

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



TESIS

**“EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)”
EN TRES PISOS ALTITUDINALES CON FINES DE RENDIMIENTO Y
CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN SAN MARCOS – CAJAMARCA”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

ENER OCTAVIO TAFUR CABRERA

Asesores:

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

Ing. M.Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS

CAJAMARCA – PERÚ

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

ENER OCTAVIO TAFUR CABRERA

DNI: 47761272

Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía

2. Asesor:

M.Sc. Jesús Hipólito De la Cruz Rojas.

3. Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias

4. Grado académico o título profesional:

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

5. Tipo de Investigación:

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia

profesional

☐ Trabajo académico

6. Título de Trabajo de Investigación: "EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.)" EN TRES PISOS ALTITUDINALES CON FINES DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN SAN MARCOS – CAJAMARCA"

7. Fecha de evaluación: 23/07/2025

8. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)

9. Porcentaje de Informe de Similitud: 18%

10. Código Documento: oid: 3117:475726419

11. Resultado de la Evaluación de Similitud: 18%

☒ APROBADO

☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O

DESAPROBADO

Fecha Emisión: 25/05/2025

Firma y/o Sello
Emisor Constancia



M.Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
26724113

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciocho días del mes de julio del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 338-2025-FCA-UNC, de fecha 16 de junio del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE SEIS VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN TRES PISOS ALTITUDINALES CON FINES DE RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN SAN MARCOS - CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **ENER OCTAVIO TAFUR CABRERA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y treinta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

Dr. Wilfredo Poma Rojas
PRESIDENTE

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego
VOCAL

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

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 mis padres, por su amor incondicional y por enseñarme el valor del
esfuerzo y la perseverancia. Su apoyo constante ha sido la base de cada
uno de mis logros.**

**A mis amigos, que han estado a mi lado en cada paso de este camino,
compartiendo risas y momentos de incertidumbre. Su compañía ha hecho
este viaje sea mucho más gratificante.**

**Y, en especial, a mis profesores y mentores, cuyo conocimiento
y orientación han iluminado mi camino y me han inspirado a
seguir
adelante.**

Ener Octavio Tafur Cabrera

AGRADECIMIENTO

Dejo un agradecimiento sincero:

A la Ing. Alicia Medina Hoyos por brindarme su amistad, confianza y enseñanzas, así como orientaciones para poder realizar este trabajo de tesis.

Al Ing. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas por sus recomendaciones, orientaciones y su apoyo incondicional para poder desarrollar la presente tesis.

A los productores de Ichocán con quienes se manejó los ensayos en sus parcelas.

Ener Octavio Tafur Cabrera

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivo de la investigación.....	4
1.5. Hipótesis de investigación.....	4
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
CAPÍTULO III.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Ubicación del experimento.....	17
3.2. Condiciones climáticas durante el cultivo.....	19
3.3. Análisis físico – químico del suelo.....	19
3.3. Materiales.....	20
3.3. Otros materiales.....	22
3.4. Metodología de la investigación.....	22
2. Técnicas de muestreo y diseño de la investigación.....	23
3.5. Diseño Experimental y modelo estadístico en la investigación.....	23
3.6. Croquis del experimento.....	24
3.7. Conducción de las parcelas en campo.....	24
3.8. Toma de datos biométricos en precosecha (Variables evaluadas).....	26
3.9. Toma de datos biométricos en cosecha.....	27
3.10. Muestra para determinar humedad.....	28
3.11. Análisis de varianza.....	29
3.12. Método de análisis para determinación de antocianinas.....	29
3.13. Pasos para la obtención del porcentaje de antocianinas en brácteas y corontas en el laboratorio de acuerdo al método de Fulekis Francis.....	29
3.14. Análisis estadístico.....	30
CAPÍTULO IV.....	32

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Rendimiento promedio de 6 variedades de maíz morado (Zea mays L.) en tres pisos altitudinales	32
4.2. Análisis de contenido de antocianinas en coronta	34
4.3. Análisis de contenido de antocianinas en brácteas	36
CAPÍTULO V	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
5.1. CONCLUSIONES.....	40
5.2. RECOMENDACIONES	40
CAPÍTULO VI.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
CAPITULO VII.....	44
ANEXOS	44
ANEXOS 1: Análisis de antocianinas.....	44
ANEXO 2: Análisis de suelo.....	46
ANEXO 3: Resultados del análisis de antocianina en bráctea, realizados por el laboratorio PRONEX (Productos Naturales de Exportación), Lima - Perú.....	49
ANEXO 4: Fotografías de todas las labores realizadas junto al personal de la EEA. Baños del Inca - INIA -Cajamarca.....	52
ANEXOS 5: Actividades realizadas en el laboratorio PRONEX S.A (Productos naturales de exportación S.A).....	54

