

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN BRÁCTEAS DE SEIS  
VARIETADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.), EN CUATRO PISOS  
ALTITUDINALES, 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:

**JOSÉ ELDER TAMAY GIL**

Asesores:

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

**Ing. Agr. M Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2021**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

Fundada por Ley N° 14815 del 13 de febrero de 1962

"Hecho es la Naturaleza Proceso"

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Secretaría Académica**

-----000-----



### **ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciséis días del mes de setiembre del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 166-2021-FCA-UNC, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"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"**, ejecutado(a) por el Bachiller en Agronomía, don **JOSÉ ELDER TAMAY GIL** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciséis horas y once minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por **unanimidad** con el calificativo de **dieciséis (16)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de **Ingeniero Agrónomo**.

A las diecisiete horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

**Dr. Juan Francisco Seminario Cunya**  
**PRESIDENTE**

**Dr. Victor Vásquez Arce**  
**SECRETARIO**

**Ing. M. Sc. Jesús Hipólito de la Cruz Rojas**  
**VOCAL**

**Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos**  
**ASESORA**

## **DEDICATORIA**

*Primeramente a Dios por darme la vida y fortaleza para poder seguir cumpliendo mis sueños.*

*A mi padre: Víctor Tamay Ruíz por confiar en mí y por su apoyo incondicional y por sus sabios consejos para ser una mejor persona, a mi madre que desde el cielo me ilumina y me da fuerzas para seguir adelante cada día.*

*A mis hermanas(os) por sus consejos y apoyo para seguir adelante cumpliendo mis metas.*

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

*Hago un agradecimiento sincero:*

*A Dios, a mi padre, su esposa y a mis hermanas(os), por su apoyo incondicional tanto moral como económico para poder cumplir mis sueños.*

*A la Ing. Alicia Elizabeth Medina Hoyos por facilitarme ser parte del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y formar parte de la investigación del Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) del Proyecto PNIA 022\_PI de la mencionada institución.*

*Al Ing. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas por ser un maestro que me brindó su apoyo y consejos tanto en el proyecto de tesis como en la redacción final.*

*A los beneficiarios del Proyecto PNIA 022\_PI de los cuatros caseríos del distrito de Ichocán con quienes se manejó el ensayo en sus parcelas.*

*A todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Agronomía por los conocimientos compartidos y por ser un ejemplo de superación y dedicación.*

**EL AUTOR**

## ÍNDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. Hipótesis de la investigación .....	4
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases teóricas .....	8
2.2.1. Expansión y origen del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	8
2.2.2. Generalidades .....	8
2.2.3. El cultivo de maíz morado en el Perú .....	9
2.2.4. Importancia del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	10
2.2.5. Rendimiento nacional de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	10
2.2.6. Componentes benéficos del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	11

2.2.7.	Composición química del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	12
2.2.8.	Productividad del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) .....	12
2.3.	Las antocianinas.....	13
2.3.1.	Aspectos relacionados con la antocianina.....	14
2.3.2.	Método cromatográfico de (HPLC) en la extracción de antocianina. ....	14
CAPÍTULO III.....		15
MATERIALES Y MÉTODOS.....		15
3.1.	Ubicación del experimento .....	15
3.1.1.	Ubicación geográfica.....	15
	Fuente: Georreferenciación propia .....	15
3.2.	Condiciones climáticas durante la campaña del cultivo .....	16
3.3.	Análisis físico - químico del suelo.....	16
3.5.	Materiales .....	17
3.5.1.	Material biológico .....	17
3.5.1.1.	INIA-601 (Negro Cajamarca) .....	17
3.5.1.2.	Canteño.....	18
3.5.1.3.	PMV-581 .....	18
3.5.1.2.	INIA-615 (Negro Canaán) .....	18
3.5.1.3.	UNC-47.....	18
3.5.2.	Materiales de campo.....	18
3.5.3.	Materiales de laboratorio .....	19
3.5.4.	Materiales utilizados en la obtención de antocianina .....	19
3.6.	Metodología.....	19
3.6.1.	Diseño experimental .....	20
3.6.2.	Características del diseño experimental .....	20
3.6.3.	Croquis del experimento.....	21
3.6.3.	Manejo de las parcelas en campo.....	21

3.6.3.1. Preparación del terreno.....	21
3.6.3.2. División de las parcelas.....	21
3.6.3.3. La siembra .....	21
3.6.3.4. Deshije.....	22
3.6.3.5. Deshierbo.....	22
3.6.2.6. Aporque. Se r .....	22
3.6.2.7. Control Fitosanitario.....	22
3.6.2.8. Cosecha.....	22
3.7. Evaluación de variables en pre cosecha. ....	22
3.7.1. Cantidad de plantas .....	22
3.7.2. Floración femenina.....	22
3.7.2. Floración masculina .....	23
3.7.3. Medición de altura de planta .....	23
3.7.4. Altura de mazorca.....	23
3.7.5. Precocidad según las localidades (Altitudes) .....	23
3.8. Datos tomados al momento de la cosecha.....	24
3.8.1. Peso de mazorcas .....	24
3.8.2. Grados de pudrición .....	24
3.8.2. Determinación del porcentaje de humedad .....	25
3.9. Esquema utilizado en el experimento .....	25
3.9.2. Productores de la jurisdicción de Ichocán en diferentes niveles altitudinales.....	25
3.10. Método de extracción de antocianinas.....	26
3.10.1. Pasos para la obtención de antocianinas.....	26
3.10.2. Análisis estadístico.....	27
3.10.3. Manejo del Software SAS .....	28

CAPÍTULO IV .....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1. Análisis de varianza (ANVA) del contenido (%) de antocianinas en brácteas. ....	29
4.2. Análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de antocianinas en kg ha <sup>-1</sup> .....	33
CAPÍTULO V.....	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	36
CAPÍTULO VI .....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
ANEXO 1. Análisis de antocianinas.....	42
1.1. Análisis de antocianinas en bráctea .....	42
1.2. Análisis de varianza .....	43
ANEXO 2. Analisis del suelo.....	45
ANEXO 3. Resultados del análisis de antocianina en bráctea, realizados por el laboratorio PRONEX (Productos Naturales de Exportación), Lima - Perú.....	48
ANEXO 4. Fotografías realizadas durante la campaña agrícola del trabajo de investigación del INIA. Baños del Inca - Cajamarca. ....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Número	Página
<b>Tabla 1.</b> Composición química del maíz morado (Contenido en 100 gramos).....	12
<b>Tabla 2.</b> Georreferenciación de las seis localidades en estudio .....	15
<b>Tabla 3.</b> Datos meteorológicos recogidos durante la campaña del cultivo.....	16
<b>Tabla 4.</b> Resultados del análisis físico - químico de las muestras de suelo de los cuatro ámbitos en estudio.....	16
<b>Tabla 5.</b> Variedades de maíz morado que se emplearon en la labor de investigación. ....	17
<b>Tabla 6.</b> Características del diseño experimental. ....	20
<b>Tabla 7.</b> Cálculo de la precocidad por localidades.....	23
<b>Tabla 8.</b> Escala de evaluación del grado de pudrición de las mazorcas .....	24
<b>Tabla 9.</b> Localidades y variedades en estudio.....	26
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza (ANVA) del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado .....	30
<b>Tabla 11.</b> Prueba Tukey al 5% de probabilidad para el rendimiento promedio en (%) de antocianinas en brácteas de 6 variedades y 4 localidades. ....	31
<b>Tabla 12.</b> Análisis de varianza (ANVA) del contenido de antocianinas en $\text{kg ha}^{-1}$ .....	34
<b>Tabla 13.</b> Prueba Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento promedio en $\text{kg ha}^{-1}$ de antocianinas en brácteas de 6 variedades y 4 localidades. ....	34
<b>Tabla 14.</b> Contenido de antocianinas en la bráctea (%) de seis variedades de maíz morado ( <i>Zea mays L.</i> ) en cuatro localidades. ....	42
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado.....	43
<b>Tabla 16.</b> Rendimiento promedio de antocianinas de brácteas en 6 variedades y 4 localidades. ....	43
<b>Tabla 17.</b> Calculo del rendimiento de brácteas por parcela y por hectárea ( $\text{kg/ha}^{-1}$ ).....	44
<b>Tabla 18.</b> Rendimiento de antocianinas en bráctea por parcela (kg).....	44
<b>Tabla 19.</b> Datos climatológicos recogidos durante la campaña del cultivo.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Página
<b>Figura 1.</b> Porcentaje de producción por departamento de maíz morado en el Perú.....	9
<b>Figura 2.</b> Estructura de la antocianina .....	13
<b>Figura 3.</b> Croquis del trabajo de investigación .....	21
<b>Figura 4.</b> Rendimiento en (%) del contenido de antocianina en brácteas.....	32
<b>Figura 5.</b> Contenido de antocianina de 6 variedades en 4 localidades .....	32
<b>Figura 6.</b> Resultado del análisis de la jurisdicción de Montoya, elaborado por el INIA...	45
<b>Figura 7.</b> Resultado del análisis de la jurisdicción de Sunchupampa (La chilca), elaborado por el INIA. ....	46
<b>Figura 8.</b> Resultado del análisis de la jurisdicción de Llanupacha, elaborado por el INIA. ....	47
<b>Figura 9.</b> Porcentajes de antocianina de seis variedades de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) en una jurisdicción de Ichocán.....	48
<b>Figura 10.</b> Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) en una localidad de Ichocán. ....	49
<b>Figura 11.</b> Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) en una localidad de Ichocán. ....	50
<b>Figura 12.</b> Toma de datos de campo de las parcelas experimentales.....	51
<b>Figura 13.</b> Realizando el etiquetado de la parcela de investigación.....	51
<b>Figura 14.</b> Instalación de letrero de identificación de la parcela. ....	52
<b>Figura 15.</b> Selección de las brácteas en la cosecha. ....	52
<b>Figura 16.</b> Materia seca picada de las brácteas de seis variedades de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.). ....	53
<b>Figura 17.</b> Preparando las muestras de brácteas en molino de las seis variedades de maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.).....	53
<b>Figura 18.</b> Pesado de la muestra en la balanza analítica.....	54
<b>Figura 19.</b> Espectrofotómetro Shimadzu UV - 1800 donde se hizo la lectura de la absorbancia de la muestra de antocianina a una longitud de onda de 535 nm (nanómetros) para la determinación del porcentaje de antocianinas.....	54

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el contenido de antocianinas en brácteas (pancas) de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) sembradas en cuatro pisos altitudinales en la jurisdicción de Ichocán - Provincia de San Marcos y Departamento de Cajamarca, se usó el Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar (DEBCA) con cuatro repeticiones, los datos se registraron de los dos surcos centrales, las variedades en estudio son: INIA-601, Canteño, Morado Mejorado, INIA-615, UNC-47 de la Universidad Nacional de Cajamarca y PMV-581 de la Universidad Nacional Agraria la Molina; el contenido de antocianina cianidina-3-glucósido fue determinado a través del Método Fulekis Francis descrito por Medina *et al.* (2020) y caracterizado mediante el método cromatográfico de HPLC (High Performance Liquid Chromatography), en el laboratorio de Pronex (Productos Naturales de Exportación S. A.) a través de la absorbancia medida en el espectrofotómetro, obteniendo los siguientes resultados: 1. El contenido de antocianinas en las brácteas de las variedades estudiadas fue INIA-601 7.34 % en Llanupacha a 3135 m.s.n.m., UNC-47 con 3.84 % en Llanupacha a 3135 m.s.n.m., Morado Mejorado 3.48 % en Montoya a 2388 m.s.n.m., INIA-615 3.34 % en Llanupacha a 3135 m.s.n.m. y Canteño 3.26 % en Sunchupampa a 2544 m.s.n.m., 2. El contenido de antocianinas del maíz morado de acuerdo a la altitud fue el siguiente: Localidad 1 (Montoya 2388 m.s.n.m.) 2.10 %, Localidad 2 (Sunchupampa 2490 m.s.n.m.) 2.68 %, Localidad 3 (Sunchupampa 2544 m.s.n.m.) 2.64 % y Localidad 4 (Llanupacha 3134 m.s.n.m.) 3.12 %.

**Palabras claves:** Maíz morado, antocianinas, método de Fulekis Francis, rendimiento, calidad.

## ABSTRACT

The present research aimed to determine the anthocyanin content in bracts (pancas) of six varieties of purple corn (*Zea mays* L.) planted in four elevational floors in the jurisdiction of Ichocán - Province of San Marcos and Department of Cajamarca, it was used the Experimental Design of Complete Random Blocks (DEBCA) with four repetitions, the data were recorded from the two central furrows, the varieties under study are: INIA-601, Canteño, Morado Mejorado, INIA-615, UNC-47 of the University Nacional de Cajamarca and PMV-581 from the Universidad Nacional Agraria la Molina; the anthocyanin cyanidin-3-glucoside content was determined through the Fulekis Francis Method described by Medina et al. (2020) and characterized by the chromatographic method of HPLC (High Performance Liquid Chromatography), in the laboratory of Pronex (Productos Naturales de Exportación SA) through the absorbance measured in the spectrophotometer, obtaining the following results: 1. The content of anthocyanins in the bracts of the studied varieties was INIA-601 7.34% in Llanupacha at 3135 masl, UNC-47 with 3.84 % in Llanupacha at 3135 masl, Improved Purple 3.48 % in Montoya at 2388 masl, INIA-615 3.34 % in Llanupacha at 3135 masl and Canteño 3.26 % in Sunchupampa at 2544 masl, 2. The anthocyanin content of purple corn according to altitude was as follows: Locality 1 (Montoya 2388 masl) 2.10 %, Locality 2 (Sunchupampa 2490 masl) 2.68 %, Locality 3 (Sunchupampa 2544 masl) 2.64 % and Locality 4 (Llanupacha 3134 masl) 3.12 %.

