención de plantas se logró mediante un conteo de plantas que se habían sembrado en cada unidad experimental antes de que se

realice la cosecha. La finalidad de este conteo se dio a razón que se pretendía conocer cuánto rendía el grano seco por fallas. (Medina, 2009).

- **Número de días para la Floración Masculina:** Para conocer el número de días de la floración masculina se realizó un conteo desde el día de siembra hasta el momento en que la mitad de la siembra (50%), empezó a mostrar la floración masculina (panojas con más del 30% de anteras liberando polen).
- **Número de días para la Floración Femenina:** Para conocer el número de días de la floración femenina se realizó un conteo desde el día de siembra hasta el momento en que la mitad de la siembra (50%), empezó a mostrar la floración femenina (pistilos claramente visibles).
- **Altura de planta:** Para el análisis de la altura de las plantas se tomaron como análisis los dos surcos centrales de cada siembra experimental, tomando al azar 10 plantas para la muestra. La medición se realizó desde la base de la planta (nivel del suelo) hasta donde está la inserción de la hoja bandera.
- **Altura de inserción de mazorca:** Para el análisis de la altura de la inserción de mazorca se trabajó con las mismas muestras para la medición de la altura de la planta, para esta medición se midió la planta desde su base a nivel del suelo hasta el nudo de la inserción con la mazorca principal.
- **Numero de mazorcas por planta:** Para el análisis de la cantidad del número de mazorcas se tomaron los surcos centrales para realizar el conteo, tomando una a una cada mazorca, para su debida evaluación, además de determinar la proliferación que presentaban.

### 3.3.2. Toma de datos biométricos en cosecha

- **Peso de campo:** Se llevó a cabo con la ayuda de baldes de recojo, las mazorcas recolectadas de los dos surcos centrales fueron llenando los baldes de recojo y posteriormente pesados en una balanza de reloj. Se tomó nota del peso obtenido para luego determinar le rendimiento que presentaba cada siembra experimental. (Medina 2009).
- **Pudrición:** Según la unidad experimental que fueron los dos surcos centrales, se ubicaron todas las mazorcas que presentaban problemas de pudrición, con el fin de determinar qué porcentaje de pudrición presentaba cada mazorca. Para la medición se tomó en consideración la escala de CIMMYT (1996), esta escala



trabaja con grados del 1 al 6, donde el grado 1 representa que el total de las mazorcas están sanas, el grado 2 representa que del total de mazorcas solo del 1 al 10% presentan pudrición, el grado 3 representa que del total de mazorcas solo del 11 al 25% presentan pudrición, el grado 4 representa que del total de mazorcas el 51 al 75% presentan pudrición. Por último, el grado 6 representa que, del total de mazorcas, el 100% presenta pudrición. Este análisis permitió que se pueda obtener el promedio ponderado de pudrición (PPP).

- **Muestras para determinar humedad:** A razón que se analizó dos unidades experimentales, se tomaron 10 unidades de mazorcas al azar de cada muestra, a estas se les extrajo dos hileras de grano. La muestra se realizó en bolsas de papel con 100 gramos en cada bolsa (peso húmedo), luego de este procedimiento se colocó la muestra a la estufa, con una temperatura de 105 °C, en un tiempo de 24 horas; este procedimiento se realizó para medir el porcentaje de humedad que contenía el producto cuando fue cosechado (Medina, 2009:49).

### 3.3.3. Trabajo en postcosecha

- **Selección de coronta y bráctea para procesamiento:** Después del proceso de cosecha, evitando la contaminación de los productos, se seleccionó el material consistente en coronta y bráctea, de cada uno de los tratamientos trabajados en los ensayos, para determinar el contenido de antocianinas en cada una de ellas.
- **Procesar las muestras de coronta y bráctea para su envío a laboratorio**
  - **Picado y Secado de coronta y bráctea:** Después de realizar la selección y desgrane, realizamos el picado de coronta recién cosechada, para esto fuimos a las instalaciones de la Asociación de Productores Agropecuarios SHICOMUMI Ichocán – APASI, en el caserío Poroporo, distrito de Ichocán; que cuenta con una picadora industrial, y consiste en picar las corontas identificadas según la variedad, y lugar de procedencia. En el caso de la bráctea, primero fue el secado en el laboratorio por 7 días después de ello, también fueron llevados a las instalaciones de la Asociación para ser picada. Posteriormente después del picado de las corontas, por cada variedad y por cada lugar de procedencia, se realizó el secado, para lo cual se utilizó bandejas de madera revestidas de una malla, para evitar el contacto con el suelo, sobre

estas bandejas se colocó papelotes, y se esparció en ellas las corontas molidas completamente extendidas. El proceso de secado duro 7 días. Después de ese tiempo pasamos a recogerlas.

- **Molienda y embolsado para envío al laboratorio:** Posteriormente realizó la molienda en harina de coronta y bráctea, con la ayuda de un molino de mano, cada variedad fue separada en bolsas plásticas, enumeradas e identificadas de acuerdo a la tabla de presentación de los productores.

### 3.3.4. Trabajo de gabinete

- **Cálculo de variables**

- **Rendimiento (RDTO)**

Para expresar el rendimiento en  $\text{kg parc}^{-1}$ , es necesario tener en cuenta que el grano seco del maíz debe tener 14% de humedad. El rendimiento se expresa como:

$$\text{Rdto} = \{[(100 - H^\circ) / 86] * 0.8\} * \text{FA} * \text{P}$$

Donde:

$$(100 - H^\circ) / 86 = 14\% \text{ de Grano Seco}$$

0.8 = Porcentaje de Desgrane donde 80% es grano y 20% es coronta

F.A = Factor de área = 10/ Área de unidad experimental cosechado

P = Peso total de las mazorcas en el campo

### 3.3.5. Procedimiento para extracción y cálculo de antocianinas

Teniendo en cuenta los datos y recomendaciones propuestos por Piña (2018) y Valera (2019), para el cálculo de pureza de antocianinas, el método utilizado fue Espectrofotometría (Fulekis & Francis) adoptado por la empresa Productos Naturales de Exportación (Pronex S.A.) con el objetivo de llegar a una medición más exacta, se aumentó el peso de muestra, tanto en coronta como en bráctea obteniendo una absorbancia de 0.6 a 0.7 como indica el procedimiento de la empresa.

La metodología utilizada para determinar la absorbancia fue la siguiente:

- **Preparación de Hidrácido 2.0 N (85:15):** Para preparar hidrácido se necesitó etanol y ácido clorhídrico en una concentración de 850 ml y 150 ml respectivamente para un litro de solución, con la ayuda de una fiola de un litro, se realizó la mezcla y se agito como mínimo 10 veces.
  
- **Análisis de la materia prima y obtención de la pureza de antocianinas**
  - Primero se realizó el pesado de la materia prima, con la ayuda de una balanza analítica. se empleó un vaso de 250 ml que fue tarado en la balanza para ser el recipiente de la muestra, el peso obtenido para la coronta fue 3 g. y para bráctea fue entre 5 g.
  - Luego se procedió a colocar 100 ml de hidrácido 2N en el vaso de 250 ml con la muestra ya pesada
  - Se tapó el vaso con papel aluminio para evitar pérdida del alcohol por evaporación
  - Posteriormente se llevaron las muestras al agitador magnético, colocando un pequeño imán en el interior del vaso (esto hará que la muestra se mezcle homogéneamente) y calentando a una temperatura de 60 °C por un promedio de 2 horas, para mantener esta temperatura todo el tiempo, el agitador magnético, presenta un termómetro digital, que asegura un control adecuado.
  - Pasadas las dos horas, se retira del agitador magnético las muestras, y se observa el nivel de 100 ml en el vaso, en todos los casos hubo pérdida de
  - solución, se completó nuevamente con hidrácido hasta alcanzar los 100 ml nuevamente
  - Se deja en reposo por 30 minutos con el fin de que las partículas sedimenten.
  - Posteriormente pasado los 30 minutos con la ayuda de una pipeta de 5 ml, se extrajo dicha cantidad y se colocó en fiolas de 100 ml.
  - Se agregó hidrácido hasta alcanzar 100 ml, se procedió a mover hasta generar una mezcla homogénea.
  - Finalmente fue llevado al espectrofotómetro el cual se adaptó a una longitud de onda de 535 nm, en un prisma de 1 cm de lado, con ello nos dio la absorbancia.