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estructura química de la antocianina.....	15
Ilustración 2: Ubicación de la zona de estudio en los Anexos Experimentales.....	18
Ilustración 3: Croquis del experimento.....	24
Ilustración 4: Rendimiento promedio en t / ha-1 de las seis variedades de maíz morado sembradas en tres localidades respectivamente.....	33
Ilustración 5: Variación de promedios de antocianinas entre las seis variedades de maíz morado – Coronta	35
Ilustración 6: Porcentaje de antocianina en coronta en 3 localidades.....	36
Ilustración 7: Porcentaje de contenido de antocianinas en las brácteas de seis variedades de maíz morado - brácteas.....	39
Ilustración 8: Porcentaje de contenido de antocianina en brácteas en las tres localidades del experimento	39
Ilustración 9: Resultado del análisis de la jurisdicción de Sunchupampa, elaborado por el INIA.....	46
Ilustración 10: Resultado del análisis de la jurisdicción de Montoya, elaborado por INIA	47
Ilustración 11: Resultado del análisis de la jurisdicción de Llanupacha, elaborado por INIA	48
Ilustración 12: Porcentajes de antocianina de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.)	49
Ilustración 13: Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.)	50
Ilustración 14: Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado (Zea mays L.)	51
Ilustración 15: Instalación de parcelas	52
Ilustración 16: Evaluación del número de hoja	53
Ilustración 17: Brácteas y coronta molido de las 6 variedades de maíz morado	53
Ilustración 18: Materiales usados en el laboratorio para la obtención de las antocianinas	54
Ilustración 19: Cocinas magnéticas con biker conteniendo 0.60 de muestra de coronta y bráctea y 100 mL de hidroxíácido	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del maíz morado (Chakiñan, 2019).....	8
Tabla 2: Datos Meteorológicos- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI- 2019).....	19
Tabla 3: Resultados del análisis físico - químicos de las muestras de suelo de los 3 ámbitos en el suelo	19
Tabla 4: Variedades de maíz morado cultivadas en la investigación.....	21
Tabla 5: Cálculo de la precocidad por localidades	27
Tabla 6: Escala de evaluación de la pudrición de la mazorca	28
Tabla 7: Análisis de varianza para el diseño bloques completos al azar, para cada localidad	29
Tabla 8: Análisis de varianza para el rendimiento en las tres localidades y las seis variedades de maíz morado	32
Tabla 9: Prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad para el rendimiento promedio en t/ ha-1 de seis variedades en tres localidades.....	33
Tabla 10: Análisis de varianza del contenido de antocianinas en coronta de seis variedades de maíz morado	34
Tabla 11: Prueba de comparación múltiple Tukey para el contenido promedio de antocianinas de coronta en 6 variedades y 3 localidades	35
Tabla 12: Análisis de varianza del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado	37
Tabla 13: Contenido de antocianinas de las seis variedades de maíz morado haciendo la Prueba Tukey.....	38
Tabla 14: Contenido de antocianinas en coronta (%) de seis variedades de maíz morado en tres localidades	44
Tabla 15: Contenido de antocianinas en bráctea (%) de seis variedades de maíz morado en tres localidades	45

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el respaldo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en tres localidades del distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca, en campo de los productores, en diferentes pisos altitudinales desde 2470 a 3032 m.s.n.m. Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos Aleatorizado con seis variedades de maíz morado y cuatro repeticiones; las variedades en estudio fueron: INIA-601, CANTEÑO, Morado Mejorado, INIA- 615 Negro Canaán de Ayacucho, UNC-47 de la Universidad Nacional de Cajamarca, PMV-581 de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Cada una de las parcelas de evaluación está formada de 8 surcos con 4 repeticiones al azar haciendo un área de experimento neto de 844 m^2 , de los cuales solo se tomaron los datos de los 4 surcos centrales. Con el objetivo de determinar el rendimiento y el porcentaje de antocianinas por piso altitudinal. El rendimiento fue determinado con la fórmula de grano seco al 14%, en hoja de cálculo Excel y el porcentaje de antocianinas se determinó en el laboratorio de la empresa PRONEX con el uso del método Fulekis Francis. Los resultados muestran que la variedad INIA 615 destaca por su rendimiento con $2527.50\text{ kg/ha}^{-1}$ y para el contenido de antocianinas destaca la variedad INIA 601 con 5.87% en coronta y 5.51% en bráctea.