**Keywords:** Purple corn, anthocyanins, Fulekis Francis method, productivity, quality.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cereal que constituye una de las 52 razas que todavía se siembran en los valles interandinos del Perú, MINAM (2018). El Perú posee una gran diversidad de productos agrícolas, debido a una extensa variedad de climas y diversidad geográfica a lo largo de los andes del país, lo cual conlleva a elaborar insumos para el consumo nacional y la exportación, siendo uno de ellos el maíz morado (*Zea mays* L.) (Ccaccya *et al.*, 2019).

Las principales razas del maíz morado son siete: Cuzco, Canteño, Caraz, Arequipeño, Negro de Junín, Huancavelicano y UNC-46 y cinco variedades mejoradas, el INIA-601, INIA-615 Negro Canaán, PM-581, PM-582 y la UNC-47 y una variedad experimental mejorada denominada MMM Pedraza *et al.* (2017); Pinedo *et al.* (2017).

La antocianina es una molécula importante dentro del grupo de flavonoides y este a su vez, dentro del grupo de los polifenoles Lee *et al.* (2017). La antocianina es utilizada en la industria de los alimentos como los productos lácteos, panadería, conservas de pescado, aceites, sopas, postres como la mazamorra morada y en la industria de las bebidas se destaca la típica bebida nacional conocida como “chicha morada” Cristianini *et al.* (2020). Las antocianinas son ampliamente usadas en las diferentes industrias por su alto poder antioxidante en la salud humana, es decir, pueden inhibir a los radicales libres que dañan a las biomoléculas importantes como lípidos o proteínas oxidadas, Castañeda (2015). Otros beneficios a la salud son atribuidos a su poder antioxidante alto como en la regeneración del tejido conectivo, presión sanguínea y colesterol, además, es anticancerígeno, antitumoral, anti mal del Parkinson, entre otros; Khoo *et al.* (2017); Lao *et al.* (2017); Cristianini (2020).

Las antocianinas constituyen un potencial para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos y para la obtención de productos con valor agregado dirigidos al consumo humano. Este producto es reconocido

por la Unión Europea y por la Legislación Japonesa con el Código E-163 (INDECOPI 2016).

La siembra de maíz morado por los agricultores en la sierra de Perú puede ser una alternativa rentable y por lo tanto una opción para vincular al pequeño agricultor con el mercado, ya que con la venta de grano, coronta y brácteas con alto contenido de antocianinas podría obtener al menos 4 veces más de ingresos que sembrando el maíz amiláceo que tradicionalmente cultiva el agricultor con producciones promedio de 1,5 t ha<sup>-1</sup> de grano, que les significa un ingreso de solo S/ 4500 ha<sup>-1</sup> Medina *et al.* (2020).

En todo el año 2020, el país exportó 6.755.647 kilos de maíz morado por un valor FOB de US\$ 12.550.179, la cual indicada en cifras indican un aumento exponencial desde los 798.810 kilos exportados en el año 2019 por un valor total de US\$ 1.249.588, Agrodata Perú (2020).

El principal destino de estas exportaciones el año pasado fue Estados Unidos, donde se alcanzaron ventas por US\$ 6.886.733 (55 % del total de envíos). Seguido por España con US\$ 1.693.687, Ecuador con US\$ 1.281.573, Bélgica con US\$ 637.702, Países Bajos con US\$ 462.099, Canadá con US\$ 394.470, Chile con US\$ 299.120, Portugal con US\$ 215.553 y otros con montos menores que juntos sumaron US\$ 679.243, Agrodata Perú (2020).

La sede en Cajamarca, de Sierra y Selva Exportadora informó que de acuerdo a la directiva emanada por el Ministerio de Agricultura y Riego, se vienen sumando esfuerzos y llevando acciones conjuntas con el Gobierno Regional de Cajamarca a través de sus diversas Agencias Agrarias y en alianza con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) y a la vez informan que en la región Cajamarca se cultivan en promedio de unas 50 ha<sup>-1</sup> siendo las provincias de Cajamarca, Cajabamba, San Marcos y Hualgayoc, las principales productoras de maíz morado en Región Cajamarca.

La presente investigación tiene como finalidad dar a conocer el rendimiento, contenido del pigmento antocianina de seis variedades de maíz morado en cuatro zonas altitudinales de la jurisdicción de Ichocán Provincia de San Marcos en el Departamento de Cajamarca.

### **1.1. Planteamiento del problema**

El cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en el Perú hoy en día es bastante requerido en la región Cajamarca por los pequeños y medianos agricultores por

sus características llamativas y la producción de antocianinas, debido a este incremento en la siembra, pero por falta de un buen manejo agronómico y falta de tecnologías productivas para la obtención de antocianinas, las brácteas son dejadas como última elección del cultivo, es por ello que se realizó la investigación con la finalidad de conocer las cantidades de antocianinas presentes en las brácteas del maíz morado y así obtener un mayor aprovechamiento de esta parte de la mazorca, por lo cual es trascendental buscar una variedad con la mayor producción de antocianinas de seis variedades mejoradas de maíz morado.

Por ello, en la presente investigación se propuso sembrar en cuatro parcelas a diferentes altitudes con la finalidad de calcular la cantidad de antocianinas en las brácteas, realizándose basado en antecedentes de Piña (2018), en el contenido de antocianinas en brácteas en la cual ocupó el primer lugar la variedad INIA 601 con 2.94 %.

Del mismo modo Valera (2019), evaluó el contenido de antocianinas en bráctea en el cultivo de maíz morado comparando el efecto de la altitud en el contenido de antocianina la cual afectó debido a la interacción que tiene la localidad con la variedad en sus distintas altitudes, donde obtuvo que la variedad que ocupó el primer lugar en el contenido de antocianina en bráctea fue la variedad INIA-601 con 2.38 %.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la variedad con mejor porcentaje de antocianinas en las brácteas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) sembradas en cuatro pisos altitudinales en la jurisdicción de Ichocán - San Marcos, Departamento de Cajamarca?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Evaluar el porcentaje de antocianinas en brácteas (pancas) de seis variedades mejoradas de maíz morado (*Zea mays* L.) sembradas en cuatro pisos altitudinales de la jurisdicción de Ichocán - Provincia de San Marcos y Departamento de Cajamarca.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto de la altitud sobre el contenido de antocianinas en brácteas de maíz morado (*Zea mays* L.).
- Evaluar el contenido de antocianinas en brácteas de maíz morado (*Zea mays* L.) en kg ha<sup>-1</sup>.

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

De las seis variedades de maíz morado una será superior en concentración de antocianinas y un piso altitudinal de la investigación será superior con respecto a los demás, en porcentaje de antocianinas en brácteas en el cultivo de maíz morado, en la jurisdicción de Ichócan - Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Mendoza (2017), evaluó el contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) a una altitud de 2735 metros de altitud en Ayacucho, en el centro experimental de Canaán, distrito de Andrés A. Cáceres Dorregaray, provincia Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2735 msnm, bajo un régimen de lluvias complementado con riegos, teniendo como objetivo: Determinar la precocidad, rendimiento, contenido de antocianina y la rentabilidad económica de las seis variedades de maíz morado. Utilizando el Diseño Bloque Completo Randomizado (DBCR), con una densidad de plantas (62 500 plantas, 0.80 m entre surcos y 0.20 m entre golpes, 1 planta/golpe) para las 6 variedades, estableció para cada variedad 3 repeticiones de esta forma generándose 3 bloques. Aplicando abonamiento mineral (160-110-50 de NPK). Los resultados obtenidos fueron que la variedad INIA-615 fue la más precoz resultado días después de la siembra hasta la maduración fisiológica. El rendimiento en mazorca, grano y tuza obtuvo la variedad INIA-615. El mayor contenido de antocianina en grano se alcanzó con la variedad arequipeño. El mayor contenido de antocianina en la coronta o tuza se obtuvo con las variedades canteño. Las variedades con mayor proporción de rentabilidad económica fueron INIA-615 y canteño.

Soto (2017), evaluó la influencia de los niveles altitudinales en la concentración de antocianina en maíz morado (*Zea mays* L.), en tres localidades: Pistololi, distrito de Monzón y provincia de Huamalíes; Winchuspata, distrito de Panao, provincia de Pachitea y Marabamba, distrito de Pillco Marca y provincia de Huánuco; en la región Huánuco; donde estudió la relación de los pisos altitudinales en la concentración de antocianina en mazorcas de maíz morado, tomando datos en campo y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el resto, fueron ensayos a nivel de laboratorio por cada localidad en estudio. El nivel

correlacional, le permitió comprobar la relación entre la concentración de las antocianinas en mazorcas de la variedad PMV-581, relacionado a la temperatura mínima y máxima, precipitación pluvial máxima y acumulada, humedad relativa, velocidad del viento y horas sol, en la localidad de Winchuspata - Panao, con 684 mg/100 g, seguido por Marabamba - Huánuco con 623,54 mg/100 g y Pistaloli - Monzón con 603,65mg/100 g.

Piña (2018) evaluó el 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, a diferentes altitudes a partir de 2300 a 3170 m.s.n.m. Utilizando el Diseño Experimental de Bloques Completos Aleatorizado con seis variedades de maíz morado y cuatro repeticiones; empleando las variedades: INIA-601, de Cajamarca, INIA-615 Negro Canaán de Ayacucho, UNC-47 de la Universidad Nacional de Cajamarca, Canteño, PMV 581 de la Universidad Nacional Agraria La Molina y Maíz Morado Mejorado, variedad experimental de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca - INIA. Cada localidad estaba formada de 8 surcos con 4 repeticiones al azar, de los cuales tomó los datos de los 4 surcos centrales. El rendimiento lo determinó con la fórmula de grano seco al 14 %, de humedad y el porcentaje de antocianinas lo determinó en el laboratorio de la empresa PRONEX con el uso del método Fulekis Francis. Los resultados que fueron la variedad INIA-601 destacó por su alto rendimiento con 2562.70 kg ha<sup>-1</sup> y para el contenido de antocianinas destacó del mismo modo la variedad INIA-601 con 2.93 % de concentración en la bráctea.

Valera (2019), evaluó el efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* l.) en el distrito de Ichocán, donde lo realizó en 9 caseríos del distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca, a distintas altitudes que van desde los 2420 a 3180 metros de altitud, teniendo como objetivo evaluar el efecto de la altitud en el rendimiento de las 6 variedades de maíz morado, así como el contenido de antocianinas en 9 pisos altitudinales; utilizando el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 6 variedades de maíz morado y 4 repeticiones; estudiando las variedades: INIA-601 INIA Negro Cajamarca, INIA-615 Negro Canaán, Canteño, PM-581, UNC-47 y Maíz Morado Mejorado (variedad experimental de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca - INIA). En los caseríos de: Llollón (2765 m), Montoya

(2420 m), Sunchupampa (2540 m), la chilca (2495 m), Poroporo (3180 m), la Victoria (3050 y a 3010 m), Poroporito (2880 m) y Llanupacha (2920 m). Instalando 8 surcos por parcela tomando datos de los 4 surcos centrales y se evaluó el rendimiento del grano y el porcentaje de antocianina. Los resultados indicaron que los mayores rendimientos se encontraron en La Chilca a 2495 m de altitud con las variedades morado mejorado e INIA- 601, cuyos rendimientos fueron 2.53 y 2.41 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. Para el contenido de antocianinas en brácteas la variedad INIA-601 es la que destaco con 2.38 %.

Medina *et al.* (2020), realizó la evaluación del contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú. Evaluando el contenido de antocianinas de la coronta y las brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.): INIA-601, INIA-615, PM-581, UNC-47, Canteño y Morado mejorado en seis localidades. Utilizando el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones por cultivar. Las muestras constaron de 0,30 g de coronta y 0,40 de brácteas molidas. La cuantificación de antocianinas lo efectuó de acuerdo al método de Fulekis y Francis (1968). Realizando un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Duncan. Se observó significación estadística (valor-p  $\alpha = 0,05$ ) para los seis cultivares en el contenido de antocianinas en brácteas. Los cultivares INIA-601, UNC-47 y Morado mejorado destacaron con 2,01 % a 2,92 % de antocianinas para brácteas.