- **Fórmula para obtener % de pureza de antocianinas**

$$\% \text{ Antocianinas} = \frac{\text{Abs}_{(535)} \times 2000}{982 \times P_{(g)}}$$

Donde:

Abs<sub>(535)</sub> = Absorbancia a 535 nm

P<sub>(g)</sub> = Peso en gramos

### 3.3.6. Procedimiento para la transformación de % de antocianina a mg g<sup>-1</sup>:

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$$

$$1 \text{ kg} = 1000000 \text{ mg}$$

Expresión del porcentaje (%): % (0 a 100) x 10000 mg Kg<sup>-1</sup>

Ejemplo: Convertir 6,7% de antocianina a mg g<sup>-1</sup>:

$$6,7 \times 10000 \text{ mg kg}^{-1} = 67000 \text{ mg kg}^{-1}$$

$$67000 \text{ mg kg}^{-1} = 67000 \text{ mg } 1000 \text{ g}^{-1}$$

$$6,7\% \text{ de Antocianina} = 67 \text{ mg g}^{-1}$$

**Formula general:** % de antocianina = (Cantidad del porcentaje) x 10 mg g<sup>-1</sup>

### 3.3.7. Diseño experimental

En la parte experimental de las tres campañas evaluadas se usó el diseño de bloques completos al azar (BCA), dicho estudio se realizó el análisis combinado de campañas, localidades y variedades.

### 3.3.8. Modelo estadístico:

- **Para un ambiente:**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$  y está en el bloque  $j$ .

$\mu$  = El verdadero efecto medio

$\beta_j$  = Es el verdadero efecto del  $j$ -ésimo bloque

$\tau_i$  = El verdadero efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para el diseño de bloques al azar*

Fuente de variación	Grados de libertad	E(CM)
Bloques	(b-1)	$\sigma_e^2 + \frac{t \sum_{j=1}^b \beta_j^2}{(b-1)}$
Tratamientos	(t-1)	$\sigma_e^2 + \frac{b \sum_{i=1}^t \tau_i^2}{(t-1)}$
Error	(b-1)(t-1)	$\sigma_e^2$
Total	(bt-1)	

- Para años localidades y variedades:

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + A_j + (LA)_{ij} + \gamma_{l(ij)} + \tau_k + (L\tau)_{ik} + (A\tau)_{jk} + (LA\tau)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$i = 1, \dots, l$  localidades

$j = 1, \dots, a$  años (campañas)

$k = 1, \dots, t$  tratamientos

$l = 1, \dots, r$  repeticiones

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para el grupo de experimentos*

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Localidades (L)	(l-1)	M <sub>1</sub>
Años y/o Campañas	(a-1)	M <sub>2</sub>
L x A	(l-1)(a-1)	M <sub>3</sub>
R/LxA	la (r-1)	M <sub>4</sub>
Tratamientos (T)	(t-1)	M <sub>5</sub>
LxT	(l-1)(t-1)	M <sub>6</sub>
AxT	(a-1)(t-1)	M <sub>7</sub>
LxAxT	(l-1)(a-1)(t-1)	M <sub>8</sub>
Error Combinado	la(r-1)(t-1)	M <sub>9</sub>
Total	latr - 1	

### 3.3.9. Instalación de bloques

Cada parcela experimental presento las siguientes características:

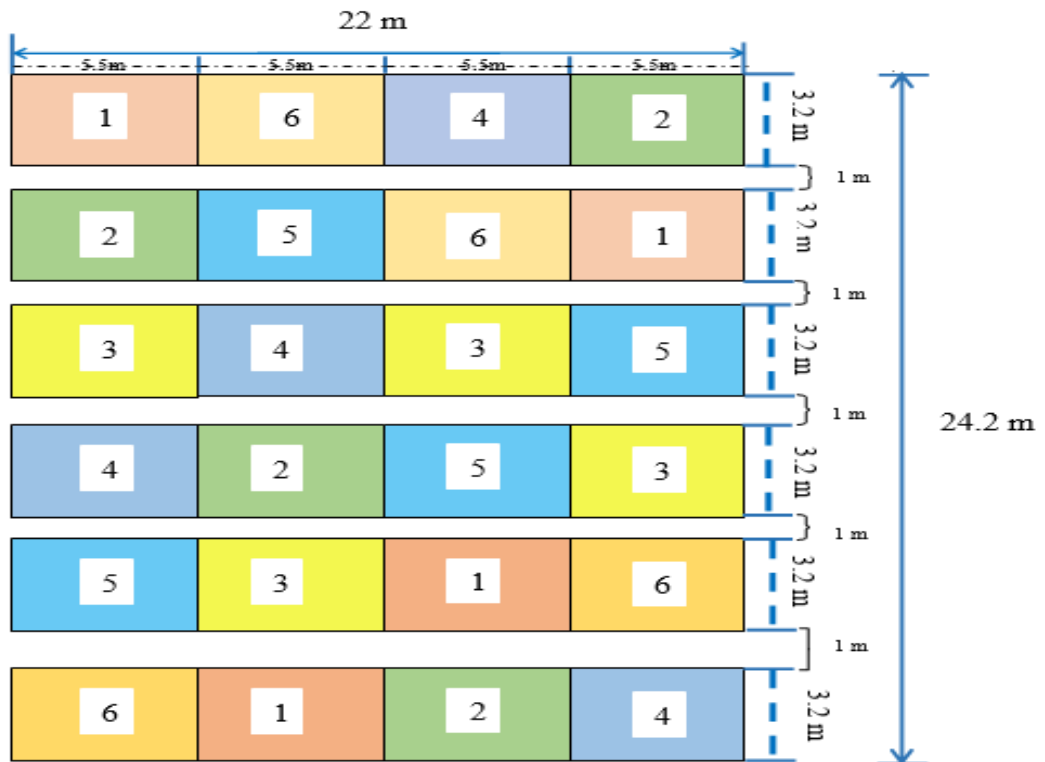
**Tabla 13**

*Características del experimento en cada año*

Características	
Ancho de calles	1.0 metro
N° de calles	5 calles
Largo de los surcos	5.5 metros
Ancho de los surcos	0.8 metros
N° de surcos por unidad experimental	4 surcos
Toma de datos biométricos	8.8 m <sup>2</sup> (2 surcos)
Área de cada unidad experimental	17.6 m <sup>2</sup>
Área específica del experimento	422.4 m <sup>2</sup>

**Figura 6**

**Croquis del experimento**



*Nota:* Elaboración propia

Donde:

1 = INIA – 601

2 = CANTEÑO

3 = MMM (MAÍZ MORADO MEJORADO)

4 = UNC – 47

5 = INIA – 615 (NEGRO CANAAN)

6 = PMV – 581

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de rendimiento de 6 variedades de maíz morado sembrando en dos localidades por tres campañas consecutivas

Los análisis de varianza individuales Tabla 31 (anexo 3) muestra significación estadística al 1% de probabilidades para variedades indicando variabilidad entre los promedios de cada variedad. Los coeficientes de variación fluctuaron entre 16,79% a 31,16% valores aceptables para las condiciones de campo donde se llevaron a cabo el experimento. Se encontró homogeneidad de varianzas ( $H_0: \sigma_1^2 = \dots = \sigma_6^2$ ) según FMAX de Hartley (Vásquez 2014), puesto que  $F_{Max} = 5,13 < F_{Max}(0,95, 6 \text{ y } 3 \text{ g.l.}) = 62,0$ .

Una vez que se encontró la homogeneidad de las varianzas se realizó el análisis combinado. (tabla 14).