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

ABSTRACT

The present research work was conducted with the support of the National Institute of Agricultural Innovation (INIA) in three hamlets of the Ichocán district, San Marcos Province, Cajamarca Region, at the producers' fields, across different altitudinal ranges from 2470 to 3032 meters above sea level. A Randomised Complete Block Design was applied, involving six varieties of purple corn and four repetitions; the varieties under study were: INIA-601, CANTEÑO, Morado Mejorado, INIA-615 Negro Canaán de Ayacucho, UNC-47 from the National University of Cajamarca, and PMV-581 from the National Agrarian University La Molina. Each of the evaluation plots consisted of 8 rows with 4 random repetitions, making a net experimental area of 844 m², from which data were only collected from the four central rows. The aim was to determine the yield and the percentage of anthocyanins by altitudinal floor. The yield was determined using the formula for dry grain at 14%, in an Excel spreadsheet, while the percentage of anthocyanins was assessed in the laboratory of the company PRONEX using the Fulekis Francis method. The results indicate that the variety INIA 615 stands out for its yield, achieving 2527.50 kg/ha, and for anthocyanin content, the variety INIA 601 is noteworthy, with 5.87% in the ear and 5.51% in the husk.

Keywords: Purple corn, anthocyanins, Fulekis Francis method, yield, quality, calculation, evaluation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El maíz morado, una variedad de *Zea Mays* originaria de los Andes peruanos, se distingue por su color morado, que se debe a la presencia de antocianina, un pigmento natural también presente en frutas como arándanos y cerezas. Este maíz se cultiva principalmente en los Andes de Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador, aunque también se encuentra en Costa Rica y México. Todas las variedades derivan de una línea ancestral llamada k'culli, que se sigue cultivando en varias regiones. El maíz morado presenta un tallo erguido y macizo de entre 60 cm y 4 metros de altura, con una floración en la parte superior y espigas que se desarrollan en mazorcas de granos en hileras. La variación en el color de sus diferentes tipos se relaciona con la cantidad y ubicación de compuestos bioactivos como carotenoides y antocianinas

El maíz (*Zea mays*), originario de América, constituye uno de los aportes más importantes a la seguridad alimentaria mundial. Junto con el arroz y el trigo, se considera una de las tres gramíneas más cultivadas en todo el mundo. A lo largo del tiempo, diversas instituciones tanto a nivel global, estatal como privado han realizado estudios exhaustivos con el objetivo principal de incrementar los niveles de rendimiento y la producción de nuevos híbridos mejorados. Esto busca desarrollar variedades con alta productividad, así como con resistencia a condiciones climáticas adversas y a enfermedades (Fuentes, 2002).

En Perú, se cultivan diversas razas de maíz que se distinguen por su color, tamaño y sabor, lo que permite su uso en una amplia variedad de platos. Entre estas variedades destaca el maíz morado (Manrique, 1997). Este tipo de maíz contiene un compuesto denominado "antocianina", que, según investigaciones realizadas en Japón, puede prevenir la aparición de cáncer de colon y mejorar la salud cardíaca al fomentar una mejor circulación sanguínea (Ministry of Health and Welfare, 2000).

El cultivo de maíz morado está cobrando una importancia creciente en Perú, especialmente entre los productores de la sierra, debido a la creciente demanda mundial de este producto. Esto se debe, en gran parte, a su contenido de antocianinas, que le confiere su característico color morado. Estos pigmentos presentan un potencial

significativo para sustituir colorantes sintéticos en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. Además, su consumo diario contribuye a la salud, considerándose un nutraceutico por sus propiedades antioxidantes y su capacidad para prevenir ciertos tipos de cáncer y combatir la hipertensión, entre otros beneficios.

En este contexto, el presente estudio titulado “Estudio del contenido de antocianina en 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en tres pisos altitudinales del distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca” tiene como objetivo proporcionar información valiosa sobre el cultivo, la productividad, el contenido de antocianinas y la adaptación de esta variedad. Los resultados obtenidos estarán dirigidos a la comunidad científica, productores de maíz morado, profesionales, técnicos, así como a cualquier persona interesada en el tema.

1.1.Problema de investigación

La evaluación de variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en diferentes pisos altitudinales es una cuestión de gran relevancia en el contexto agrícola y socioeconómico de la región de San Marcos, Cajamarca. El maíz morado es un cultivo tradicional con alto valor nutricional y potencial comercial debido a su contenido de antocianinas, compuestos antioxidantes que ofrecen beneficios para la salud. Sin embargo, la variabilidad en el rendimiento y el contenido de antocianinas de las diversas variedades de maíz morado puede ser influenciada significativamente por factores ambientales como la altitud.