Saldaña (2021), investigó el efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de 04 genotipos de maíz morado (*Zea mays* L.) y el contenido de antocianinas en la comunidad de Chipuluc, en el distrito de Cutervo, Cajamarca; el objetivo fue evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el rendimiento de 04 cultivares de maíz morado, y el contenido de antocianinas, donde consideró el objetivo del estudio tres distanciamientos entre golpe, 30 cm, 40 cm y 50 cm. que equivalen a las densidades de siembra: D1 =125,000.00 plantas/ha, D2 = 93,750.00 plantas/ha y D3 = 75,000.00 plantas/ha. Utilizando cuatro genotipos: MMM (Maíz Morado Mejorado), INIA-601, UNC-47 y UNPRG-M. Evaluando características agronómicas, así como el contenido de antocianinas en las variedades y las diferentes densidades de siembra, realizó el análisis de varianza de las características evaluadas; para la comparación de promedios aplicó la prueba de Tukey con un 0.05 de probabilidad. Obteniendo como resultados que los

tratamientos D3 - UNPRG-MORADO, D2 - UNPRG-MORADO y D1 - UNPRG - MORADO obtuvieron rendimientos superiores con 5400.00, 5217.50, 4908.00 kg/ha, superando estadísticamente a los tratamientos D1 - MMM, D2 - MMM, D3 - INIA-601, D1 - INIA-601 y D2 - INIA-601, que registraron los mínimos rendimientos de grano, con 3995.17, 3979.17, 3912.50, 3825.50 y 3812.50 kg/ha. Obteniendo la mayor concentración de antocianinas cuando el distanciamiento entre golpes fue de 40 cm (D2 = 93750.00 plantas/ha), registrando mayor porcentaje la variedad INIA-601 con 4.18 %, seguido de UNC-47 que concentró 2.74 %. Las mínimas concentraciones de antocianinas fueron con el distanciamiento entre golpes de 30 cm (D1 = 125000.00 plantas/ha), con una densidad poblacional mayor; INIA-601 registra una mayor concentración en esas condiciones, con 2.61 %. Los genotipos MMM y UNPRG-MORADO, registraron menor cantidad de antocianinas en las tres densidades, con promedios de 1.81 y 2.00 %, comparados con INIA-601 y UNC-47, que concentraron 3.36 y 2.43 % de antocianinas, respectivamente.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Expansión y origen del maíz morado (*Zea mays* L.)**

El maíz es una planta que pertenece a la familia de las gramíneas, originario de América, se ha encontrado restos de este cereal desde Canadá hasta el norte del país de Argentina. Ha sido extensamente sembrado y usado en todas las zonas alto andinas de América del sur, especialmente en los países de Perú, Argentina, Bolivia y Ecuador (Fei *et al.* 2016).

Su conocimiento se remonta probablemente a la época de la colonia, donde los agricultores de los valles andinos de la costa central entre los 1 000 a 2 400 m.s.n.m, y en especial en el valle de Canta, seleccionaron y tipificaron este tipo de maíz, de allí su nombre “Morado Canteño”, posiblemente a partir de la raza *kcully*. Este maíz, corresponde al género *Zea*, especie *mays*, L. grupo *amilaceae* st, ecotipo: Morado canteño (INIA 2007).

### **2.2.2. Generalidades**

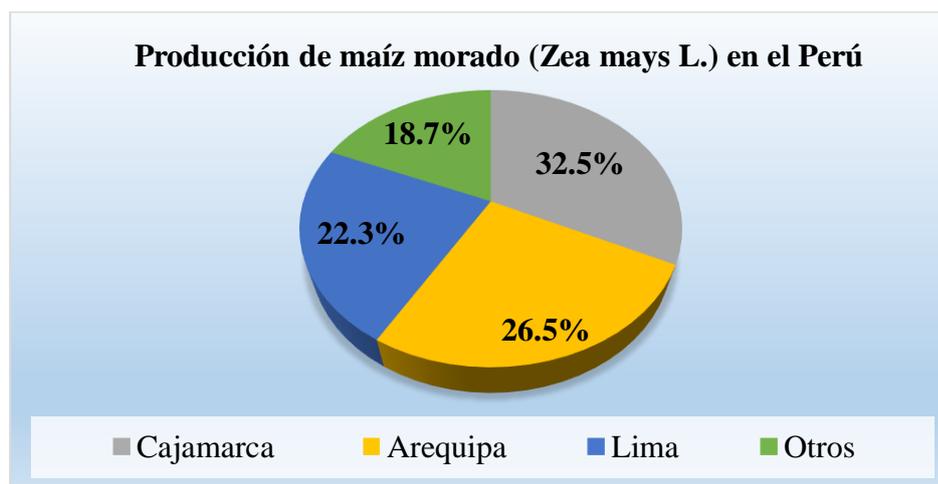
El cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.) es el único en el mundo que presenta granos, coronta y brácteas de tonalidad morada, la cual se debe a la presencia

de una pigmentación llamada antocianina, que es un colorante natural muy valorado en la fabricación alimentaria y medicinal, siendo la sustancia activa del maíz morado, el mismo que es muy trascendental ya que puede evitar la presencia del cáncer de colon debido a que el poder del pigmento - antocianina, funciona a modo antioxidante pues al ayudar en la regeneración de los tejidos (disminuye la degeneración de la piel), promueve la creación de colágeno, inicia el flujo de la sangre (disminuye el peligro de para cardiaco), reduce el colesterol optimizando la circulación sanguínea (INIA 2012).

### 2.2.3. El cultivo de maíz morado en el Perú

Nuestro país es el único que produce maíz morado con fines comerciales, sin embargo el Ministerio de Agricultura no ejecuta un plan de registro, por tal motivo no se hallan resultados estadísticos de la productividad, superficies que se siembra y comercializa.

MIDAGRI (2020) indica los departamentos con el mejor porcentaje de rendimiento de maíz morado a nivel nacional, ubicando a la región Cajamarca en primer lugar con 32.5 %, seguido de la región Lima con un 26.5 %, continuando de esta forma la región Arequipa con un 22.3 % y con 18.7 % otras regiones del país, siendo las principales regiones productoras de maíz morado en el Perú.



**Figura 1.** Porcentaje de producción de maíz morado en el Perú.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (MIDAGRI 2020).

#### **2.2.4. Importancia del maíz morado (*Zea mays* L.)**

Debido a su abundante color el maíz morado desde hace mucho tiempo se ha empleado para elaborar alimentos y bebidas, es así que en Sudamérica los pigmentos de maíz morado se suministran considerablemente en la fabricación de la chicha morada, mazamorra morada, postres y bebidas (FAO 2013).

De tal manera Medina *et al.* (2020) menciona que los pigmentos denominados antocianinas en el maíz morado se encuentran en un porcentaje considerable, debido a ello los investigadores a nivel mundial están prestando mayor estudio a esta exuberante fuente de fotoquímicos, se ha notificado de que se relaciona con la posibilidad de disminuir el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y crónicas, también ayuda a prevenir el cáncer de colon, diabetes y obesidad.

Además, Medina *et al.* (2020) menciona que se ha calculado que en 5000 kg ha<sup>-1</sup> de mazorca comercial de la variedad INIA-601, se pueden producir hasta 500 kg de corontas y 200 kg de brácteas secas y picadas con contenido de antocianinas de 6,12 y 3,18%, que es la forma como se comercializan estos productos.

MINAGRI (2017) menciona que el costo del grano morado seco es de S/ 2,0 por kg y el costo por kg de corontas o brácteas secas es de S/ 20. Por lo tanto, los 700 kg de corontas y brácteas secas y picadas generan un ingreso de S/ 14 000. Esto significa que produciendo en una hectárea 2500 kg de grano al 14% de humedad y 700 kg de corontas y brácteas secas y picadas, el agricultor podría obtener un ingreso bruto de S/ 19 000. Descontando el costo de producción que se aproxima a S/ 8 000 × ha, la utilidad neta llegaría a S/ 11 000 × ha; manteniendo los costos fijos, se obtendría mayor rentabilidad y productividad de las variedades de maíz.

#### **2.2.5. Rendimiento nacional de maíz morado (*Zea mays* L.)**

Quispe (2010), señala que en el rendimiento en promedio a nivel del Perú fue de 4675 kg ha<sup>-1</sup>, de esta manera la región Cajamarca obtuvo el más alto promedio de rendimiento a nivel nacional con 8389 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por las regiones de Huánuco y Apurímac alcanzando 8100 kg ha<sup>-1</sup> y 7105 kg ha<sup>-1</sup>

correspondientemente. Por otro lado, Arequipa y Lima alcanzaron una productividad de 4685 kg ha<sup>-1</sup> y 2974 kg ha<sup>-1</sup> correspondientemente.

GORECAJ (2013) menciona que durante la campaña agrícola del año 2011 - 2012, las principales regiones productoras de maíz morado en el Perú, fueron Lima, Huánuco y Arequipa. Siendo Huánuco la región con la mayor producción de maíz morado con una cantidad de 6906 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de la región Lima con 5711 kg ha<sup>-1</sup>, y finalmente la región de Arequipa con 5072 kg ha<sup>-1</sup>. Asimismo, la región de Lima es la principal productora de maíz morado con 9161 t ha<sup>-1</sup> en una extensión cultivada de 1616 ha<sup>-1</sup>.

Medina *et al.* (2020), afirma que en la región Cajamarca hemos alcanzado con esta variedad un promedio de 5.2 t ha<sup>-1</sup>, en algunos casos con máximos de 10 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio en la región a nivel de todos los maíces no llega a 1 t ha<sup>-1</sup>, sembrado en las provincias de Hualgayoc, Cutervo, Cajabamba, San Marcos y Cajamarca.

#### **2.2.6. Componentes benéficos del maíz morado (*Zea mays* L.)**

Arroyo *et al.* (2010) menciona que los elementos beneficiosos que componen el maíz morado son: las resinas, el ácido salicílico, las saponinas, las grasas, el sodio, azufre y fósforo, y sus combinados fenólicos.

Por otro lado, Atmani *et al.* (2011), señala que los compuestos fenólicos que se hallan en el maíz morado, actúan como antioxidantes, secuestrando especies reactivas de oxígeno e inhibiendo las enzimas fabricantes de radicales libres.

Dentro de los compuestos fenólicos, tenemos pigmentos hidrosolubles que se denominan antocianinas; y están ampliamente distribuidas en el reino vegetal (Aguilera *et al.* 2011).

Tal como expresa, Aguilera *et al.* (2011), que el color del pigmento antocianina depende de diversos factores intrínsecos, como son los sustituyentes glicosídicos en las posiciones 3 y 5 con mono, di o trisacáridos, incrementando su solubilidad; y a la vez demuestra que producen efectos en la coloración de las antocianinas hacia las coloraciones púrpura.

De otro lado (Salinas *et al.*, 2012), hace referencia que, en la planta de maíz, los pigmentos antociánicos están presentes en diversas estructuras, como en el

tallo, en las hojas, vainas e inflorescencias; en la mazorca se pueden encontrar en cáscara y grano en el cual se ha reportado la presencia de pigmentos antocianicos precisamente en el pericarpio del grano o semilla.

### 2.2.7. Composición química del maíz morado (*Zea mays* L.)

De acuerdo a Collazos (1962) y Fernández (1995), señalan que la estructura química del maíz grano o semilla y coronta del maíz morado, se indica en la tabla 1.

**Tabla 1.** Composición química del maíz morado (Contenido en 100 gramos)

COMPONENTE	MAIZ GRANO (%)	CORONTA (%)
Humedad	11.40	11.20
Proteína	6.70	3.74
Grasa	1.50	0.32
Fibra	1.80	24.01
Cenizas	1.70	3.29
Carbohidratos	76.90	57.44

Al igual que Otiniano (2012), expresa que la mazorca (coronta y semillas) está formada en un 85 % por grano y 15 % por tusa (coronta), el pigmento denominado antocianina se halla en mayor cantidad en la coronta (tusa) y en menor proporción en las brácteas (pancas) y en el pericarpio (cáscara) del grano, estando entre los primeros comestibles en la dieta peruana.

De acuerdo con Yolanda *et al.* (2013), menciona que en las últimas investigaciones realizadas en antocianinas, se han hallado con la presencia de cianidina 3 - glucósido en el grano o semilla del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide) encontrada en este grano.

### 2.2.8. Productividad del maíz morado (*Zea mays* L.)

De acuerdo con el Trabajo del Proyecto IEPARC (2016), destaca que el maíz morado en la región Cajamarca y otras zonas de influencia de este presente trabajo de investigación, el rendimiento obtenido en promedio fue de 1.5 t ha<sup>-1</sup> en grano seco.

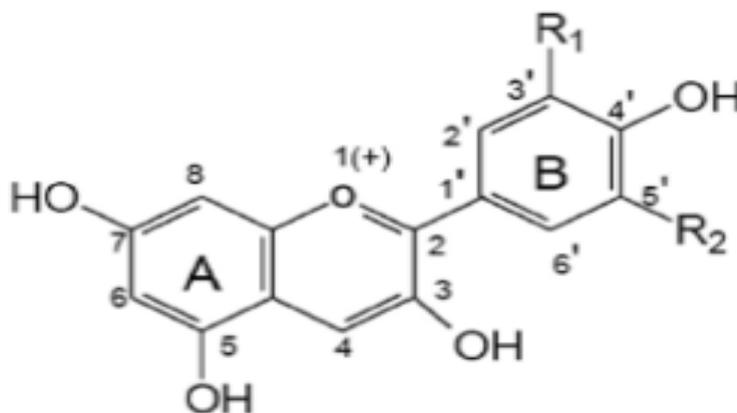
MIDAGRI (2020), el precio del grano morado seco es de S/ 2,0 por kg y el precio por kg de corontas o brácteas secas es de S/ 20. Por lo tanto, los 700 kg

de corontas y brácteas secas y picadas generan un ingreso de S/14 000. Esto significa que produciendo en una hectárea 2500 kg de grano al 14 % de humedad y 700 kg de corontas y brácteas secas y picadas, el agricultor podría obtener un ingreso bruto de S/19 000. Descontando el costo de producción que se aproxima a S/8 000 × ha.