**Tabla 14**

*Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento (kg  $\text{parc}^{-1}$ ) de seis variedades de maíz morado evaluadas en tres campañas agrícolas.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fcal.	F <sub>tab.</sub> 0.05 0.01	Pr>F
Campaña (C)	2	0,0207	20,0103	46,18**	3,11 4,88	<,0001
Localidad (L)	1	32,2150	32,2150	74,35**	3,96 6,96	<,0001
C x L	2	14,6431	7,3215	16,90**	3,11 4,88	<,0001
R/CL	18	18,5018	1,0278			
Variedades	5	69,2686	13,8537	31,97**	2,33 3,25	<,0001
CxV	10	25,6304	2,5630	5,92**	1,95 2,55	<,0001
LxV	5	7,5537	1,5107	3,49*	2,33 3,25	0,0063
CxLxC	10	10,6393	1,0639	2,46	1,95 2,55	0,0112
Error Comb.	90	38,9955	0,4332			
Total	143	25,4685				

$$R^2 = 0,8485$$

$$CV = 24,46\%$$

$$\bar{y} = 2,6909 \text{ kg } \text{parc}^{-1}$$



Se encontró alta significación estadística para las fuentes de variación, campañas (C), localidades (L) y variedades (V), indicándonos que existen diferencias reales entre los promedios de las variedades, éstas dentro de localidades y entre campañas. Esto es de esperar puesto que el rendimiento es un carácter poligénico que se ve afectado por el medio ambiente (suelo, temperatura, humedad relativa, entre otros).

Se encontró significación estadística para la interacción campaña x variedades (C x V) y localidad x variedades (L x V), esta significación se aprecia al procesar las campañas por la localidad. El coeficiente de variación fue de 24,46% un valor aceptable para las condiciones donde se realizaron los experimentos (Vásquez, 2014).

**Tabla 15**

*Prueba Duncan comparación de medias de rendimiento entre campañas expresado en kg  $\text{parc}^{-1}$  y  $\text{t ha}^{-1}$*

Campaña	Promedio de Rendimiento	Promedio de Rendimiento
	(kg $\text{parc}^{-1}$ )	t $\text{ha}^{-1}$
2016 – 2017	3,3579 a	3,8
2017 – 2018	2,5810 b	2,9
2018 – 2019	2,0996 c	2,3

En la tabla 15 se muestra que la campaña 1 (2016 – 2017), fue la que se obtuvo mayor rendimiento superando estadísticamente a la campaña 2 (2017 – 2018) y a la campaña 3 (2018 – 2019). Esto se debe a que en la Campaña 1, como podemos observar en la tabla 6, hubo concurrencia de precipitaciones durante todo el periodo vegetativo, sobre todo en los meses de febrero a mayo, puntos críticos de la floración y llenado de grano que aseguran una alta probabilidad de producción, con una precipitación total de 718,1 mm, logrando así un mayor rendimiento, esto es avalado por la FAO (2002) que señala que el maíz requiere de 500 a 800 milímetros de agua, por otro lado también señala que el déficit hídrico severo en la floración y polinización pueden generar un rendimiento bajo o nulo de grano debido al secado los estigmas. Esto es concordante con García *et al.* (2019) que en su investigación evidenciaron que el maíz necesitaba 1,37 mm en la etapa inicial 6,49  $\text{mm día}^{-1}$  en la etapa media, acumulando un total de 546,3  $\text{mm día}^{-1}$  durante su periodo vegetativo, expresado en 5,463  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ .

**Tabla 16**

*Prueba Duncan comparación de medias de rendimiento entre localidades expresado en kg  $\text{parc}^{-1}$  y  $\text{t ha}^{-1}$*

Localidad	Promedio de Rendimiento	Promedio de Rendimiento
	(kg $\text{parc}^{-1}$ )	(t $\text{ha}^{-1}$ )
Llollón	3,1639 a	3,5
Poroporo	2,2179 b	2,5

Respecto a las dos localidades, en la tabla 16 se obtuvieron mejores rendimientos en la Localidad – 1 (Llollón), como podemos observar en la tabla 4. En el caserío de Llollón, había una mayor cantidad de nutriente, hubo presencia de materia orgánica, el pH estuvo dentro del rango específico que permite la máxima disponibilidad de estos nutrientes (INTAGRI, 2013) por otro lado, en el caserío de Poroporo, el pH fue fuertemente ácido, con presencia de aluminio, lo que obligó a aplicar cal agrícola al terreno para corregirlo, esto produjo una reducción en el rendimiento de esta parcela, al no encontrarse los minerales en disposición para el cultivo. INIA (2019) respalda esto diciendo que la presencia de iones aluminio afecta la solubilidad y disponibilidad de fosfatos y sulfatos en suelos ácidos con un pH inferior a 6,5, además de limitar la nitrificación y la descomposición de materia orgánica.

**Tabla 17**

*Prueba de comparación múltiple Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el promedio de rendimiento de grano seco en seis variedades de maíz morado expresado en kg  $\text{parc}^{-1}$  y  $\text{t ha}^{-1}$*

N°	Variedad	Rendimiento promedio	Rendimiento promedio
		(kg. $\text{parc}^{-1}$ )	(t $\text{ha}^{-1}$ )
1	INIA 601	3,4642 a	3,9
3	MM	3,3313 a	3,7
4	UNC - 47	3,1667 a	3,5
5	INIA 615	2,5979 b	2,9
6	PMV 581	1,9196 c	2,1
2	Canteño	1.6708 c	1,8

La prueba de comparación múltiple de Duncan en la tabla 17, nos muestra que hay tres variedades, INIA – 601, Morado mejorado (MM) y UNC – 47 que no difieren estadísticamente entre ellas, con valores de 3,9 t ha<sup>-1</sup>, 3,7 t ha<sup>-1</sup> y 3,5 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, pero que destacan por su rendimiento respecto a las variedades INIA – 615, PMV – 581 y Canteño. Estos resultados son concordantes con los alcanzados por Pedraza *et al.* (2017) que en su trabajo investigación sobre la densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (INIA – 601, UNC – 47, PMV – 581) obtuvo mayor rendimiento en la variedad INIA – 601 con un valor de 4,8 t ha<sup>-1</sup>. De igual forma Delgado (2021) en su tesis sobre rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca, obtuvo como resultado un rendimiento elevado de la variedad INIA – 601 un total de 6,45 t ha<sup>-1</sup>, superando a las variedades de maíz morado mejorado (MMM) y canteño con un rendimiento de 5,37 t ha<sup>-1</sup> y 4,26 t ha<sup>-1</sup> respectivamente.

#### 4.2. Análisis del contenido de antocianinas en porcentaje a nivel de coronta y brácteas

##### 4.2.1. Contenido de antocianinas en coronta

**Tabla 18**

*Análisis de varianza (Cuadrados medios) del contenido de antocianinas en coronta de 6 variedades de maíz en un DBCA con 3 repeticiones (Campañas).*

	Localidad – 1 (Llollón)		Localidad – 2 (Poroporo)		
Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
Bloques	2	12,8531 **	Bloques	2	0,9421
Variedades	5	2,6180 *	Variedades	5	6,1373 *
Error	10	0,7921	Error	10	1,6240
Total	17		Total	17	
Coefficiente de variación (%)		6,55			10,0
Promedio		5,59%			4,94

En la tabla 18, nos muestra que para la localidad – 1 hay significación estadística al 1% de probabilidades para la fuente de variación Campañas indicando que éstas son diferentes para

la característica evaluada. Así mismo se aprecia que hay diferencias estadísticas, estas presentan un 5% de probabilidad para el contenido de antocianinas en las seis variedades en estudio.

En la localidad – 2 no hubo significación estadística para Campañas; sin embargo, hay significación estadística al 5% de probabilidades para la fuente de variación variedades, lo cual nos sugiere que hay diferencias reales en los promedios de antocianinas de coronta para las variedades de maíz morado evaluados en el presente experimento. En ambas localidades los coeficientes de variación variaron de 6,55% y 10,0% considerados como buenos para la evaluación de los diferentes experimentos.