A pesar de la importancia del maíz morado, se requiere una investigación sistemática que evalúe cómo las diferentes variedades responden a las variaciones altitudinales, puesto que esto afecta la viabilidad de su cultivo en la región y la capacidad de los agricultores para maximizar su producción y los beneficios económicos asociados. Por lo tanto, el problema se centra en entender cómo se comportan seis variedades específicas de maíz morado en tres pisos altitudinales, determinando su rendimiento y contenido de antocianinas, y cómo estos factores impactan en la sostenibilidad y rentabilidad de su cultivo.

1.2.Formulación del problema

¿Cuál es el rendimiento y contenido de antocianina de 6 variedades de maíz morado cultivadas en distintos pisos altitudinales en el distrito de Ichocán-San Marcos?

1.3. Justificación

La necesidad de realizar un estudio sobre la evaluación de seis variedades de maíz morado en diferentes pisos altitudinales en San Marcos, Cajamarca, surge de la relevancia que tiene este cultivo en la agricultura regional y nacional. El maíz morado no solo es un componente clave en la dieta local, sino que también es reconocido por sus beneficios para la salud, gracias a su alto contenido de antocianinas, compuestos bioactivos que poseen propiedades antioxidantes. Sin embargo, la adaptación y el rendimiento de estas variedades en diferentes altitudes aún no han sido suficientemente investigados en esta región específica. Este estudio busca identificar las variedades más prometedoras, contribuyendo así al desarrollo de un cultivo que no solo sea rentable, sino que también fomenta la biodiversidad y la sostenibilidad agroalimentaria.

El estudio introducirá nuevos conocimientos sobre la adaptación del maíz morado a distintos ambientes altitudinales, lo que permitirá comprender mejor las condiciones óptimas para su crecimiento y productividad. A través de la evaluación del rendimiento y el contenido de antocianinas en estas variedades, se espera generar información valiosa que contribuya a la mejora genética del maíz morado y a la selección de variedades más adecuadas para las condiciones agroclimáticas de la región. Este conocimiento no solo enriquecerá el acervo científico local, sino que también proporcionará una base sólida para futuras investigaciones relacionadas con el maíz y otros cultivos autóctonos en Cajamarca.

Los beneficios que se obtendrán de este estudio son múltiples y abarcan desde el aumento del rendimiento agrícola hasta la mejora de la salud pública local. Al seleccionar variedades de maíz morado con mayor contenido de antocianinas, se está fortaleciendo la producción de alimentos funcionales que no solo aportan valor nutricional, sino que también pueden contribuir a la prevención de enfermedades relacionadas con el envejecimiento y el estrés oxidativo. Además, el aumento en la producción de maíz morado de calidad puede generar un impacto positivo en la economía local, permitiendo a los agricultores obtener mayores ingresos y mejorar su calidad de vida.

Finalmente, los beneficiarios de esta investigación incluyen a los agricultores de la región de San Marcos, quienes podrán acceder a variedades de maíz que se adapten

mejor a sus condiciones específicas, así como a la comunidad en general, que podrá disfrutar de un alimento más nutritivo. Además, la información generada puede ser valiosa para los investigadores, extensionistas y responsables de políticas agrícolas, quienes podrán desarrollar estrategias más efectivas para promover el cultivo del maíz morado y su aprovechamiento para la industria alimentaria. La colaboración entre los actores locales y expertos en agronomía será fundamental para implementar los hallazgos de este estudio en la práctica agrícola cotidianamente

1.4.Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el rendimiento y contenido de antocianinas en seis variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) cultivadas en tres pisos altitudinales del distrito de Ichocán, provincia de San Marcos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la variedad de maíz morado (*Zea mayz L.*) con mayor rendimiento de antocianinas, en cada uno de los tres pisos altitudinales del distrito de Ichocán, provincia de San Marcos.
- Determinar el contenido de antocianinas en la coronta de seis variedades de maíz morado (*Zea mayz L.*) en cada uno de los tres pisos altitudinales del distrito de Ichocán, provincia de San Marcos.
- Determinar el contenido de antocianinas en la bráctea de seis variedades de maíz morado (*Zea mayz L.*) en cada uno de los tres pisos altitudinales del distrito de Ichocán, provincia de San Marcos.