### 2.3. Las antocianinas

Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles que se encuentran en las vacuolas de las células vegetales y son las que caracterizan con el color rojo, púrpura a las hojas, flores y frutos (Khoo *et al.* 2017).

Chatham (2019), la antocianina pertenece al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que está unida a un azúcar a través de un enlace  $\beta$ -glucosídico. La estructura básica contiene un núcleo de flavona que consta de dos anillos aromáticos: un benzopirilio (A) y un grupo fenólico (B), ambos unidos por una unidad de tres carbonos, tal como se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Estructura de la antocianina

**Fuente:** (Chatham 2019)

Las diferencias entre las antocianinas varían en el número y posición de los grupos hidroxilos, metoxilo, naturaleza y número de azúcares unidos a la molécula (Chatham *et al.* 2019), cuyas principales diferencias ocurren en la posición 3' y 5' del anillo B producen 6 antocianidinas, tras su análisis usando cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (HPLC-DAD-ESI-MS/MS), encontré

como fragmento principal a la cianidina-3-glucosido con un 45.8%, seguido de la cianidina-3-O-(6-malonilglucosido) con un 40.1% de abundancia relativa.

### **2.3.1. Aspectos relacionados con la antocianina**

De acuerdo a Lock (1997), da a conocer que la palabra antocianina deriva del griego Antho "flor" y cyanin "azul", las cuales fueron utilizados para distinguir los colores antociánicos de las flores, como el púrpura, violeta y todos los colores como el púrpura, rosáceo, que florecen en diversas flores, frutos, hojas y raíces de plantas lo que correspondería a la presencia de pigmentos químicamente similares a las antocianinas; el maíz morado es un alimento que posee un pigmento colorante que se viene utilizando desde el inicio de épocas hereditarias, y muestra pigmentos antociánicos como la cianidina-3- $\beta$ -glucósido, pelargonidina-3-glucósido, y peonidina-3-O-glucósido.

Quispe (2010), agrega que los pigmentos antociánicos son colorantes naturales que pertenecen a la familia de los flavonoides, y que están largamente distribuidos entre los frutos (en las bayas), las flores y los vegetales, siendo su característica principal el color azul, rojo y morado respectivamente.

Por su parte Fukamachi *et al* (2008) afirma que el maíz negro se caracteriza por su alto contenido de antocianinas.

Sánchez (2013), señala que los pigmento antocianinas están dentro del grupo de los: flavonoides y por lo tanto poseen un esqueleto denominado C6 - C3 - C6 característico de los flavonoides.

### **2.3.2. Método cromatográfico de (HPLC) en la extracción de antocianina.**

Es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla. Consiste en una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil. La fase móvil actúa de portador de la muestra. La muestra en solución es inyectada en la fase móvil. Los componentes de la solución emigran de acuerdo a las interacciones no-covalentes de los compuestos con la columna. Estas interacciones químicas, determinan la separación de los contenidos en la muestra. La utilización de los diferentes detectores dependerá de la naturaleza de los compuestos a determinar.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del experimento

El presente estudio se llevó a cabo en cuatro parcelas de los productores de maíz morado, en los caseríos de Montoya (La Huerta), Sunchupampa (La Chilca), Sunchupampa (La Cochalla) y Llanupacha (El Cementerio); ubicados en un cuadrante aproximado de S 7°21' a S 7°22'12"y W 78°09' a W 78°06'36", entre 2388 y 3135 m.s.n.m. Pertenecientes a la jurisdicción de Ichocán, en la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, en Perú.

Las parcelas en estudio están ubicadas en distintas altitudes (**Tabla 2**).

##### 3.1.1. Ubicación geográfica

<b>Departamento</b>	:	Cajamarca
<b>Provincia</b>	:	San Marcos
<b>Distrito</b>	:	Ichocán
<b>Región geográfica:</b>		Sierra

**Tabla 2.** Georreferenciación de las seis localidades en estudio

Propietario	Caserío	Parcela	Altitud	Coordenadas	
			m.s.n.m	UTM	
Juan Alvarez	Montoya	La Huerta	2388	815762	9186820
Marcos Burgos	Sunchupampa	La Chilca	2490	816893	9186122
José Rojas	Sunchupampa	La Cochalla	2544	918501	9185632
Pedro Sanchez	Llanupacha	El Cementerio	3135	819657	9183244

**Fuente:** Georreferenciación propia

### 3.2. Condiciones climáticas durante la campaña del cultivo

En la tabla 03, se describen los valores de temperatura, precipitación y humedad relativa correspondientes al periodo en el que se llevó a cabo el estudio en campo.

Los datos indican que se tuvo una temperatura y humedad relativa adecuada para el cultivo, en cambio la precipitación ha sido baja.

**Tabla 3.** Datos meteorológicos recogidos durante la campaña del cultivo

AÑO	MES	TEMPERATURA			PP (mm)	HR (%)
		°C				
		Max	Min	Media		
2018	Diciembre	25.6	10.1	18.0	2.9	69
2019	Enero	26.3	11.9	18.9	1.5	69
2019	Febrero	25.8	13.8	18.8	5.3	76
2019	Marzo	24.7	13.1	18.1	9.8	69
2019	Abril	25.8	11.4	18.1	2.7	75
2019	Mayo	26.2	9.8	17.1	0.6	73
2019	Junio	24.9	8.2	17.0	0.0	64
<b>Promedio</b>		<b>25.6</b>	<b>11.2</b>	<b>18.0</b>	<b>3.3</b>	<b>70.7</b>

**Fuente:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Las condiciones climáticas durante el periodo de cultivo fueron: temperatura máxima 25.6 °C, temperatura mínima 11.2 °C y la temperatura media 18.0 °C respectivamente y con una precipitación de 3.3 mm en promedio y la humedad relativa fue de 70.7 % en promedio.

### 3.3. Análisis físico - químico del suelo

Las características físicas - químicas del suelo se determinaron en el Laboratorio de Análisis de suelo de la EEA - INIA, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4.** Resultados del análisis físico - químico de las muestras de suelo de los cuatro ámbitos en estudio.

Localidad	Altitud (m)	Determinación				Recomendación		
		P (ppm)	K (ppm)	pH	M.O. (%)	N	P	K
Montoya	2388	6.62	340	7.2	2.1	110	60	40
Sunchupampa	2490	1.42	345	7.3	2.35	110	65	40
Sunchupampa	2544	1.42	345	7.3	2.35	110	65	40
Llanupacha	3135	10.02	345	7.3	2.63	110	50	40

**Fuente:** Laboratorio de Suelos - Estación Experimental Agraria. INIA.

Estos resultados del laboratorio de suelos son los siguientes:

- **En el caserío de Montoya (La Huerta):** presenta una cantidad de Fósforo (P) bajo, potasio (K) medio, muestra un pH (neutro) y un porcentaje de materia orgánica (M.O) es media.
- **En el caserío de Sunchupampa (La Chilca):** presenta una cantidad de Fósforo (P) muy bajo, potasio (K) medio, muestra un pH (ligeramente alcalino) y un porcentaje de materia orgánica (M.O) es media.
- **En el caserío de Sunchupampa (La Cochalla):** presenta una cantidad de Fósforo (P) muy bajo, potasio (K) medio, muestra un pH (ligeramente alcalino) y un porcentaje de materia orgánica (M.O) es media.
- **En el caserío de Llanupacha (El Cementerio):** presenta una cantidad de Fósforo (P) medio, potasio (K) medio, muestra un pH (extremadamente alcalino) y un porcentaje de materia orgánica (M.O) es media.

### 3.5. Materiales

#### 3.5.1. Material biológico

Se utilizó semilla de seis variedades mejoradas de maíz morado legitimadas, procedentes de la Estación Experimental Agraria - INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria) - Baños del Inca - Cajamarca.

**Tabla 5.** Variedades de maíz morado que se emplearon en la labor de investigación.

Clase	Variedad
1	INIA 601
2	CANTEÑO
3	MORADO MEJORADO (MM)
4	UNC 47
5	INIA 615
6	PM 581

Descripción de las variedades utilizadas en la labor de investigación:

##### 3.5.1.1. INIA-601 (Negro Cajamarca)

De acuerdo con Abanto *et al.* (2014), menciona que esta variedad ha sido desarrollada en 1990 por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Perú en la Estación Experimental Baños del Inca y formado por 108 progenies de la variedad “Morado de Caraz” y 148 progenies de la variedad local “Negro de Parubamba”. Se ha

probado su adaptación en la sierra norte del Perú (Cajamarca, La Libertad y Piura) a altitudes entre 2490 y 3175 m de altitud.

#### **3.5.1.2. Canteño**

Es una variedad precoz, derivada de la raza Cusco que se cultiva en las partes altas del valle del río Chillón en el departamento de Lima, entre 1800 y 2500 m de altitud.

#### **3.5.1.3. PMV-581**

Es una variedad mejorado por la Universidad Nacional Agraria La Molina a partir de la variedad Morado de Caraz, se adapta a la costa y sierra baja y hasta los 2500 m.s.n.m.

#### **3.5.1.1. Morado mejorado (MM)**

Es una variedad mejorada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), sintético derivado de INIA-601 y que viene siendo seleccionado por el INIA en la Estación Experimental de Baños del Inca utilizando selección de progenies S<sub>1</sub>.

#### **3.5.1.2. INIA-615 (Negro Canaán)**

INIA (2007) fue desarrollada en la Estación Experimental Canaán, Ayacucho, a partir de 36 colecciones de cultivares locales de la raza Kcully colectadas en 1990 en las provincias de Huanta (22), Huamanga (8) y San Miguel (6) del departamento de Ayacucho, Perú.

#### **3.5.1.3. UNC-47**

Derivada de INIA 601 y mejorado por la Universidad Nacional de Cajamarca - Perú utilizando selección recurrente de medios hermanos.

### **3.5.2. Materiales de campo**

- Aceite vegetal para eliminar al gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*).
- Etiquetas.
- Carpa.
- Maquina picadora
- Balanza.
- Bolsas de carton.
- Baldes.

- Wincha.
- Rafia.
- Letreros armados.
- Cámara fotográfica

### **3.5.3. Materiales de laboratorio**

- Agitador magnético.
- Balanza analítica digital.
- Cocina magnética.
- Cuchara medidora.
- Espectrofotómetro.
- Fiola de 100 mL.
- Hidroácido (850 ml de alcohol de 96 % + 150 ml de ácido clorhídrico al 2 %).
- Imán.
- Matraz.
- Papel aluminio.
- Pipeta de 5 mL.
- Probeta graduada.
- Termómetro digital adaptado al Agitador magnético.
- Vaso de precipitaciones de 250 mL.

### **3.5.4. Materiales utilizados en la obtención de antocianina**

- Tusa (coronta) y panca (bráctea) molida de las seis variedades de maíz morado.
- Solución de etanol - ácido clorhídrico al 2 %.
- Agua desionizada.

## **3.6. Metodología**

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de diciembre de 2018 y junio del 2019, para ello se utilizaron 6 variedades de maíz morado: INIA-601, Canteño, Morado mejorado (MM), INIA-615, UNC-47 de la Universidad Nacional de Cajamarca y PMV 581 variedad de la Universidad Nacional Agraria La Molina, estudiando de este modo cada una de estas variedades para estimar la producción de antocianinas presentes en cada variedad, para la evaluación de los pigmentos antocianínicos se manejó el procedimiento mediante el método Fulekis Francis descrito por Medina *et al.* (2020) y caracterizado mediante el método

cromatográfico de HPLC (High Performance Liquid Chromatography) que en español significa Cromatografía líquida de alta resolución.

### 3.6.1. Diseño experimental

Se trabajó con el diseño experimental de Bloques Completos al azar (DEBCA) empleando una densidad de siembra de 50 000 plantas ha<sup>-1</sup> sembrando cuatro surcos establecidos a 0.80 metros entre surcos y 0.50 metros entre golpe y se colocaron 2 semillas por golpe con cuatro repeticiones, cada surco tiene 5 metros de largo y la evaluación se realizó en los dos surcos centrales, llevándose a cabo en la campaña agrícola entre diciembre del 2018 hasta junio del 2019, donde se evaluaron seis variedades de maíz morado, INIA-601, Canteño, Morado Mejorado (MM), UNC-47, INIA-615 y la variedad PM-581.

### 3.6.2. Características del diseño experimental

El experimento se manejó a través del Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), teniendo en cuenta los rasgos en las 4 localidades y 6 variedades (4L x 6V) y 4 repeticiones por cada localidad, las mismas que se muestran a continuación en la tabla 6.