La prueba de Duncan ( $\alpha=0,05$ ) en la localidad 1 (Llollón), Tabla 19 da a conocer que no existe diferencias significativas estadísticas entre las variedades de UNC – 47, INIA – 601, MORADO MEJORADO e INIA 615 cuyos promedios de antocianinas en coronta varían de  $67,233 \text{ mg g}^{-1}$ ,  $62,8 \text{ mg g}^{-1}$ ,  $57,0 \text{ mg g}^{-1}$  y  $53,6 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente. También se aprecia que no existe diferencia estadística entre las variedades Morado mejorado, INIA – 615, PMV – 581 y Canteño respectivamente. En esta localidad según el análisis de la cantidad promedio de antocianinas en coronta están ocupando los dos primeros lugares la variedad UNC – 47 e INIA – 601 respectivamente.

**Tabla 19**

*Análisis de comparación múltiple Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el promedio de antocianinas en coronta de las 6 variedades de maíz morado dentro de la localidad 1 (Llollón) durante las 3 campañas, expresado en % y  $\text{mg g}^{-1}$ .*

<b>Localidad – 1 (Llollón)</b>			
<b>N°</b>	<b>Variedades</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Promedio (<math>\text{mg g}^{-1}</math>)</b>
<b>4</b>	UNC – 47	6,7233 a	67,233
<b>1</b>	INIA – 601	6,2767 a	62,767
<b>3</b>	MMM	5,7000 a b	57,0
<b>5</b>	INIA – 615	5,3633 a b	53,633
<b>6</b>	PMV – 581	4,8167 b	48,167
<b>2</b>	CANTEÑO	4,6367 b	46,367

**Tabla 20**

*Análisis de comparación múltiple Duncan ( $\alpha=0,05$ ) para el promedio de antocianinas en coronta de 6 variedades de maíz morado dentro de la localidad 2 (Poroporo) durante las 3 campañas expresado en % y  $\text{mg g}^{-1}$ .*

<b>Localidad – 2 (Poroporo)</b>			
<b>N°</b>	<b>Variedades</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Promedio (<math>\text{mg g}^{-1}</math>)</b>
<b>3</b>	Morado mejorado	6,7233 a	67,23
<b>4</b>	UNC – 47	6,7673 a	67,67
<b>1</b>	INIA 601	5,7000 a	57,0
<b>5</b>	INIA 615	5,3633 a	53,63
<b>2</b>	Canteño	4,8167 a	48,16
<b>6</b>	PMV 581	4,6367 b	46,36

En la Localidad – 2 (Poroporo) la tabla 20 muestra que, no hay diferencias estadísticas entre los promedios del contenido antocianinas en coronta entre las variedades Morado mejorado, UNC – 47, INIA – 601, INIA – 615 y Canteño cuyos promedios varía de  $67,23 \text{ mg g}^{-1}$  a  $48,16 \text{ mg g}^{-1}$  respectivamente. El último lugar lo ocupó la variedad PMV – 581 con  $46,367 \text{ mg g}^{-1}$  de antocianinas.

**Tabla 21**

*Promedio del contenido de antocianinas en coronta de las 6 variedades en las dos localidades en las tres campañas, expresado en  $\text{mg g}^{-1}$ .*

	<b>Llollón</b>	<b>Poroporo</b>	<b>Promedio</b>
<b>Variedad</b>	<b><math>\text{mg g}^{-1}</math></b>	<b><math>\text{mg g}^{-1}</math></b>	<b><math>\text{mg g}^{-1}</math></b>
<b>UNC – 47</b>	<b>67,233</b>	<b>62,767</b>	<b>65,000</b>
<b>MMM</b>	<b>57,0</b>	<b>67,233</b>	<b>62,117</b>
INIA – 601	62,767	57,0	59,883
INIA – 615	53,633	53,633	53,633
PMV – 581	48,167	46,367	47,267
CANTEÑO	46,367	48,167	47,267

En la tabla 21 menciona que la variedad UNC – 47 en las dos localidades está sobresaliendo estadísticamente respecto al promedio de antocianinas en la coronta con 67,23 mg g<sup>-1</sup> en la localidad – 1 y 62,76 mg g<sup>-1</sup> en la localidad – 2.

La prueba t de Student, indica que no hay diferencias entre los promedios del contenido de antocianinas en coronta entre las dos localidades puesto que,  $t_{cal} = 1,26 < t_{(0,025, 10 \text{ g.l.})} = 2,228$ .

Destacan las variedades UNC – 47 (65,0 mg g<sup>-1</sup>) y MMM (62,117 mg g<sup>-1</sup>).

Estos resultados son discordantes con Gonzales (2019) que en su investigación respuesta a nivel nutricional en el rendimiento y contenido de antocianinas en tres variedades de maíz morado, obtuvo que la variedad INIA – 601 fue superior estadística y porcentualmente a las variedades PMV – 581 e INIA – 615, con un valor de 65,5 mg g<sup>-1</sup>. Por otro lado, Mendoza (2017), alcanzó resultados altos con la variedad Canteño, superando a las variedades INIA – 601, UNC – 47 y INIA – 615 con una concentración de 336, 43 mg/100 g.

#### 4.2.2. Contenido de antocianinas en brácteas

La tabla 22 presenta el análisis de variancia (cuadrados medios) del contenido de antocianinas a nivel de brácteas de seis variedades de maíz morado procedentes de dos localidades.

**Tabla 22**

*Análisis de varianza (Cuadrados medios) del contenido de antocianinas en brácteas de 6 variedades de maíz en un DBCA con 3 repeticiones (campañas) en la localidad – 1 (Llollón).*

<b>Localidad – 1 (Llollón)</b>		
<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>
<b>Campañas</b>	2	5,0608
<b>Variedad</b>	5	26,2725**
<b>Error</b>	10	3,9779
<b>Total</b>	17	
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>38,30</b>
<b>Promedio</b>		<b>5,207%</b>

La tabla 22 muestra el análisis de varianza para el contenido de antocianinas en brácteas, para la localidad – 1. No hubo diferencias significativas en relación a la variación de campañas, sin embargo, se presentó es alta significación para la fuente de variación variedades, esto significa que existen diferencias reales entre los promedios de antocianinas en brácteas en las diferentes variedades en estudio. El coeficiente de variación de la localidad – 1 tuvo un porcentaje de 38,30% indicando que existió errores durante el muestreo en las pruebas de laboratorio.

**Tabla 23**

*Análisis de varianza (Cuadrados medios) del contenido de antocianinas en brácteas de 6 variedades de maíz en un DBCA con 3 repeticiones (campañas) en la localidad – 2 (Poroporo)*

<b>Localidad – 2 (Poroporo)</b>		
<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio</b>
<b>Bloques</b>	2	0,1151
<b>Variedad</b>	5	11,6550 *
<b>Error</b>	10	3,6213
<b>Total</b>	17	
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>40,0</b>
<b>Promedio</b>		<b>4,7211%</b>

En la localidad – 2, según nos muestra la tabla 23, no hubo diferencias significativas en relación a la variación de campañas, lo que si se presentó es significancia estadística en la fuente de variación variedades, esto significa que existe unas diferencias visibles entre la cantidad de antocianinas en las brácteas, sucediendo en cada una de las variedades de maíz morado que se ha estudiado. El coeficiente de variación de la localidad – 2 tuvo un porcentaje de 40,0%, un indicador que está muy elevado, esto puede deberse a errores en las pruebas de laboratorio con las muestras.