1.5.Hipótesis de investigación

- **Hipótesis alternativa (H_1):** El rendimiento y el contenido de antocianinas en las seis variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) varían significativamente según el piso altitudinal en el que son cultivadas en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos.
- **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas en el rendimiento ni en el contenido de antocianinas de las seis variedades de maíz morado cultivadas en distintos pisos altitudinales en el distrito de Ichocán.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacional

Müller y Poma (2022) en su ensayo, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado en respuesta a modificaciones fuente-sumidero en periodo pre y post anthesis. Llegó a la conclusión que los tratamientos con retiro de mazorcas en etapas reproductivas en maíz morado disminuyeron la competencia entre mazorcas en la planta y denotaron un incremento en el rendimiento. Las defoliaciones redujeron el índice de área foliar, sin embargo, no se establecieron reducciones estadísticas significativas en la biomasa seca aérea de la planta, denotando un incremento de la eficiencia de uso de radiación de las hojas que quedaron. El efecto de los tratamientos tuvo influencia en la reducción del rendimiento en sus componentes, como número y peso de granos; sin embargo, no se establecieron influencia de estas variables para contenido de antocianinas, es decir, modificaciones en fuente-sumidero en maíz no influyen en el contenido de antocianinas totales en el grano.

2.1.2. Nacional

Andrade, C (2022) en su estudio: Efecto de fuentes orgánicas en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo, en Lima, Perú. Cuyo objetivo fue determinar el efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y contenido de antocianinas de maíz morado bajo riego por goteo en Lima, Perú. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, altura de mazorca, número de mazorcas, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, rendimiento de mazorca y contenido de antocianinas. Obtuvo como resultados que los abonos orgánicos aplicados en forma individual o mezcladas elevaron el rendimiento de mazorca en 65,3% y el contenido de antocianinas en (52%) respecto al testigo.

2.1.3. Regional

Valera Mantilla (2019) realizó una investigación un estudio en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca, con el objetivo de evaluar el efecto de la altitud en el rendimiento y el contenido de antocianinas de seis variedades de maíz morado en diferentes pisos altitudinales entre 2420 y 3180 m. Utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones, se trabajó con las variedades INIA-601, INIA Negro Cajamarca, INIA-615 Negro Canaán, Canteño, PMV 581 y UNC-47. Los resultados mostraron que los mayores rendimientos se obtuvieron en La Chilca a 2495 m, con las variedades Morado Mejorado e INIA-601 alcanzando 2.53 y 2.41 t ha⁻¹, respectivamente. Además, la variedad INIA-601 destacó en el contenido de antocianinas en brácteas, alcanzando un 2.38%, mientras que otras variedades se agruparon con porcentajes similares en coronta, lo que sugiere la importancia de la altitud en la producción de maíz morado en esta región.

Medina, A. y Rabanal M. (2021), realizaron una investigación Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes, cuyo objetivo fue la revisión y la descripción de la estructura química de las antocianinas, tipos y factores que afectan no solo el color sino también su estabilidad. Asimismo, detallar las diferentes razas y variedades mejoradas de maíz morado con que cuenta el Perú, y la cantidad de antocianinas encontradas con las diferentes técnicas químicas utilizadas. Concluyeron que las condiciones de extracción óptima de las antocianinas son con 1 g de muestra con 15 mL de agua con agitación constante durante 15 min a 90 °C, resaltando el poder antioxidante alto tanto en sistemas *in-vitro* como *ex-vivo*.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Origen del maíz

El maíz, *Zea mays*, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosintle y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Se les clasifica como del “Nuevo Mundo” porque su centro de origen está en América. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

2.2.2. Maíz de origen peruano

Según evidencias arqueológicas, en el Perú ya se cultivaban varias razas de maíz en el valle de Chicama, lográndose identificar tres razas: Proto Confite Morocho, Confite Chavinense y Kculli (Grobman 1982, citado por Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego)

2.2.3. Maíz morado

El *Zea mays* L. variedad morada (maíz morado) es un cereal oriundo del Perú y México, cuyas culturas precolombinas lo consideran sagrado. Florece en estado silvestre, en diversos lugares de América. El maíz morado se cultivaba en el Perú en épocas prehispánicas y era conocido como oro, sara o Kulli sara. (Guillén Sánchez, et al, 2014)

En el Perú la producción de maíz morado se realiza en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, Ancash, Lima y Arequipa. El componente principal es la antocianina, el cual tiene efectos benéficos.