**Tabla 6.** Características del diseño experimental.

<b>Datos</b>	<b>Cantidad</b>
Localidades	4
Variedades	6
Repeticiones	4
Espacios entre tratamientos	1,0 m
Número de espacios	3
Longitud de surcos	5,5 m.
Distancia entre surcos	0,80 m.
Distancia entre plantas	0.60 m
Surcos por cada unidad experimental	16
Golpes por surco	11
Numero de golpes por unidad experimental	176
Superficie de cada unidad experimental	60 m <sup>2</sup>
Superficie total del experimento	448 m <sup>2</sup>

### 3.6.3. Croquis del experimento

En el campo experimental se tuvo las siguientes características de la investigación figura 4.

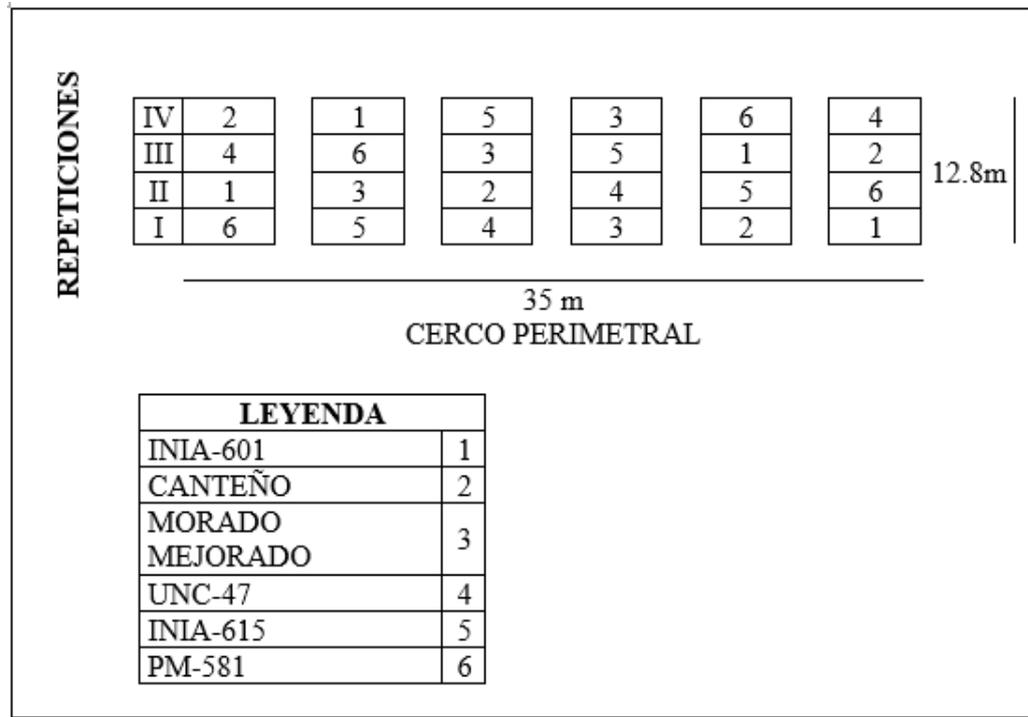


Figura 3. Croquis del trabajo de investigación

### 3.6.3. Manejo de las parcelas en campo

#### 3.6.3.1. Preparación del terreno

La preparación de terreno se realizó con la ayuda de los productores del lugar del experimento, utilizando yunta. Primero se realizó la arada de la parcela luego un cruce para dejar mullido el suelo, el surcado se realizó con arado y yunta.

#### 3.6.3.2. División de las parcelas

Se realizó basándose en el croquis de la investigación, primero la separación de los bloques por cada parcela experimental, de esa manera señalando con ramas y rafia.

#### 3.6.3.3. La siembra

Se ejecutó tomando las medidas adecuadas de 0.80 m entre surcos, y 0.50 m entre plantas, y depositando dos granos de semilla por planta a una hondura aproximada de unos 3 a 4 cm, usando utensilios manuales.

La semilla certificada fue proporcionada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Baños del Inca - Cajamarca.

#### **3.6.3.4. Deseje**

Se realizó cuando las plantas presentaban de 3 a 4 hojas y un tamaño adecuado para realizar el deshierbo, dejando una planta por golpe; retirando las plantas que demoraron en germinar o presentan otras dificultades de crecimiento, dejando la parcela con plantas uniformes.

#### **3.6.3.5. Deshierbo**

El deshierbo se realizó a tiempo teniendo en cuenta el ataque de las malezas al cultivo y la lucha por la absorción de nutrientes del suelo con el cultivo, se utilizó una herramienta agrícola (lampa).

#### **3.6.2.6. Aporque.**

Se realizó cuando las plantas presentaban de 6 a 8 hojas, utilizando una herramienta agrícola denominada lampa, sacando tierra de los camellones, es muy importante para evitar el acame de las plantas.

#### **3.6.2.7. Control Fitosanitario**

Se ejecutó en el período adecuado del cultivo realizando evaluaciones permanentes en cada parcela experimental, para controlar el gusano mazorquero se realizó la aplicación de 3 gotas de aceite vegetal en la panoja o conjunto de “barbas” de la mazorca.

#### **3.6.2.8. Cosecha**

Se realizó de acuerdo a las observaciones técnicas en campo, a partir de los 160 y 191 días después de la siembra, cuando el maíz empezó a secarse las hojas y una humedad aproximada del 30 %, se procedió a desprender las mazorcas, despancar (separación de brácteas) las mazorcas, usando bolsas de cartón para almacenar la producción.

### **3.7. Evaluación de variables en pre cosecha.**

#### **3.7.1. Cantidad de plantas**

Al instante de la recolección del cultivo se realizó el registro total de plantas en cada parcela del experimento.

#### **3.7.2. Floración femenina**

Se evaluó en los dos surcos centrales de cada tratamiento, seleccionando aleatoriamente diez plantas para evaluar la floración femenina al 50 % y determinar los días transcurridos desde la fecha de siembra.

### 3.7.2. Floración masculina

INIA (2007) menciona que se debe evaluar teniendo en cuenta los 2 surcos medios por tratamiento, contando los días pasados a partir del sembrado y cuando presenten un 50 % de polinización todas las plantas.

### 3.7.3. Medición de altura de planta

La medida de altura de planta se realizó en centímetros, de 10 plantas al azar de la parcela por tratamiento en los 2 surcos centrales en todas las parcelas experimentales teniendo en cuenta desde el cuello hasta el nudo de la hoja bandera.

### 3.7.4. Altura de mazorca

Se tomó 10 plantas al azar de cada parcela por tratamiento, de los 4 surcos centrales, midiendo en cm desde el cuello de la planta hasta la mazorca que se encuentra más alta.

### 3.7.5. Precocidad según las localidades (Altitudes)

La precocidad se determinó sumando los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta la fecha de cosecha, la misma que esta detallada en la tabla 7.

**Tabla 7.** Cálculo de la precocidad por localidades

Localidad	Altitud	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Precocidad (Días)
Loc - 1	2388 msnm	14/11/2018	25/04/2019	162
Loc - 2	2490 msnm	07/11/2018	16/04/2019	160
Loc - 3	2544 msnm	14/11/2018	02/05/2019	169
Loc - 4	3135 msnm	05/11/2018	15/05/2019	191

Donde se observa que en la localidad-2 Sunchupampa “La Cochalla” se cosecho en 160 días y en la localidad-4, Llanupacha “El Cementerio” se cosecho en 191 días, esto quiere decir que la cosecha se realizó en un promedio de 170 días.

### 3.8. Datos tomados al momento de la cosecha

#### 3.8.1. Peso de mazorcas

Según INIA (2007), recomienda escoger las mazorcas de los cuatro surcos medios, realizar el peso en fresco de la recolección, que seguidamente se determinará la productividad corrigiendo al 14 % de humedad correspondientemente.

#### 3.8.2. Grados de pudrición

Estudios de CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) señalan que para calcular la pudrición se debe escoger las mazorcas de los cuatro surcos medios y ordenarlos de menor pudrición hasta las de mayor pudrición, contar el total de mazorcas y considerar la escala de evaluación que está compuesta por niveles de pudrición desde el 1 hasta el 6.

**Tabla 8.** Escala de evaluación del grado de pudrición de las mazorcas

PORCENTAJE DE		
GRADO	PUDRICIÓN (%)	PROMEDIO
1	Mazorcas sanas	0
2	1 - 10	5.5
3	11 - 25	18
4	26 - 50	38
5	51 - 75	63
6	76 - 100	88

Se interpreta de la manera siguiente:

- 1, pertenece al total de mazorcas sanas.
- 2, a mazorcas con 1 al 10 % de pudrición.
- 3, mazorcas con 11 al 25 % de pudrición.
- 4, mazorcas con 26 al 50 % de pudrición.
- 5, mazorcas con 51 al 75 % de pudrición.
- 6, mazorcas con 76 al 100 % de pudrición.

Este estudio realizado por CIMMYT (1996), nos permitirá efectuar los datos de pudrición, siendo la siguiente:

$$PPP = [\Sigma (G1 \times 5.5 \dots G6 \times 88) / \Sigma (G1 \dots G6)]$$

(PPP), es el promedio ponderado de pudrición.

### 3.8.2. Determinación del porcentaje de humedad

Por cada área en estudio se seleccionó 10 mazorcas de las mismas que se desgrano dos hileras, de tal manera se pesó 100 gramos y se ubicó en bolsas de papel, etiquetadas para ser colocadas en estufa a unos 105 °C por un tiempo de 24 h, luego calcular: 100 g de la muestra humedad - peso adquirido luego de 24 h = porcentaje de humedad.

### 3.9. Esquema utilizado en el experimento

Vásquez (2014) señala que se debe realizar a través de bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones en cada una de las parcelas, empleando el patrón estadístico lineal, cual se indica a continuación.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 6$  variedades

$j = 1, 2, \dots, 4$  bloques

**Donde:**

$y_{ij}$  = Valor observado en la  $j$  – esima repetición del  $i$  – esima población.

$\mu$  = el verdadero efecto medio

$\tau_i$  = el verdadero efecto  $i$  – esima población.

$\beta_j$  = el verdadero efecto de la  $j$  – esima población.

$\varepsilon_{ij}$  = el verdadero efecto de la unidad experimental en  $j$  –esimo bloque que está sujeto del  $i$  – esimo población (error experimental).

### 3.9.2. Productores de la jurisdicción de Ichocán en diferentes niveles altitudinales.

Lista de los productores de maíz morado y altitudes de cada caserío de la presente investigación.

**Tabla 9.** Localidades y variedades en estudio.

<b>Agricultor</b>	<b>Altitud</b>	<b>Caserío</b>	<b>Variedad</b>
Juan Bernabé	2388	Montoya	INIA-601, Canteño, MM, INIA-
Álvarez Cruzado	msnm	“La huerta”	615, UNC-47, PM-581
Marcos Burgos	2490	Sunchupampa	INIA-601, Canteño, MM, INIA-
Urbina	msnm	“La Chilca”	615, UNC-47, PM-581
José Nolberto Rojas	2544	Sunchupampa	INIA-601, Canteño, MM, INIA-
Muñoz	msnm	“La Cochalla”	615, UNC-47, PM-581
Pedro Celestino	3135	Llanupacha	INIA-601, Canteño, MM, INIA-
Sánchez Cotrina	msnm	“El cementerio”	615, UNC-47, PM-581

### 3.10. Método de extracción de antocianinas

Se eligieron aleatoriamente diez plantas por tratamiento para determinar el porcentaje de antocianinas en las brácteas, se midió mediante el método Fulekis Francis descrito Medina *et al.* (2020) y caracterizado mediante el método cromatográfico de HPLC (High Performance Liquid Chromatography), los cuales se describen a continuación.

#### 3.10.1. Pasos para la obtención de antocianinas.

- a. Pesamos 0.40 g de muestra de bráctea molida en una balanza analítica digital, luego se procede a tarar el vaso de precipitación de 250 ml y posteriormente pesamos la materia prima (muestra) y anotamos, luego colocamos 100 ml de hidróácido (HCl + Alcohol al 96 %), pesamos y anotamos el peso total (materia prima + hidróácido).
- b. Con la ayuda de papel aluminio tapamos el vaso de precipitación con la muestra para evitar que se pierda el alcohol por evaporación, luego colocamos un pequeño imán en la muestra con la finalidad que haya una mezcla homogénea y seguidamente ubicamos en el agitador magnético calibrado a trescientas revoluciones por minuto, el agitador magnético presenta un termómetro digital que debemos poner a una temperatura de 60 °C y dejar durante dos horas.
- c. Retiramos el vaso de precipitación del agitador magnético y retiramos el imán, agregamos hidróácido según los datos de la pesada inicial (materia prima + hidróácido), cubrimos con papel aluminio,

mezclamos la muestra y dejamos enfriar en reposo durante treinta minutos.