**Tabla 24**

*Prueba de comparación múltiple de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios del contenido de antocianinas en brácteas en las 6 variedades de maíz morado en la localidad – 1 (Llollón) en las 3 campañas expresado en % y  $\text{mg g}^{-1}$ .*

<b>Localidad de Llollón</b>			
<b>N°</b>	<b>Variedades</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Promedio <math>\text{mg g}^{-1}</math></b>
<b>1</b>	INIA 601	2,7833 a	27,83
<b>4</b>	UNC - 47	1,6833 a b	16,83
<b>3</b>	Morado mejorado	1,5633 a b	15,63
<b>5</b>	INIA 615	0,3233 b	3,23
<b>6</b>	PMV 581	0,2633 b	2,63
<b>2</b>	Canteño	0,1333 b	1,33

La prueba de Duncan para las medias de las seis variedades en la localidad – 1 se muestran en la tabla 24. Se puede apreciar que no hay diferencias estadísticas entre los promedios de antocianinas en brácteas obtenidas en las variedades INIA – 601, UNC – 47 y Morado mejorado cuyos promedios oscilan entre  $27,83 \text{ mg g}^{-1}$ ,  $16,83 \text{ mg g}^{-1}$  y  $15,63 \text{ mg g}^{-1}$  respectivamente. No se ha encontrados diferencias estadísticas entre los promedios de antocianinas en brácteas entre las variedades UNC – 47, Morado mejorado, INIA – 615, PMV – 581 y Canteño cuyos promedios variaron de  $2,63 \text{ mg g}^{-1}$  y  $1,33 \text{ mg g}^{-1}$  respectivamente.



**Tabla 25**

*Prueba de comparación múltiple de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) para los promedios del contenido de antocianinas en brácteas en las 6 variedades de maíz morado en la localidad – 2 (Poroporo) en las 3 campañas expresado en % y  $\text{mg g}^{-1}$ .*

<b>Localidad de Poroporo</b>			
<b>N°</b>	<b>Variedades</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Promedio <math>\text{mg g}^{-1}</math></b>
<b>3</b>	Morado mejorado	1,9600 a	19,6
<b>4</b>	UNC – 47	1,1800 a b	11,8
<b>1</b>	INIA – 601	0,7700 a b c	7,70
<b>5</b>	INIA – 615	0,5633 a b c	5,63
<b>2</b>	Canteño	0,4267 b c	4,26
<b>6</b>	PMV – 581	0,1233 c	1,23

En la localidad – 2 la prueba de significación de Duncan indica que no existen diferencias estadísticas entre los promedios de las variedades Morado mejorado, UNC – 47, INIA – 601 e INIA – 615 cuyos valores son de  $19.6 \text{ mg g}^{-1}$ ,  $11,8 \text{ mg g}^{-1}$ ,  $7,70 \text{ mg g}^{-1}$  y  $5,63 \text{ mg g}^{-1}$  respectivamente. No se encontró diferencias estadísticas entre los promedios de antocianinas en brácteas de las variedades UNC – 47, INIA – 601, INIA – 615 y canteño. Se puede decir que en esta localidad las variedades Morado mejorado y UNC – 47 tuvieron mejor rendimiento de antocianinas en brácteas con  $19,6 \text{ mg g}^{-1}$  y  $11,8 \text{ mg g}^{-1}$  respectivamente.

**Tabla 26**

*Promedio del contenido de antocianinas en brácteas de las 6 variedades en las dos localidades en las tres campañas, expresado en  $\text{mg g}^{-1}$ .*

	<b>Llollón</b>	<b>Poroporo</b>	<b>Promedio</b>
<b>Variedad</b>	<b><math>\text{mg g}^{-1}</math></b>	<b><math>\text{mg g}^{-1}</math></b>	<b><math>\text{mg g}^{-1}</math></b>
INIA 601	27,83	7,70	<b>17,76</b>
MMM	15,63	19,6	<b>17,61</b>
UNC 47	16,83	11,8	14,31
INIA 615	3,23	5,63	4,43
CANTEÑO	1,33	1,23	2,80
PMV 581	2,63	4,26	1,93

La prueba de “t” de Student para los dos ambientes muestra que  $t_c = 0,57 < t_{0,025, 10 \text{ g.l.}} = 2,228$  lo que indica que no hay diferencias entre las medias de las dos localidades.

En la tabla 26 se muestra que han sobresalido las variedades INIA – 601 ( $17,767 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Morado mejorado ( $17,616 \text{ mg g}^{-1}$ ), en las dos localidades. Estos resultados son concordantes con los de Tamay (2021), en su estudio del contenido de antocianina en brácteas de 6 variedades de maíz morado, en 4 pisos altitudinales, obtuvo que la variedad INIA – 601 alcanzó valores de  $55,1 \text{ mg g}^{-1}$  seguido de UNC – 47 con una cantidad  $27,3 \text{ mg g}^{-1}$ .

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

1. La variedad INIA – 601, presentó mayor rendimiento en las tres campañas agrícolas con un rendimiento promedio de  $3,9 \text{ t ha}^{-1}$ , siendo la variedad CANTEÑO la que obtuvo menor rendimiento con  $1,8 \text{ t ha}^{-1}$
2. En cuanto al contenido de antocianinas en coronta durante las tres campañas evaluadas, la variedad UNC – 47 fue superior con una concentración de  $65 \text{ mg g}^{-1}$ , ocupando el último lugar la variedad CANTEÑO con  $47,26 \text{ mg g}^{-1}$ .
3. Con respecto al contenido de antocianinas en brácteas, se obtuvo que la variedad INIA – 601 presentó mayor concentración de antocianinas con  $17,7 \text{ mg g}^{-1}$ , así mismo la variedad PMV – 581 de la UNALM obtuvo menor concentración con  $1,93 \text{ mg g}^{-1}$  de antocianinas.

## CAPÍTULO VI

### LITERATURA CITADA

Aguilera, M; Reza, MC; Chew, RG; Meza, JA. 2011. Propiedades funcionales de las antocianinas. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. 13(2): 16-22. Disponible.

<https://biblat.unam.mx/hevila/Biotecnia/2011/vol13/no2/2.pdf>

Alarcón, CE. 2015. Optimización de parámetros de extracción de antocianinas del maíz morado (*Zea mays* L.) por el método de superficie de respuesta y verificación experimental. Tesis MSc. Ing. Quim. Ayacucho, Perú. UNSCH. 98 p. Disponible.

[http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1279/TM%20Q09\\_Ala.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1279/TM%20Q09_Ala.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Albújar, E; León, C; Casimiro, M; Paredes, J. Mendieta, J; Sihuas, A. 2019. Boletín estadístico mensual “El agro en cifras” Mes: noviembre 2018. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú. 147 p. Disponible.

<https://www.midagri.gob.pe/portal/boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras?start=1>

Altamirano, F. 2019. Efecto de la fertilización química en la concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado en el distrito de Baños del Inca región Cajamarca, 2018. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 31 p. Disponible.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3032>

Bautista, R. 2017. Antocianinas y rendimiento de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) bajo labranza de conservación, Ayacucho 2016. Revista de Investigación UNSCH. 25(1): 27-32. Disponible.

<https://n9.cl/bi3uh>

Begazo, JL. 2013. Marco de siembra en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) “Ecotipo arequipeño” en la irrigación Majes 2012-2013. Tesis Ing. Agr. Arequipa, Perú. UNSA. 165 p. Disponible.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4152>

Blessing, DM; Hernández, GT. 2009. Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca El Plantel 2017-2018. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 28 p. Disponible.

<https://repositoriosiidca.csuca.org/Record/RepoUNA2090>

Castañón, G; Latournerie, L. 2004. Fitotecnia: Comportamiento de familias S<sub>1</sub> de maíz en distintos pH de suelo. *Bragantia*, Campinas. 63(1): 63-72. Disponible.

<https://www.scielo.br/j/brag/a/y7jYKs4drvSGryhKtTctkRm/?format=pdf&lang=es>

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México). 2012. Manual de determinación de rendimiento. SAGARPA, El Batán - México. 36 p. Disponible.

<https://repository.cimmyt.org/handle/10883/18249>

Cuevas, JJ. 2014. Maíz: Alimento fundamental en la tradiciones y costumbres mexicanas. Pasos, Revista de Turismo y Patrimonio Cultural. 12(2): 425-432. Disponible.