Es el único grano en el mundo que tiene los granos, brácteas (panca) y la coronta (tusa) de color morado a negro debido a las antocianinas que posee. Está a su vez es un pigmento que goza de una serie de propiedades funcionales para la salud humana, su uso como insumo en la industria alimentaria y su aprovechamiento en la industria farmacéutica y de la belleza han elevado la importancia de este producto, único en el mundo por

su elevado nivel de antocianina. (Ministerio Agrario y Riesgo, 2021)

2.2.4. Generalidades del maíz morado

El maíz morado es el único en el mundo, que presenta coronta y granos de color morado, además de flavonoides, polifenoles, y dentro de los más importantes encontramos a las antocianinas. Así tenemos que la mazorca está constituida en un 85% por grano y un 15% de coronta. Y este pigmento, antocianina se encuentra en mayor cantidad en la coronta. (Rabanal Atalaya y Medina Hoyos, 2021)

2.2.5. Clasificación taxonómica

El maíz morado (nombre común), taxonómicamente se describe de la siguiente forma:

Tabla 1: Taxonomía del maíz morado (Chakiñan, 2019)

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Madnoliophyta
Clase	Lilliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Especie	Zea
Nombre científico	Zea Mays
Nombre común	Maíz Morado

2.2.6. Características morfológicas del maíz morado

El maíz es una planta monoica. Posee flores estaminales funcionales ubicadas en la panoja; y flores pistiladas agrupadas en las mazorcas que prosperan entre el quinto o sexto nudo, contados desde la panoja. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022)

A. Órganos vegetativos

- **Raíces:** son seminales y adventicias, la primera nace de la semilla de la germinación, y consiste en la radícula. El crecimiento inicial es

horizontal a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Luego nacen las raíces adventicias permanente, los cuales se forman en los primeros entrenudos que tiene la forma de cono invertido

- **Tallo:** da soporte a la planta, transporta nutrientes y almacena carbohidratos. El tallo de maíz está constituido por nudos y entrenudos los cuales varían entre 20 a 30. El crecimiento se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos.
- **Hojas;** se ubican de manera alterna en el tallo. Está constituida por: lámina foliar alargada y lanceolada con nervadura central y venas delgadas paralelas, vaina foliar que rodea el entrenudo; y lígula o cuello que une a la lámina y la vaina.

B. Órganos reproductivos

- **Panoja:** esta inicia su crecimiento y es a partir de esta que se genera el polen. Según la variedad, una panoja produce entre 15 a 50 millones de granos de polen que son dispersados por el viento para la polinización.
- **La mazorca:** crece en función de las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta. Tiene una relación indirecta con el número de plantas en el campo.
- **Grano:** es un fruto llamado cariósido o cariopse. Donde el saco embrionario se ha unido a la semilla formada, asimismo el pericarpio, endospermo y embrión. El pericarpio es la parte externa del grano. Asimismo, el endospermo representa del 80 a 85% del peso total del grano, está formado por almidón en un 80% y proteínas en un 8%. El embrión constituye el 12% del grano.

2.2.7. Estados de desarrollo de la planta de maíz

A. Estados vegetativos

- Estado V1: Aparece la primera hoja embrionaria con un borde redondeado, y el meristemo apical se encuentra entre 2,5 y 3,8 cm

bajo la superficie.

- Estado V3: El punto de crecimiento permanece bajo el suelo. Comienza la formación de hojas y mazorcas, y se enfatiza la importancia de controlar insectos y malezas, realizándose el primer deshierbe.
- Estado V5: El punto de crecimiento alcanza el nivel de la superficie. Se completa la formación de hojas, mazorcas y panoja, y se recomienda realizar el aporque.
- Estado V6: El punto de crecimiento se eleva sobre la superficie. Se observa un rápido crecimiento del tallo con alta demanda de nutrientes, siendo un momento adecuado para aplicar nitrógeno, preferiblemente antes de llegar al estado V8.
- Estado V9, la panoja (parte donde se desarrollarán las mazorcas) y el tallo crecen rápidamente, y se inician las yemas de las mazorcas en los nudos de la planta, excepto en los 6 u 8 nudos más bajos. En esta etapa, la planta tiene una alta demanda de agua y nutrientes.
- Estado V12, se define el número potencial de granos y el tamaño de la mazorca. Aunque el número de hileras de granos está establecido, el conteo de granos por hilera aún no. La falta de nutrientes y agua en este estado puede disminuir tanto el número de semillas como el tamaño de las mazorcas.
- Estado V15, es crucial que el campo mantenga suficiente humedad, al menos una semana después del paso al estado R1, ya que la falta de agua puede impactar negativamente el rendimiento del cultivo.
- Estado V18, el desarrollo de la mazorca continúa en crecimiento y ya es visible.

B. Estados reproductivos

- En el Estado R1, se observa la polinización de los estigmas y el máximo desarrollo de las pancas o brácteas. No obstante, la escasez de humedad incide negativamente en la polinización y propicia un desarrollo deficiente

de los granos.