- d. Después de 30 minutos extraemos 5 ml de solución con la ayuda de una pipeta y depositamos en la fiola con capacidad para 100 ml, inmediatamente agregamos hidroácido para llenar la fiola de 100 ml, posteriormente taponamos y combinamos para lograr una muestra pareja, después trasladamos hacia el espectrofotómetro adaptado a 535 nm de longitud de onda, con una celda de longitud de paso de 1 cm, con ello se obtiene el resultado de absorbancia.
- e. Luego calculamos el porcentaje (%) de antocianina por cada muestra pasada por los pasos anteriores, siendo la siguiente formula:

$$\% \text{ Antocianinas} = \frac{\text{Abs (535)} * 2000}{982 * P (g)}$$

**Donde:**

**Absorbancia (Abs) 535** es la longitud de onda absorbida durante su paso por el espectrofotómetro.

**2000**, es igual a una constante de la formula.

**982**, es igual a una constante de la formula.

**P (g)**, es peso inicial de la materia prima + hidroácido medido en gramos.

- f. Determinar la mejor variedad con más alto porcentaje de antocianinas en brácteas y corontas, midiendo porcentaje de las cuatro localidades y de las seis variedades.

### 3.10.2. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) por localidad y a través de variedades, de todas las características evaluadas, la concentración de antocianinas en brácteas, de acuerdo con el diseño de bloques completos aleatorizados utilizando el software JMP Pro (v.10, SAS Institute Inc., EE.UU.). Para identificar las diferencias significativas entre los promedios se empleó la prueba de rango múltiple de Tukey (valor-p  $\alpha = 0.05$ ). El nivel de significancia se definió en 0,05.

### **3.10.3. Manejo del Software SAS**

Vásquez (2014), el Software es importante para la obtención de los resultados estadísticos, resultados de varianzas, para las pruebas de homogeneidad de varianzas, prueba de medias, para realizar el análisis estadístico individual, análisis estadístico combinado, igualmente para las pruebas de rango múltiple o Tukey.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la campaña del cultivo el experimento se condujo en situaciones adecuadas; de tal manera que se pudo realizar las evaluaciones de la forma prevista en el proyecto; obteniendo los resultados que se muestran en las tablas del anexo 1.

El análisis de varianza de los resultados de antocianina en porcentaje (%) y en  $\text{kg ha}^{-1}$ , comprende dos análisis de varianza. El primero del contenido de antocianinas en porcentaje y el segundo para el contenido de antocianinas en  $\text{kg ha}^{-1}$ . Este análisis es necesario para poder determinar si hay o no diferencias significativas con respecto a las localidades o ambientes. En ambos casos se empleó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5 % para determinar los mejores resultados.

#### **4.1. Análisis de varianza (ANVA) del contenido (%) de antocianinas en brácteas.**

El porcentaje obtenido de antocianinas en las brácteas del maíz morado se exhiben en la tabla 14 de los anexos.

El análisis de varianza (ANVA) indica que hay significación estadística al 1 % de probabilidades para las variedades indicando que hay diferencias en el contenido de antocianinas entre las diferentes variedades.

En la Tabla 10 podemos apreciar que se halla una alta significación estadística para las variedades, debido a que el F calculado destaca al F tabular en los 0,05 y 0,01 de probabilidades, F calculada supera a los F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 proporcionalmente, de la cual se deduce que las variedades de maíz morado se distinguen por la cantidad de antocianinas presentes en las brácteas.

La variación de los resultados se debe a un alto porcentaje del coeficiente de variación que es de ( $\text{CV} = 34.64 \%$ ) el mismo que se atribuye a la calidad de las brácteas empleadas para la evaluación y los efectos de las localidades.

**Tabla 10.** Análisis de varianza (ANVA) del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F C</b>	<b>F T Valor-p</b>
<b>Bloque</b>	3	0.46	0.15	0.53 NS	0.6435
<b>Variedades (G)</b>	5	4.9	0.98	3.66 **	0.0229
<b>Error</b>	15	4.01	0.27		
<b>Total</b>	23	9.36			

$$R^2 = 0.57$$

$$CV = 34.64\%$$

$$\bar{X} \dots = 2.63\%$$

NS: no significativo    \*\*: Alta significación estadística

Esto sugiere que hay diferencias reales en el contenido de antocianinas entre los seis cultivares de maíz morado evaluadas en cuatro ambientes. El coeficiente de determinación  $R^2 = 0,57$  revela que el 57 % del contenido de antocianinas en las brácteas se deben al efecto de los cultivares.

El rendimiento promedio de las antocianinas en las brácteas (tabla 14) del anexo 1, nos indica que la variedad con mejor porcentaje de antocianinas es la variedad INIA-601 con una cantidad de 5.51 %, seguido por UNC-47 con 2.73 %, INIA-615 con 2.59 %, Morado Mejorado con 2.40 %, PM 581 con 1.32 % y Canteño con 1.26 % respectivamente, esto muestra que este resultado fue muy superior al estudiado por Piña (2018), el cual obtuvo un porcentaje de 2.93 % para la variedad INIA-601, para la variedad UNC-47 es de 2.39 %, Morado mejorado es de 2 %, INIA-615 es de 0.33 %, PM-581 es de 0.17 % y para Canteño es de 0.15 %, esto demuestra que estos resultados son inferiores a los encontrados en esta investigación, la cual fue realizada por el mismo diseño experimental.

Además en esta investigación se obtuvo los mejores resultados en la variedad INIA-601 que alcanzo un promedio de 5.51 % en las cuatro localidades.

Por otro lado, Valera (2019) encontró que la bráctea de la variedad INIA-601 contiene 2.38 % de antocianinas, UNC-47, morado mejorado e INIA-615 obtuvieron 1.41, 1.3 y 0.88 % de antocianinas respectivamente, y la variedad PM-581 obtuvo el 0.32 % de antocianinas siendo este resultado el menor, lo cual demuestra que estos resultados son

inferiores a los de la presente investigación donde se obtuvo en la variedad INIA-601 5.51 % de antocianina.

**Tabla 11.** Prueba Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento promedio en (%) de antocianinas en brácteas de 6 variedades y 4 localidades.

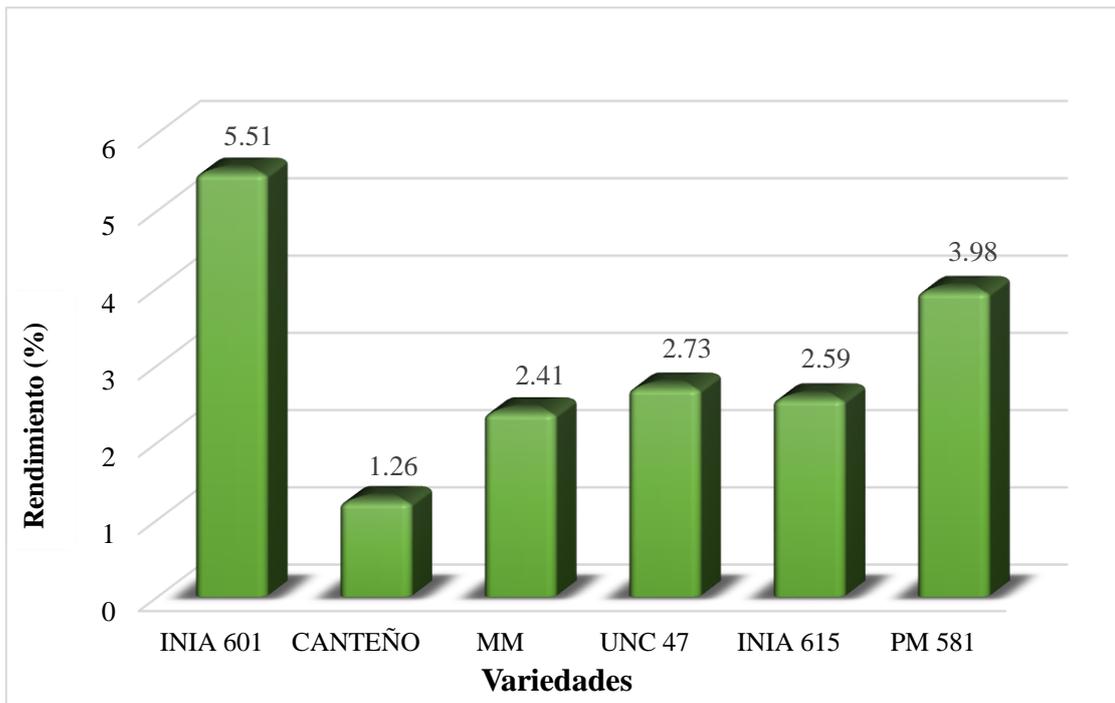
<b>Brácteas</b>			
<b>Variedades</b>	<b>Promedio (%)</b>	<b>Localidades</b>	<b>Promedio (%)</b>
INIA 601	5.51 a	Loc-4	3.12
UNC 47	2.73 b	Loc-2	2.68
INIA 615	2.59 b	Loc-3	2.64
MM	2.40 b	Loc-1	2.10
PM581	1.32 c		
CANTEÑO	1.26 c		

Estos resultados son superiores a los reportados por Rabanal y Medina (2020), quienes con las mismas razas o variedades encontraron valores de 0.63 % a 3.18 % inferiores a los encontrados en el presente experimento cuyos valores oscilan desde 1.26 hasta 5.51 % respectivamente.

La prueba de Tukey (valor-p <  $\alpha=0,05$ ) indica que la variedad INIA-601 supera estadísticamente a las cinco variedades restantes. No hay diferencias estadísticas entre las variedades UNC-47, INIA-615 y Morado mejorado cuyos promedios fluctúan entre 2,40 a 2,73 %. Las variedades PM-581 y Canteño ocuparon los últimos lugares con 1,32 y 1,26 %, siendo estadísticamente semejantes.

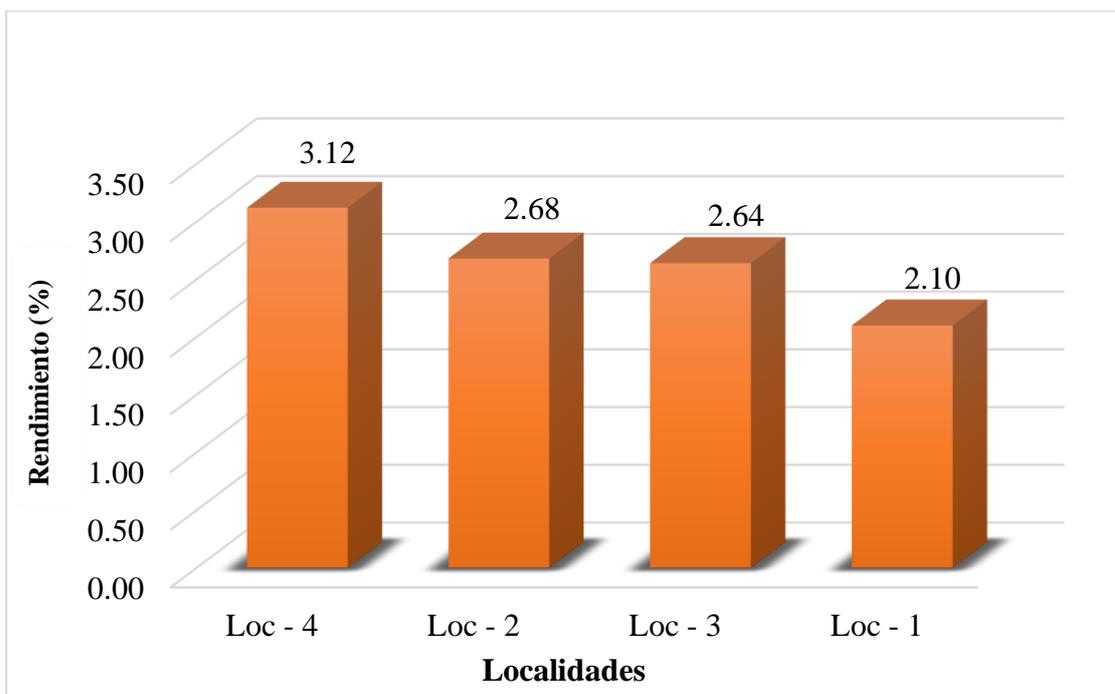
En lo referente a las localidades no hubo diferencias significativas; sin embargo en la localidad - 4 se obtuvo un mayor contenido de brácteas con 3,12 % respecto a las tres localidades restantes cuyos promedios variaron entre 2,10 a 2,68 % respectivamente.

En la figura 4, se muestra el rendimiento de antocianinas en brácteas indicadas en porcentaje.



**Figura 4.** Rendimiento en (%) del contenido de antocianina en brácteas.

En la figura 5, podemos observar la variación en el contenido de antocianinas en las brácteas de las cuatro parcelas o localidades (bloques) lo cual indica que se debe al efecto de los ambientes en la variable antocianina de las seis variedades de maíz morado evaluados en la presente investigación.



**Figura 5.** Contenido de antocianina de 6 variedades en 4 localidades

En la figura 5 tenemos el contenido de antocianinas de las seis variedades de maíz morado en las cuatro localidades experimentales, la cual nos indica que en la localidad - 4 se obtuvo el mayor rendimiento de pigmentos antociánicos con 3.12 %, seguido de la localidad - 2 con un rendimiento de 2.68 %, asimismo la localidad - 3 con un rendimiento de 2.64 % y por último en la localidad - 1 se obtuvo el menor rendimiento con una cantidad de 2.10 % respectivamente.