[https://www.pasosonline.org/Publicados/12214/PS0214\\_12.pdf](https://www.pasosonline.org/Publicados/12214/PS0214_12.pdf)

Davalos, AD. 2017. Diversidad de maíz (*Zea mays* L.) en la selva peruana. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú. UNALM. 62 p. Disponible.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2829>

Deras, H. 2014. Guía técnica: el cultivo del maíz. IICA, El Salvador. 42 p. Disponible.

<https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>

Delgado, JP. 2021. Comparativo de rendimiento y adaptabilidad en tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. 35-56 p. Disponible.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4406/TESIS%20JOS%20c3%89%20PASCUAL%20DELGADO%20D%c3%8dAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Espinoza, J. 2017. Evaluación de la adaptación de 03 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en 3 fechas de siembra, en la comunidad de Matipaccana – Yauli – Huancavelica. Tesis Ing. Agr. Acobamba, Huancavelica. Universidad Nacional de Huancavelica. 189 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. Información del cultivo de Maíz. Disponible.  
<https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/maize/es/>
- Fukamachi, K.; Imada, T.; Ohshima, Y.; Xu J.; Tsuda, H. 2008. Purple corn color suppresses Rasprotein level and inhibits 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced mammarycarcinogenesis in the rat. *Cancer Sci.* 99: 1841–1846.
- Fuentes, MR. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala: Una guía para su manejo agronómico. (ICTA) Instituto de Ciencia y Tecnologías agrícolas. Guatemala. 45p.
- García, MF; Guerrero, AM; Cabrera, CF. 2019. Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) “caña de azúcar”, *Zea mays* (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “esparrago” en el valle de Chicama, Perú. *Arnaldoa* 26(2): 793-814.
- Garzón, GA. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta biológica colombiana.* 13(3): 27-36. Disponible.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/11337>
- Gonzales, FJ. 2019. Respuesta al nivel nutricional en el rendimiento y concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM. 174 p.
- Guacho, EF. 2014. Caracterización agro-morfológica del maíz (*Zea mays* L.) de la localidad San José de Chazo. Tesis Ing. Agr. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 100 p.

- Guillen, J; Mori, S; Paucar, LM. 2014. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. Subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*. 5(4): 211-217.
- <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2014.04.05> .
- Hernández, G. 2016. Actividad Antiproliferativa De Antocianinas De Tortilla De Maíz Azul De Las Razas Mixteco, Bolita Y Chalqueño Sobre La Línea Celular De Cáncer De Próstata Du145. Tesis Ciencias alimentarias.
- Hortus. 2021. El aporte de Hortus es proveer a los agricultores maiceros variedades de calidad probadas. Disponible.
- <https://www.hortus.com.pe/detalle-noticia/el-aporte-de-hortus-es-proveer-a-los-agricultores-maiceros-variedades-de-calidad-probadas>
- Justiniano, 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 MSc. Disponible.
- <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1716>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2013. La cadena de valor de maíz en el Perú: Diagnostico del estado actual, tendencias y perspectivas. IICA. Lima, Perú. 58 p. Disponible.
- <http://repositorio.iica.int/handle/11324/2654>
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual). 2016. Comisión Nacional contra la Biopiratería: Tema: Maíz Morado.
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, PE). 2007. Boletín informativo Maíz INIA 615 Negro Canaán. Dirección de Investigación Agraria. Sub Dirección de Investigación de Cultivos, Programa Nacional de Investigación en Maíz.
- INIA (Proyecto: “Incremento de los Ingresos Económicos de los Pequeños Productores Agrarios en la Región Cajamarca). 2016. Guía de la producción de Maíz Morado. 1<sup>era</sup> ed. Medina, AE. Cajamarca, Perú. Editorial Martínez Compañón. 32 p.

- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2000. Maíz Morado Peruano. 1<sup>era</sup> ed. Manrique, A. Lima, Perú. 21 p.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2019. Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú. 1<sup>era</sup> ed. Requis, F. Lima, Perú. Programa Nacional de Medios y Comunicación Técnica. 25 p. Serie N° 1-12
- INTAGRI (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura). s.f. Disponibilidad de Nutrimientos y pH del suelo. México. Disponible.  
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>
- Marquina, RM. 2017. Efecto de tres dosis de biol en el rendimiento de *Zea mays* L. var. Morado Caraz en Santiago de Chuco – La Libertad. Tesis Ing. Agr. Santiago de Chuco, Perú. Universidad Nacional de Trujillo Sede Santiago de Chuco. 63 p.
- Mayorga, AL; Perez AM. (s.f.) Maíz morado (*Zea mays*). Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica. 4 – 15 p.
- Medina, AE. 2009. Resistencia genética a la pudrición de mazorca, rentabilidad y estabilidad productiva de variedades experimentales de maíz amiláceo en Cajamarca. Tesis MSc. Desarrollo y Medio Ambiente. Cajamarca, Perú. UNC. 94 p.
- Mendieta, E. 2015. Control de malezas y densidad de plantas en el rendimiento del cultivo del maíz morado (*Zea mays* L.) Canagri 2320 msnm Huanta – Ayacucho. Tesis Ing. Agr. Ayacucho, Perú. UNSCH. 113 p.
- Mendoza, M; Andrio, E; Juarez, JM; Mosqueda, C; Latournerie, L. 2006. Contenido de lisina y triptófano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. Universidad y Ciencia – Trópico Húmedo. 22(2):153-161. Disponible.  
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REF30M539.pdf>
- Mendoza, N. 2017. Contenido de antocianinas y rendimiento de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis Ing. Agr. Ayacucho, Perú. UNSCH. 112 p.



- Merino, GR. 2007. Selección para alto contenido de pigmentos antocianicos en la variedad PMV-581 de maíz morado (*Zea mays* L.) var. Amilácea en Lambayeque. Tesis Ing. Agr. Lambayeque, Perú. UNPRG. 108 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2017. Boletín Monitoreo agroclimático del cultivo de maíz amiláceo en la sierra sur. Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de estudios económicos e Información agraria.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2017. Maíz morado: Purple corn fact sheet: De la biodiversidad del maíz amiláceo: El Moradito. DGA (Dirección General Agrícola). Quispe, C. Lima, Perú. 7 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). 2018. Boletín Comportamiento y perspectiva agroclimática del cultivo del maíz, campaña agrícola 2018-2019. Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de estudios económicos e Información agraria.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2018. Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. 1<sup>era</sup> ed. Medina, T. Lima, Perú. Grupo Raso. 144 p.
- Ortiz AI. 2012. Los maíces en la seguridad alimentaria de Bolivia. Centro de investigación y promoción del campesinado. Santa Cruz – Bolivia. 47 -53 p.
- Pascual-Teresa S, C Santos-Buelga, J C Rivas-Gonzalo (2002) LCMS analysis of anthocyanins from purple corn cob. J. Sci. Food Agric. 82:1003-1006.
- Paucar, LM. 2011. Estudio del maíz morado (*Zea mays* L.) vr. Subnigroviolaceo, como alimento funcional. Facultad de Ingeniería. DEAA. Chimbote, Perú. Universidad Nacional del Santa. 41 p.
- Pedraza, M; Idrogo, G; Pedraza, S. 2017. Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mayz* L.). Revista ECIPerú. 14(1):20-40
- Pérez, HF. 2014. Utilización de las antocianinas del maíz morado (*Zea mayz* L.) y Stevia (*Stevia rebaudiana* B.) en la elaboración de un producto tipo mermelada y su adaptabilidad. Tesis Lic. en Nutrición. Lima, Perú. UNMSM. 40 p.