- En el Estado R2, denominado "grano en estado ampolla", la mazorca alcanza su tamaño óptimo. Los estigmas comienzan a secarse y el embrión se hace visible, mientras que se inicia el proceso de acumulación de materia seca, con los granos alcanzando un contenido de humedad del 85%.
- En el Estado R3, o "grano en estado lechoso", el embrión experimenta un crecimiento acelerado, acompañado de una elevada acumulación de materia seca, registrándose una humedad del 80%.
- Estado R4: Grano en estado pastoso. En esta fase, se han desarrollado las hojas embrionales y las raíces seminales, mientras la acumulación de materia seca continúa. Los granos presentan un estrechamiento observable en las hileras de la mazorca y la humedad relativa es del 75 %.
- Estado R5: Grano en estado dentado. En este estadio, los granos comienzan a deshidratarse desde la parte superior. La humedad ha descendido al 70 %.
- Estado R6: Grano en estado de madurez fisiológica. Durante esta etapa, los granos alcanzan su desarrollo completo. El contenido de humedad fluctúa entre el 30 % y el 35 %, lo que indica que es el momento adecuado para la cosecha.

2.2.8. Razas de maíz morado

- Morado canteño, para siembra en sierra media su floración femenina ocurre de 110 a 125 días después de la siembra.
- Morado PVM – 581, para siembra en sierra media presenta floración femenina de 95 a 105 días después de la siembra.
- Morado PVM – 582, para siembra en costa central, su floración femenina ocurre de 55 a 60 días después de la siembra
- Morado Arequipeño, para siembra en sierra media.
- Negro de Junín, para siembra en sierra central.
- Morado INIA 601, para siembra en sierra media, su floración femenina ocurre de 90 a 105 días después de la siembra.

- Morado INIA 615 - Negro Canaán, para siembra en sierra media su floración femenina ocurre de 84 a 93 días después de la siembra. (Requis Varillas, 2012)

2.2.9. Variedades mejoradas de maíz morado

- a. **INIA – 615 Negro Canaán:** se desarrolló a partir de 36 colecciones de cultivares locales de la raza Kully colectadas en el año 1990. Se adapta a las condiciones de los valles interandinos de la sierra, desde los 2000 hasta los 3000 metros de altitud.

Las características agronómicas de la planta incluyen un periodo de 84 a 92 días hasta alcanzar el 50 % de floración femenina y un tiempo de maduración que varía entre 150 y 170 días. Además, presenta un ciclo vegetativo intermedio, lo que se traduce en un rendimiento potencial de hasta 9.6 toneladas por hectárea, mientras que el rendimiento comercial puede alcanzar hasta 7.8 toneladas por hectárea. Cabe destacar que, en altitudes menores a 2,300 msnm, la planta alcanza la madurez de cosecha en un periodo de 5 meses, en contraste con las altitudes de 2,700 a 3,000 msnm, donde la maduración se extiende a 6 meses. (INIA, 2017)

- b. **INIA – 601:**

El maíz morado INIA 601 destaca por sus múltiples genes que regulan la antocianina, lo que le confiere notables propiedades antioxidantes beneficiosas para la salud, como la disminución de la presión arterial y el colesterol, además de prevenir ciertos tipos de cáncer. Esta investigación, parte del proyecto "Decodificando el genoma del maíz morado INIA 601", fue realizada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y financiada por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA). El estudio identificó 25 genes clave que favorecen la producción de antocianina en sus granos, coronta y panca. Asimismo, esta variedad se adapta óptimamente a diversas altitudes y representa una alternativa económica para productores pequeños y medianos, aumentando su rentabilidad en un 80%. Su comercialización incluye no solo el grano, sino también el tallo y la panca. Finalmente, ha sido

promovida en varias regiones del país, anticipando un aumento en su siembra en futuras campañas. (INIA, 2019)

c. **PM – 581:**

La Universidad Nacional Agraria La Molina ha desarrollado una variedad de maíz mejorada, originada de la variedad Morado de Caraz. Esta nueva variedad se ha adaptado perfectamente a las condiciones de la costa y la sierra baja, destacándose por su resistencia a enfermedades como la roya y la cercospora. Su ciclo vegetativo es de duración intermedia, y produce mazorcas de tamaño mediano, alcanzando entre 15 y 20 cm de longitud. Estas mazorcas son alargadas y se caracterizan por su elevado contenido de pigmento, lo que no solo resalta su atractivo visual, sino que también está relacionado con beneficios nutricionales. Además, esta variedad posee un notable potencial de rendimiento, alcanzando hasta 6 toneladas por hectárea, lo que la convierte en una opción prometedora para los agricultores que buscan mejorar su producción. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

d. **PM – 582:**

La variedad mejorada por la Universidad Nacional Agraria La Molina ha sido específicamente adaptada para crecer en las regiones de sierra alta. Se caracteriza por sus plantas de tamaño intermedio y mazorcas de dimensiones medianas, que presentan un alto contenido de antocianinas. Además, esta variedad tiene un potencial de rendimiento de 4 toneladas por hectárea. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

e. **UNC – 47**

Variedad que lanzó la Universidad Nacional de Cajamarca, denominada “Grone”. (Piña Díaz, 2018)

f. **Variedad MMM**

Se trata de una variedad experimental de maíz desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en la Estación