#### **4.2. Análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de antocianinas en kg ha<sup>-1</sup>**

El rendimiento de antocianinas de la bráctea del maíz morado en kg/ha<sup>-1</sup> se exhiben en la tabla 15 de los anexos.

Medina *et al.* (2020) menciona que se ha calculado que por 5000 kg ha<sup>-1</sup> de mazorca comercial de la variedad INIA 601, se pueden producir hasta 200 kg de brácteas secas y picadas con contenido de antocianinas de 3,18 %, que es la forma como se comercializan estos productos.

Hay significación estadística al 1 % de probabilidades para las variedades indicando que hay diferencias en el contenido de antocianinas entre las diferentes variedades.

En La Tabla 12 podemos apreciar que se halla una alta significación estadística para las variedades, debido a que el factor calculado destaca al factor tabular en los 0,05 y 0,01 de probabilidades, F calculada supera a los F tabulares a los niveles 0,05 y 0,01 proporcionalmente, de la cual se deduce que las variedades de maíz morado se distinguen por la cantidad de antocianinas presentes en las brácteas.

La variación de los resultados se debe a un alto porcentaje del coeficiente de variación que es de (CV = 35.54 %) el mismo que se atribuye a la calidad de las brácteas empleadas para la evaluación.

**Tabla 12.** Análisis de varianza (ANVA) del contenido de antocianinas en kg ha<sup>-1</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F C	FT Valor-p
<b>Bloque</b>	3	17.19	5.73	0.71 NS	0.5589
<b>Variedades (G)</b>	5	210.79	42.16	5.25 **	0.0055
<b>Error</b>	15	120.44	8.03		
<b>Total</b>	23	348.42			

$$R^2 = 0.65$$

$$CV = 35.54\%$$

NS: no significativo      \*\*: Alta significación estadística

Esto sugiere que hay diferencias reales en el contenido de antocianinas entre los seis cultivares de maíz morado evaluadas en cuatro ambientes. El coeficiente de determinación  $R^2 = 0,65$  revela que el 65 % del contenido de antocianinas en las brácteas se deben al efecto de los cultivares.

El rendimiento promedio de antocianinas en kg ha<sup>-1</sup> en las brácteas (tabla 13), nos indica que la variedad con mejor producción de antocianinas es la variedad INIA-601 con 11.33 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de las variedades UNC-47 con 5.41 kg ha<sup>-1</sup>, INIIA-615 con 5.08 kg ha<sup>-1</sup>, MM con 4.61 kg ha<sup>-1</sup>, Canteño con 2.54 kg ha<sup>-1</sup>, PPM-581 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente.

**Tabla 13.** Prueba Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento promedio en kg ha<sup>-1</sup> de antocianinas en brácteas de 6 variedades y 4 localidades.

<b>Brácteas</b>			
Variedades	Promedio (kg/ha <sup>-1</sup> )	Localidades	Promedio (kg/ha <sup>-1</sup> )
INIA 601	11.33 a	Loc-4	6.48
UNC 47	5.41 a b	Loc-3	5.28
INIA 615	5.09 a b	Loc-2	5.08
MM	4.61 b	Loc-1	4.10
PM581	2.54 b		
CANTEÑO	2.43 b		

Estos resultados no cuentan con antecedentes calculados en  $\text{kg ha}^{-1}$  por lo tanto en la presente investigación los valores oscilan desde 2.43 hasta  $11.33 \text{ kg ha}^{-1}$  de antocianinas en brácteas respectivamente.

Realizado la prueba de Tukey ( $\text{valor-p} < \alpha=0,05$ ) nos indica que la variedad INIA-601 supera estadísticamente a las variedades MM, Canteño y PM-581.

No hay diferencias estadísticas entre las variedades UNC-47, INIA-615, MM, Canteño, PM-581. Además, las variedades PM-581 y Canteño ocuparon los últimos lugares con  $2.43$  y  $2.54 \text{ kg ha}^{-1}$ .

En lo referente a las localidades no hubo diferencias significativas; sin embargo, en la Localidad - 4 se obtuvo un mayor rendimiento de antocianinas con  $6.48 \text{ kg ha}^{-1}$  respecto a las tres localidades restantes cuyos promedios variaron entre  $4,10$  a  $5.28 \text{ kg ha}^{-1}$  respectivamente.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

1. El contenido de antocianinas en las brácteas de las variedades estudiadas fue el siguiente: INIA 601 7.34 % en Llanupacha a 3135 m de altitud, UNC-47 con 3.84 % en Llanupacha a 3135 m de altitud, Morado Mejorado 3.48 % en Montoya a 2388 m de altitud, INIA-615 3.34 % en Llanupacha a 3135 m de altitud y Canteño 3.26 % en Sunchupampa a 2544 m de altitud.
2. El contenido de antocianinas del maíz morado de acuerdo a la altitud fue el siguiente: Localidad 1 (Montoya 2388 msnm) 2.10 %, Localidad 2 (Sunchupampa 2490 msnm) 2.68 %, Localidad 3 (Sunchupampa 2544 msnm) 2.64 % y Localidad 4 (Llanupacha 3134 msnm) 3.12 %.
3. El contenido de antocianinas en brácteas en  $\text{kg ha}^{-1}$  ocupa el primer lugar la variedad INIA-601 con un promedio general de  $11.33 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido de UNC-47, INIA-615, MM, PM-581 y Canteño con 5.41, 5.09, 4.61, 2.64 y  $2.43 \text{ kg ha}^{-1}$ .

#### 5.2. Recomendaciones

1. Se recomienda sembrar las variedades INIA-601 y UNC-47 por su alto porcentaje en la concentración de antocianinas
2. Desarrollar tecnologías de secado de mazorcas a nivel de la chacra, con el fin de obtener un producto de excelente calidad y cantidad de pigmento.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, W; Medina, A; Injante, P. 2014. Boletín Informativo INIA, maíz INIA-601. Programa Nacional de Innovación Agraria en maíz. EEA baños del Inca Cajamarca.
- Agrodata Perú. 2020. Maíz Morado Perú Exportación 2019 - Agrodata Perú. Perú.
- Aguilera, M.; Reza, M.; Chew, R.; Meza, J. 2011. Propiedades funcionales de las antocianinas. Revista de ciencias biológicas y de la salud. 22 p.
- Arroyo, J; Saez, E; Rodríguez, M; Chumpitaz, V; Burga, J; de la Cruz, W; Valencia, J. 2010. Reducción del colesterol y aumento de la capacidad antioxidante por el consumo crónico de maíz morado (*Zea mays* L.) en ratas hipercolesterolémicas. Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Publica. 162 p.
- Atmani, D; Ruiz, M; Ruiz, J; Lizcano, L; Bakkali, F. 2011. Antioxidant potential, cytotoxic activity and phenolic content of Clematis flammula leaf extracts. J. Med. Plants Res. 598 p.
- Castañeda, A; Guerrero, J. 2015. Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. Tsia. 33 p.
- Ccaccya, A; Soberón, M; Arnao, I. 2019. Estudio comparativo del contenido de compuestos bioactivos y cianidina-3-glucósido del maíz morado (*Zea mays* L.) de tres regiones del Perú. Rev. Soc. Quím. Perú. Disponible en: <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.78>.
- Collazos, C. 1962. Composición de Alimentos Peruanos. 3ra Edición. Lima - Perú. 37 p.

- Cristianini, M; Guillén, J. 2020. Extraction of bioactive compounds from purple corn using emerging technologies: A review. *J. Food Sci.* 862 - 869. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15074>.
- Chatham, L; Paulsmeyer, M; Jovic, J. 2019. Prospects for economical natural colorants: Insights from maize. *Theor. Appl. Genet.* 132: 2927-2946. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03414-0>.
- FAO, 2013. Alta cocina tradicional andina. 1° ed. Organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas. Disponible a partir de: <http://www.fao.org/docrep/018/i1466e/i1466e.pdf>.
- Fei, L. 2016. Beneficios para la salud de maíz morado (*Zea mays* L.) compuestos fenólicos. *Comprehensive reviews in food Science and food safety*, 00, 2017, 1 -15 p.
- Fernández, N. 1995. Estudio de la extracción y pre - purificación de antocianinas de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis Ing. En Industrias Alimentarias. UNALM. Lima - Perú. 116 p.
- 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. *Cáncer Sci.* 99: 1841 – 1846.
- GORECAJ. 2013. Gobierno Regional de Cajamarca. Boletín del Maíz Morado. Andina noticias.
- IEPARC (Proyecto: “Incremento de los Ingresos Económicos de los Pequeños Productores Agrarios en la Región Cajamarca”). 2016. Valor Comercial de Matiz Morado. 32 p.
- INDECOPI. 2016. Maíz Morado. Comisión Nacional contra la Biopiratería. Dirección de Invencciones y Nuevas Tecnologías Comisión Nacional contra la Biopiratería del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
- INIA. 2012. Ficha técnica: maíz morado (en línea). Consultado el 05 de febrero de 2019. Disponible en: <http://www.inia.gob.pe/SIT/consPR/adjuntos/2131.pdf>.

- INIA. 2007. Boletín informativo Maíz INIA-615 (Negro Canaán). Dirección de Investigación Agraria. Sub Dirección de Investigación de Cultivos, Programa Nacional de Investigación en Maíz.
- Khoo, H; Azlan, S; Tang, M; Lim, S. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and potential health benefits. Review. Food Nutr. Res. 61 (1361779): 1-21 p.
- Lao, F; Sigurdson, T; Giusti, M. 2017. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. Compr. Rev. Food. Sci. Food Saf. 16: 234-246. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>.
- Lee, Y; Yoon, H; Park, S. Song, K; Yeurn, J. 2017. Dietary anthocyanins agonista obesity and inflammation. Nutrients 9 (1089): 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu9101089>.
- Lock, S. 1997. Colorantes naturales. Ira Edición. Pontificia Universidad Católica del Perú. Fondo Editorial. 274 p.
- Llanos, C. 1984. "El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento". Edit. Mundi - Prensa. Castello, 318 p.
- Medina, A; Narro, L; Chávez, A. 2020. Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. Scientia Agropecuaria, 11(3), 291-299. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Mendoza, N. 2017. Contenido de antocianina y rendimiento de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) Canaán 2735 msnm - Ayacucho.
- MINAM. 2018. Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. Ministerio del Ambiente. Primera edición. Grupo Raso. Lima, Perú, 144 p.
- MINAGRI. 2017. Maíz amiláceo, principales aspectos de la cadena agroproductiva. Dirección General de Competitividad Agraria. 1ra edición. Lima, Perú. 39 p.
- MIDAGRI. 2020. Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego. Estadística Agraria Mensual.

- Otiniano, V. 2012. Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz (*Zea mays* L.) variedad morada nativa cultivada en la ciudad de Trujillo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Cesar Vallejo. 74 p.
- Pedraza, M; Idrogo, G. 2017. Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres razas de maíz morado (*Zea mays* L.). Rev. ECI Perú 14: 20 - 40. Disponible en: <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0003/>.
- Piña, P. 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. Cajamarca - Perú. 78 p.
- Quevedo, W. 2017. Maíz blanco Urubamba (Blanco gigante Cusco). Manual técnico no. 13: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Cusco, Perú.
- Quispe, J; Arroyo, K; Gorriti, A. 2010. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa - Perú proyecto N° 317 - 2010 - CONCYTEC.
- Rabanal, M; Medina, A. 2021. Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. Terra Latinoamericana, 39, e808. Epub 05 de abril de 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>.
- Saldaña, D; Tarrillo, R. 2021. Efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de 04 genotipos de maíz morado (*Zea mays* L.) y el contenido de pigmentos antociánicos, comunidad de Chipuluc, distrito de Cutervo, Cajamarca.
- Salinas, Y; García, C; Coutiño, B; Vidal, V. 2012. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 285 - 294 p.
- Sánchez, N. 2013. Obtención de una bebida alcohólica a partir de maíz morado (*Zea mays* L.). Tesis para optar el título de Ing. de Industrias Alimentarias. Lima, Perú. UNALM. 107 p.
- SENAMHI. 2019. Estación San Marcos. Cajamarca - Perú. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.

- Somavat, P; González, W; Singh, V. 2016. Coproduct yield comparisons of purple, blue and yellow dent corn for various milling processes. *Ind. Crops Prod.* 87: 266-272. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.062>.
- Soto, V. 2017. Niveles altitudinales en la concentración de Antocianina en maíz morado (*Zea mays* L.). Huánuco. 2017.
- Valera, P. 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. Cajamarca - Perú. 103 p.
- Vásquez, V. 2014. Diseños Experimentales con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Cajamarca, Perú. 701 p.
- Yolanda, S; Aragón, F; Ybarra, C; Aguilar, J; Altunar, B y Sosa, E. 2013. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex* vol. 36 no. 1 Chapingo, 3-10 p.

## ANEXO 1. Análisis de antocianinas

### 1.1. Análisis de antocianinas en bráctea

**Tabla 14.** Contenido de antocianinas en la bráctea (%) de seis variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) en cuatro localidades.