- Pinedo, RE. 2015. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán – Ayacucho. Tesis MSc. En Producción Agrícola. Lima, Perú. UNALM. 105 p.
- Piña, PC. 2018. Comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 68 pg.
- Pozo, MR. 2015. Efecto del guano de isla y trébol (*Medicago hispida* G.) en el rendimiento del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en condiciones de Azángaro – Huanta – Ayacucho. Tesis Ing. Agr. Acobamba, Perú. Universidad Nacional de Huancavelica. 127 p.
- Quispe, N. 2013. Formulación de abonamiento en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.), en Canaán- 2750 msnm. Tesis Ing. Agr. Ayacucho, Perú. UNSCH. 102 p.
- Quispe, F; Arroyo, K; Gorriti, A. 2011. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa – Perú. Revista de la Sociedad Química del Perú. 77(3): 205-2017.
- Rafael, E. 2017. Extracción y cuantificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. Tesis. Ing. En Industrias Alimentarias. Cajamarca, Perú. 74 p.
- Ramos, HO. 2019. Manual de plagas y enfermedades de maíz. Asociación los Andes. Cusco, Perú. 29 p.
- <http://andes.center/wp-content/uploads/2019/10/Manual-Plagas-y-enfermedades-del-Maiz.pdf>
- Risco, M. Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Solid Perú. Ayacucho, Perú. 89 p.
- SIERRA Y SELVA EXPORTADORA. 2021. Análisis de mercado Maíz Morado 2015 – 2021. Unidad de inteligencia comercial. 24 -35 p.
- SIRA (Sistema de Información Rural Arequipa). 2005. Ficha Técnica: Cultivo maíz morado. SADA. Arequipa, Perú. 2 p.

- Solis, Y. 2011. Niveles de fertilización y modalidades de siembra en el maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agr. Ayacucho, Perú. UNSCH. 126 p.
- Sotomayor, R. 2013. Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de *Zea mays* L. (maíz morado). Ciencia y Desarrollo. 16(1): 69-74.
- Subia, L. 2021. Evaluar las características de calidad de semilla de maíz kulli (*Zea mayz* L. var: kulli) procedentes de seis zonas, para su conservación en el banco de germoplasma en el laboratorio de semillas de FCA y F. 2-4 p.
- Tamay, JE. 2021. Evaluación del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.), en cuatro pisos altitudinales, en el distrito de Ichocán provincia de San Marcos, región Cajamarca. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Cajamarca. 45 -48 p.
- Valera, PO. 2019. Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Ichocán. Tesis Ing. Agr. Cajamarca, Perú. UNC. 103 p.
- Vásquez, V; Piña, PC; Medina, A; Cabrera, HA; Seminario, A; Jiménez, LA; Seminario JF. 2020. Anthocyanin content in crown and bracts from six cultivars of purple maize (*Zea mays* L.) from Peru. Manglar17(4): 353-358.
- Villaú, JM. 2017. Manejo del riego en el cultivo de maíz. Crop Focus. Madrid, España. 2 p.
- Yépez, E. 2011. Caracterización morfológica y evaluación fenológica de sesenta y cinco entradas de maíz (*Zea mays* L.) del banco de germoplasma del CICA-K'AYRA-CUSCO. Tesis. Ing. Agr. Cusco, Perú. UNSAAC. 137 p. Disponible.  
<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/971>
- Zamora, S; Ruiz, FH; Beltran, FA; Fenech, L. 2011. Régimen hídrico del maíz en una zona árida, determinado en porcentaje de evaporación. Tropical and Subtropical Agrosystems.13(2011): 181-186.

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### Anexo 1 RENDIMIENTO POR CAMAPAÑAS DE GRANO SECO DE MAIZ MORADO

#### CAMPAÑA 1

**Tabla 27**

*Rendimiento en kg parc<sup>-1</sup> de la localidad de Llollón*

<b>Localidad Llollón</b>						
<b>Trat</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
1	2,61	6,43	6,3	5,91	21,25	5,31
2	2,14	2,36	1,47	2,18	8,15	2,03
3	4,57	6,34	5,84	4,51	21,26	5,31
4	4,85	4,47	5,24	4,09	18,65	4,66
5	2,73	3,85	4,77	3,79	15,14	3,78
6	1,03	3,03	5,34	4,33	13,73	3,43
<b>Total</b>	<b>17,93</b>	<b>26,48</b>	<b>28,96</b>	<b>24,81</b>	<b>98,18</b>	

**Tabla 28**

*Rendimiento en kg parc<sup>-1</sup> de la localidad de Poroporo*

<b>Localidad Poroporo</b>						
<b>Trat</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
1	2,73	3,52	3,34	3,7	13,29	3,32
2	1,23	1,41	1,14	1,58	5,36	1,34
3	4,22	3,78	2,99	3,61	14,6	3,65
4	4,85	5,98	4,14	3,96	18,93	4,73
5	1,14	1,97	1,58	1,06	5,75	1,43
6	1,5	1,14	2,29	1,14	6,07	1,51
<b>Total</b>	<b>15,67</b>	<b>17,8</b>	<b>15,48</b>	<b>15,05</b>	<b>64,00</b>	

## CAMPAÑA 2

**Tabla 29**

*Rendimiento en kg parc<sup>-1</sup> en la localidad de Llollón*

<b>Localidad Llollón</b>						
<b>Trat</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
1	3,04	3,04	3,15	2,53	11,76	2,94
2	2,54	2,02	2,45	2,42	9,43	2,35
3	3,23	2,9	3,29	2,07	11,49	2,87
4	2,75	3,78	2,69	1,73	10,95	2,73
5	3,2	3,14	2,09	2,09	10,52	2,63
6	2,22	1,97	2,53	1,97	8,69	2,17
<b>Total</b>	<b>16,98</b>	<b>16,85</b>	<b>16,2</b>	<b>12,81</b>	<b>62,84</b>	

**Tabla 30**

*Rendimiento en kg parc<sup>-1</sup> en la localidad de Poroporo*

<b>Localidad Poroporo</b>						
<b>Trat</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
1	4,34	2,1	3,03	4,07	13,54	3,38
2	1,63	1,56	0,42	1,21	4,82	1,2
3	4,76	3,57	2,12	3,84	14,29	3,57
4	3,12	2,03	2,67	3,75	11,57	2,89
5	2,8	2,73	4,23	3,55	13,31	3,32
6	0,71	0,39	1,57	1,57	4,24	1,06
<b>Total</b>	<b>17,36</b>	<b>12,38</b>	<b>14,04</b>	<b>17,99</b>	<b>61,77</b>	

### CAMPAÑA 3

**Tabla 31**

*Rendimiento en kg parc<sup>-1</sup> en la localidad de Llollón*

Localidad Llollón						
Trat	I	II	III	IV	Total	Promedio
1	3,26	3,4	3,95	3,72	14,33	3,58
2	2,28	2,61	2,46	2,02	9,37	2,34
3	2,28	2,94	3,13	2,36	10,71	2,67
4	2,31	2,87	1,84	2,66	9,68	2,42
5	4,07	176	3,17	3,12	12,12	3,03
6	2,09	1,94	3,27	3,27	10,57	2,64
<b>Total</b>	<b>16,29</b>	<b>15,52</b>	<b>17,82</b>	<b>17,15</b>	<b>66,78</b>	

**Tabla 32**

*Rendimiento en kg parc<sup>-1</sup> en la localidad de Poroporo*

Localidad Poroporo						
Trat	I	II	III	IV	Total	Promedio
1	1,85	2,8	2,23	2,09	8,97	2,24
2	0,89	0,74	0,3	1,04	2,97	0,74
3	1,68	2,67	1,38	1,87	7,6	1,9
4	1,74	1,26	2,03	1,19	6,22	1,55
5	1,8	1,86	1,22	0,63	5,51	1,37
6	1,06	0,37	0,48	0,74	2,65	0,66
<b>Total</b>	<b>9,02</b>	<b>9,7</b>	<b>7,64</b>	<b>7,56</b>	<b>33,92</b>	

## Anexo 2. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN CORONTA

Para el análisis de esta característica se ha considerado a las campañas como bloques (repeticiones).

**Tabla 33**

*Contenido de antocianinas en coronta expresado en % Localidad Llollón*

<b>Antocianinas en Coronta localidad Llollón (%)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
INIA 601	6,13	7,69	5,01	18,83	6.28
CANTEÑO	5,28	5,16	3,47	13,91	4.64
M. Mejorado	5,89	6,91	4,30	17,10	5.70
UNC-47	6,66	8,73	4,78	20,17	6.72
INIA 615	5,41	6,92	3,76	16,09	5.36
PMV 581	5,16	4,59	4,70	14,45	4.82
<b>Total</b>	<b>34,53</b>	<b>40,00</b>	<b>26,02</b>	<b>100,55</b>	

**Tabla 34**

*Contenido de antocianinas en coronta expresado en % Localidad Poroporo*

<b>Antocianinas en Coronta localidad Poroporo (%)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
INIA 601	6,04	5,15	5,33	16,2	5,51
CANTEÑO	5,96	4,73	3,78	14,47	4,82
M.Mejorado	6,18	5,69	5,00	16,87	5,62
UNC-47	6,57	5,32	4,77	16,66	5,55
INIA 615	5,29	5,13	4,72	15,14	5,05
PMV 581	2,07	2,56	4,58	9,21	3,07
<b>Total</b>	<b>32,11</b>	<b>28,58</b>	<b>28,18</b>	<b>88,87</b>	

### Anexo 3. CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS

Para el análisis de esta característica se ha considerado a las campañas como bloques (repeticiones).

**Tabla 35**

*Contenido de antocianinas en brácteas expresado en % Localidad Llollón*

<b>Antocianinas en brácteas localidad Llollón (%)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
INIA 601	2,87	2,74	2,74	8,35	2,78
CANTEÑO	0,12	0,14	0,14	0,40	0,13
M. Mejorado	3,61	0,54	0,54	4,69	1,56
UNC-47	3,29	0,88	0,88	5,05	1,68
INIA 615	0,11	0,43	0,43	0,97	0,32
PMV 581	0,20	0,29	0,27	0,76	0,25
<b>Total</b>	<b>10,20</b>	<b>5,02</b>	<b>5,00</b>	<b>20,22</b>	

**Tabla 36**

*Contenido de antocianinas en brácteas expresado en % Localidad Poroporo*

<b>Antocianinas en brácteas localidad Poroporo (%)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Total</b>	<b>Promedio</b>
INIA 601	0,09	1,11	1,11	2,31	0,77
CANTEÑO	0,11	0,13	0,13	0,37	0,12
M.Mejorado	3,58	1,15	1,15	5,88	1,96
UNC-47	1,78	0,88	0,88	3,54	1,18
INIA 615	0,21	0,74	0,74	1,69	0,56
PMV 581	0,20	0,58	0,50	1,28	0,43
<b>Total</b>	<b>5,97</b>	<b>4,59</b>	<b>4,51</b>	<b>15,07</b>	



## Anexo 4. ANÁLISIS DE SUELO

### Figura 7

Análisis de suelo localidad de Llollón



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

#### LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : PNIA MAIZ – JAIME RAFAEL SANCHEZ VASQUEZ

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – Llollón Fecha: 13/07/2016

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Casa Vieja	SU0433-EEBI-16	25.38	340.0	7.2	4.09	--	--	--	--	--

#### INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 pH (reacción) : **NEUTRO**  
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO  
 Clase textural : --

#### RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

##### Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

NUTRIENTES	N Kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/ha	K <sub>2</sub> O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/ha	K <sub>2</sub> O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kg/ha	K <sub>2</sub> O Kg/ha	CAL Ton /
Cantidad	95	40	40	--								

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 Estación Experimental Baños del Inca  
  
 Ingo Tulio A. Velásquez Camacho  
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

www.inia.gob.pe

Jr. Wiracocha s/n, Baños del Inca  
 Cajamarca, Cajamarca. Perú  
 T: (076) 348-386  
 E: binca@inia.gob.pe

**Nota:** Laboratorio de suelos - INIA

## Figura 8

### Análisis de suelo localidad de Poroporo



"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

#### LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : PNIA MAIZ – JOSE ISIDRO ACOSTA COTRINA

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán – Poro Poro

Fecha: 13/07/2016

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
El Aliso	SU0542-EEBI-16	11.45	230.0	5.0	1.51	0.24				

#### INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MEDIO  
 Potasio (K) : BAJO  
 pH (reacción) : FUERTEMENTE ACIDO  
 Materia orgánica (M.O) : BAJO  
 Clase textural : --

#### RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: MAIZ MORADO

NUTRIENTES	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha
Cantidad	120	50	50									

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



www.inia.gob.pe

Jr. Wiracocha s/n, Baños del Inca  
 Cajamarca, Cajamarca. Perú  
 T: (076) 348-386  
 E: binca@inia.gob.pe

**Nota:** Laboratorio de suelos – INIA

## Anexo 5. Evidencias de desarrollo de la investigación

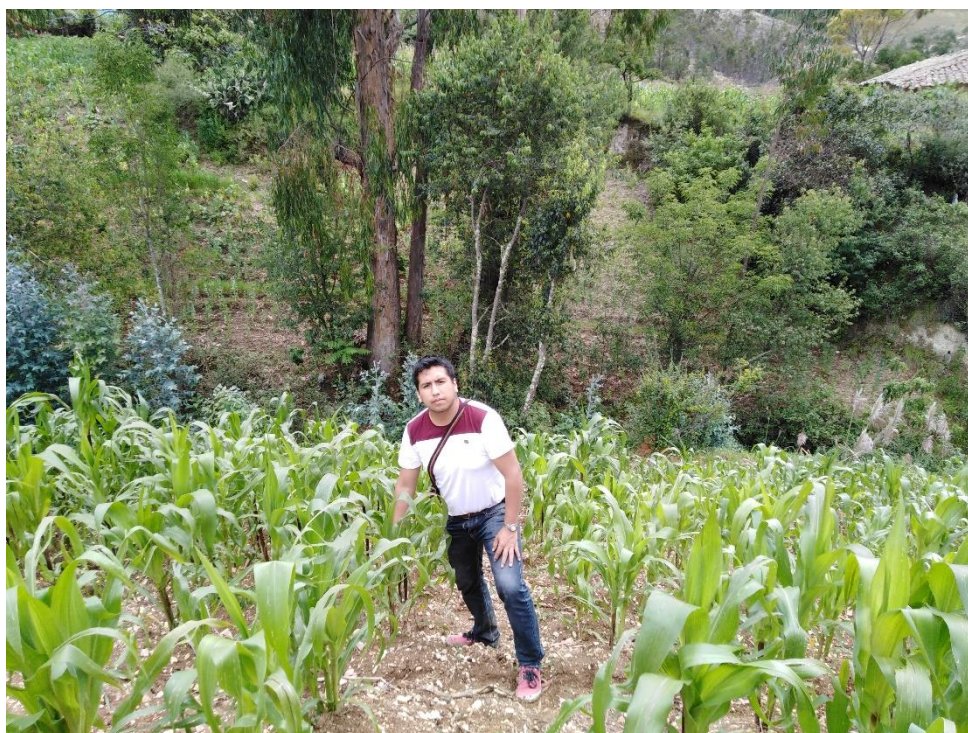
### Figura 9

*Realizando la instalación del experimento*



### Figura 10

*Evaluando emergencia de plantas*



**Figura 11**

*Colocación de letrero de identificación de los experimentos*



**Figura 12**

*Evaluación de flor masculina y femenina*



**Figura 13**

*Participando de la cosecha de cada experimento*



**Figura 14**

*Separación de cada variedad*



**Figura 15**

*Selección de variedades para laboratorio*



**Figura 16: A y B**

*Picado y Secado de corontas y brácteas*



A



B

**Figura 17**

*Comparativo de corontas de derecha a izquierda INIA 601 – CANTEÑO – MORADO MEJORADO – UNC 47 – INIA 615 – PMV 581*



**Figura 18**

*Trabajo en laboratorio en Pronex*



**Figura 19**

*Preparación de muestras para el espectrofotómetro*



**Figura 20**

*Obtención de la absorbancia con el espectrofotómetro*