Variedades	Localidades (bloques)				Total	Promedio
	Montoya 2388 (m.s.n.m)	Sunchupampa 2490 (msnm)	Sunchupampa 2544 (msnm)	Llanupacha 3135 (msnm)		
INIA 601	4.17	6.9	3.63	7.34	22.04	<b>5.51</b>
CANTEÑO	0.13	0.12	3.26	1.54	5.05	<b>1.26</b>
MM	3.48	1.83	2.03	2.28	9.62	<b>2.40</b>
UNC 47	0.98	3.47	2.64	3.84	10.93	<b>2.73</b>
INIA 615	0.87	3.55	2.61	3.34	10.37	<b>2.59</b>
PM 581	2.98	0.25	1.68	0.36	5.27	<b>1.31</b>
Total	12.61	16.12	15.85	18.7	63.28	<b>15.82</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.10</b>	<b>2.68</b>	<b>2.64</b>	<b>3.11</b>	<b>10.53</b>	<b>2.63</b>

## 1.2. Análisis de varianza

**Tabla 15.** Análisis de varianza del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F C	F T Valor-p
<b>Bloque</b>	3	0.46	0.15	0.53 NS	0.6435
<b>Variedades (G)</b>	5	4.9	0.98	3.66 **	0.0229
<b>Error</b>	15	4.01	0.27		
<b>Total</b>	23	9.36			

$R^2 = 0.57$ 
 $CV = 34.64\%$ 
 $X_{\dots} = 2.63 \%$

**Tabla 16.** Rendimiento promedio de antocianinas de brácteas en 6 variedades y 4 localidades.

<b>Brácteas</b>			
Variedades	Promedio (%)	Localidades	Promedio (%)
INIA 601	5.51 a	Loc-4	3.12
UNC 47	2.73 a b	Loc-2	2.68
INIA 615	2.59 a b	Loc-3	2.64
MM	2.40 a b	Loc-1	2.10
PM581	1.32 b		
CANTEÑO	1.26 b		

**Tabla 17.** Calculo del rendimiento de brácteas por parcela y por hectárea (kg/ha<sup>-1</sup>).

Localidades	Altitud	Variedad					INIA 601	Prom kg ha <sup>-1</sup>
		MM	INIA 615	UNC 47	PM581	Canteño		
Montoya	2388 msnm	198	193	189	176	190	208	<b>192.3</b>
Sunchupampa	2490 msnm	196	194	192	189	195	197	<b>193.8</b>
Sunchupampa	2544 msnm	206	197	201	196	200	200	<b>200</b>
Llanupacha	3135 msnm	208	199	204	194	205	215	<b>204.2</b>
<b>Promedio en kg/60m<sup>2</sup></b>		1.212	1.175	1.179	1.133	1.182	1.230	
<b>Promedio en kg ha<sup>-1</sup></b>		<b>202</b>	<b>195.8</b>	<b>196.5</b>	<b>188.8</b>	<b>197</b>	<b>205</b>	

**Tabla 18.** Rendimiento de antocianas en bráctea por parcela (kg).

VARIETADES	ANTONCIANINAS POR PARCELA (kg)
INIA 601	0.068
UNC 47	0.032
INIA 615	0.031
MM	0.028
CANTEÑO	0.015
PM 581	0.014

**Tabla 19.** Datos climatológicos recogidos durante la campaña del cultivo

AÑO	MES	TEMPERATURA			PP (mm)	HR (%)
		Max	Min	Media		
<b>2018</b>	Diciembre	25.6	10.1	18.0	2.9	69
<b>2019</b>	Enero	26.3	11.9	18.9	1.5	69
<b>2019</b>	Febrero	25.8	13.8	18.8	5.3	76
<b>2019</b>	Marzo	24.7	13.1	18.1	9.8	69
<b>2019</b>	Abril	25.8	11.4	18.1	2.7	75
<b>2019</b>	Mayo	26.2	9.8	17.1	0.6	73
<b>2019</b>	Junio	24.9	8.2	17.0	0.0	64
<b>Promedio</b>		<b>25.6</b>	<b>11.2</b>	<b>18.0</b>	<b>3.3</b>	<b>70.7</b>

ANEXO 2. Analisis del suelo.


PERÚ
Ministerio de  
Agricultura y Riego
Instituto Nacional  
de Innovación Agraria
Estación Experimental  
Agraria Baños del Inca

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

---

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

NOMBRE : **PNIA MAIZ – JUAN BERNABE ALVAREZ CRUZADO**

PROCEDENCIA : San Marcos – Ichocán - Montoya 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
La Capilla	SU0529-EEBI-16	6.62	340.0	7.2	2.10	--				

**INTERPRETACIÓN**

Fósforo (P) : BAJO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 pH (reacción) : **NEUTRO**  
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO  
 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	110	60	40									

Recomendaciones y Observaciones Especiales:



Ing. Julio 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

Figura 6. Resultado del análisis de la jurisdicción de Montoya, elaborado por el INIA.



PERÚ

Ministerio de  
Agricultura y Riego

Instituto Nacional  
de Innovación Agraria

Estación Experimental  
Agraria Baños del Inca

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

NOMBRE : **PNIA MAIZ - MARCOS AMADOR BURGOS URBINA**

PROCEDENCIA : San Marcos - Ichocán - La Chilca

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
Doña Anita	SU0530-EEBI-16	1.42	345.0	7.3	2.35	--				

**INTERPRETACIÓN**

Fósforo (P) : MUY BAJO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ALCALINO**  
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO  
 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	110	65	40									

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

**Figura 7.** Resultado del análisis de la jurisdicción de Sunchupampa (La chilca), elaborado por el INIA.



**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

NOMBRE : PNIA MAIZ - HIPOLITO TIRADO GAMBOA

PROCEDENCIA : San Marcos - Ichocán - Llanupacha 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 Coyero	SU0538-EEBI-16	10.02	345.0	7.3	2.63					

INTERPRETACIÓN

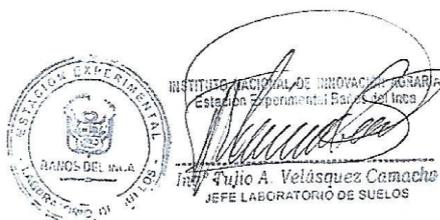
Fósforo (P) : MEDIO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 pH (reacción) : EXTREMADAMENTE ALCALINO  
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO  
 Clase textural : --

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 /ha
Cantidad	110	50	40									

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

Figura 8. Resultado del análisis de la jurisdicción de Llanupacha, elaborado por el INIA.

**ANEXO 3.** Resultados del análisis de antocianina en bráctea, realizados por el laboratorio PRONEX (Productos Naturales de Exportación), Lima - Perú.

MUESTRAS PARA ANALISIS DE ANTOCIANINA										
	PRODUCTOR	VARIEDAD	CORONTA	PESO (g)	ABSORBANCIA	% PUREZA	BRACTEA	PESO (g)	ABSORVANCIA	PUREZA %
1	APASI	INIA 601	7	0.2029	0.61	6.12	97	0.3569	0.699	2.79
2		M.M	9	0.1713	0.631	7.5	99	0.8083	0.612	1.54
3		INIA 615	11	0.1919	0.621	6.59				
4		PM 581	12	0.2447	0.65	5.41				
5	TIRADO GAMBOA HIPOLITO	INIA 601	13	0.2103	0.632	6.12				
6		CANTEÑO	14	0.3231	0.66	4.16				
7		M.M	15	0.2141	0.693	6.33				
8		UNC 47	16	0.2146	0.663	6.29	100	0.697	0.64	1.87
9		INIA 615	17	0.1992	0.633	6.47	101	1.2607	0.65	1.05
10	PM 581	18	0.2866	0.655	4.65					
11	PEDRO CELESTINO SÁNCHEZ COTRINA	INIA 601	19	0.1856	0.7	7.68	103	0.3169	0.7	7.34
12		CANTEÑO	20	0.2027	0.67	6.74				
13		M.M	21	0.2181	0.679	6.59	105	0.5922	0.663	2.28
14		UNC 47	22	0.2285	0.688	6.13	106	0.342	0.645	3.84
15		INIA 615	23	0.1895	0.619	6.65	107	0.389	0.639	3.34
16	PM 581	24	0.2595	0.664	5.21					
17	MARIA MARILU HONORIO RUIS	INIA 601	31	0.1836	0.662	7.34				
18		CANTEÑO	32	0.2561	0.688	5.47				
19		M.M	33	0.2336	0.693	6.03				
20		UNC 47	34	0.2307	0.674	5.95				
21		INIA 615	35	0.2176	0.703	6.55				
22	PM 581	36	0.2404	0.653	5.53					
23	PILCOS	INIA 601	I	0.2355	0.65	5.62	I1	0.3221	0.7	5.22
24	MANTARACRA	INIA 601	J	0.3285	0.648	4.05	J1	0.3475	0.649	4.66
25	CUTERVO	INIA 601	K	0.221	0.686	6.32	K1	0.3575	0.695	4.85
26	AKIRA	AKIRA 101	L	0.2973	0.708	4.85				
27	AKIRA	AKIRA 202	M	0.3044	0.693	4.64				
28	SHAULLO CHICO	INIA 601	N	0.1656	0.636	7.82	N1	0.3564	0.7	4.9
29		M.M	O	0.1781	0.628	7.18	O1	0.907	6.88	1.54
30		CANTEÑO	P	0.2461	0.66	5.46				
31	IGLESIAPAMPA	INIA 601	Q	0.2774	0.637	4.65	Q1	0.3674	0.666	3.69
32		M.M	RA	0.2816	0.7	6.2	RA1	0.6404	0.695	2.22

PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACIÓN S.A.  
**PRONEX S.A.**  
 ENG. JENNY FERNÁNDEZ S.  
 TECHNICAL MANAGER

**Figura 9.** Porcentajes de antocianina de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en una jurisdicción de Ichocán.

		CANTEÑO	S	0.2374	0.689	5.91				
34	BAMBAMARCA	INIA 601	T	0.1827	0.691	7.7	T1	0.2516	6.85	4.56
35		M.M	U	0.1769	0.61	7.02	U1	0.702	0.683	1.98
36		CANTEÑO	V	0.2629	6.92	5.36				
37	TARTAR	INIA 601	W	0.2458	6.35	4.41	W1	0.349	0.654	2.3
38		M.M	X	0.3486	0.643	3.75	X1	0.754	0.611	1.65
39	NAMORA	INIA 601	Y	0.2222	0.645	5.91	Y1	0.3084	0.685	5.5
40	MATARA	INIA 601	Z	0.2087	0.697	6.8	Z1	0.3025	0.684	5.64
41	JOSÉ NOLVERTO ROJAS MUÑOZ	INIA 601					157	0.3506	0.625	3.63
42		UNC 47					160	0.4123	0.66	3.26

PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACIÓN S.A.  
**PRONEX S.A.**  
 .....  
 ENG. JENNY FERNÁNDEZ S.  
 TECHNICAL MANAGER

**Figura 10.** Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en una localidad de Ichocán.

AGRICULTOR	VARIEDAD	MUESTRAS	PESO (g)	ABSORVANCIA	PUREZA - %
MARCOS BURGOS	INIA 601	163	0.3554	0.701	4.017
	MORADO MEJORADO	165	1.3355	0.682	1.04
	UNC 47	166			
	INIA 615	167	0.2465	0.614	5.37
JOSE DAMIAN	INIA 601	127	0.3532	0.679	3.91
	MORADO MEJORADO	129	1.5404	0.672	0.44
	UNC 47	130	0.7009	0.647	1.88
	INIA 615	131			
MUESTRA 1	MORADO MEJORADO	A RIEGO	0.5449	0.685	2.56
	UNC 47	B RIEGO	0.7049	0.623	1.8
	INIA 601	C RIEGO	0.5055	0.666	3.22
	INIA 601	E SECANO	0.9592	0.65	1.38
	MORADO MEJORADO	F SECANO	0.5543	0.752	2.76
	UNC 47	H SECANO	0.3282	0.635	3.94
MARIA LEIVA	INIA 601	139	0.1938	0.65	6.83
	MORADO MEJORADO	141	0.5509	0.623	2.3
	UNC 47	142			
	INIA 615	143	0.2529	0.672	5.14

PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACION S.A.  
 PROMEX S  
 ENG. JENNY FERNANDEZ S.  
 TECHNICAL MANAGER

**Figura 11.** Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en una localidad de Ichocán.

**ANEXO 4.** Fotografías realizadas durante la campaña agrícola del trabajo de investigación del INIA. Baños del Inca - Cajamarca.



**Figura 12.** Toma de datos de campo de las parcelas experimentales.



**Figura 13.** Realizando el etiquetado de la parcela de investigación.



**Figura 14.** Instalación de letrero de identificación de la parcela.



**Figura 15.** Selección de las brácteas en la cosecha.



**Figura 16.** Materia seca picada de las brácteas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.).



**Figura 17.** Preparando las muestras de brácteas en molino de las seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.).



**Figura 18.** Pesado de la muestra en la balanza analítica.



**Figura 19.** Espectrofotómetro Shimadzu UV - 1800 donde se hizo la lectura de la absorbancia de la muestra de antocianina a una longitud de onda de 535 nm (nanómetros) para la determinación del porcentaje de antocianinas.