Experimental Agraria Baños del Inca. Esta variedad se caracteriza por plantas que alcanzan una altura promedio de 2 metros y presenta una precocidad que oscila entre 90 y 110 días desde la floración masculina. Además, cada planta produce en promedio dos mazorcas, con un rendimiento que varía entre 2 y 4 toneladas por hectárea. (Delgado Díaz, 2021)

2.2.10. Exigencias ambientales

a) Clima:

El maíz morado en Perú se adapta a diversos climas de la costa y sierra, gracias a sus múltiples variedades. Su desarrollo se ve favorecido en climas secos y temperaturas moderadas, especialmente en valles interandinos, a altitudes de 600 a 2500 msnm. En la sierra media, puede crecer en laderas y valles entre 1,800 y 2,800 msnm, con temperaturas anuales de 12° a 20°C y precipitación de 500 a 1,000 mm. La siembra en la costa se realiza principalmente en invierno (mayo y junio), mientras que en la sierra varía según la altitud. Esta variedad de maíz prospera mejor entre 23.9° y 29.4° C, y algunos estudios sugieren que puede cultivarse a altitudes de hasta 4,000 msnm. El ciclo vegetativo del maíz morado dura entre 180 y 240 días desde la siembra hasta la cosecha. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

b) Suelo:

El cultivo de maíz se desarrolla mejor en suelos con textura media, fértiles y bien drenados, aunque los suelos excesivamente pesados o muy sueltos presentan dificultades. Se recomienda un pH de 5.5 a 8, siendo el óptimo entre 6 y 7, ya que valores fuera de este rango pueden afectar la disponibilidad de nutrientes. Además, el maíz tolera moderadamente las sales en el suelo y en el agua de riego. Sin embargo, el exceso de humedad puede ser perjudicial, impactando negativamente la acumulación de pigmentos en las mazorcas. En resumen, las condiciones del suelo y el control del pH son cruciales para un cultivo exitoso de maíz. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

c) **Agua:**

La práctica del riego es fundamental para optimizar el crecimiento de los cultivos, ya que permite aprovechar la capacidad del suelo para retener agua en la zona radicular, asegurando así su disponibilidad para las plantas. A lo largo del ciclo del cultivo, las necesidades hídricas varían considerablemente; durante la emergencia, las plantas requieren menos agua, mientras que, en la fase de crecimiento vegetativo, la demanda hídrica aumenta notablemente. Es recomendable regar entre 10 a 15 días antes de la floración, ya que este período es crucial para el cuajado y la producción final. En la fase de floración, mantener una humedad adecuada es esencial para garantizar una polinización efectiva. A medida que las mazorcas se desarrollan, es prudente disminuir la cantidad de agua aplicada para favorecer el engrosamiento y la maduración del fruto. Así, un manejo adecuado del riego se traduce en una cosecha más productiva y de calidad. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

2.2.11. Composición principal del maíz morado: Antocianinas

La antocianina es un pigmento hidrosoluble que se almacena en las vacuolas de las células vegetales, siendo responsable de los colores rojo y púrpuras presentes en hojas, flores y frutos. Desde la perspectiva química, la antocianina se clasifica como una molécula polihidroxilada, glicosilada o polimetoxi, derivada del 2-fenil benzopirilio, con un peso molecular que habitualmente oscila entre 400 y 1200 KDa. Las antocianinas son un tipo de flavonoides compuestos por antocianidinas unidas a azúcares; su estructura incluye dos anillos aromáticos interconectados. (Rabanal y Medina, 2021)

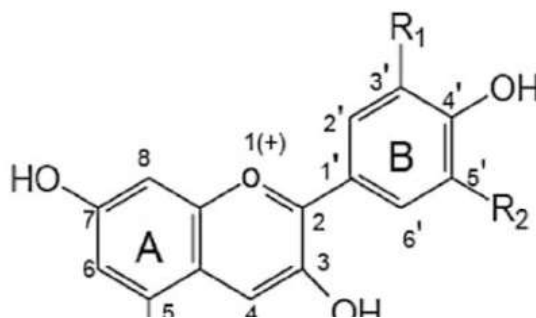


Ilustración 1: Estructura química de la antocianina

a. **Factores que influyen en el color y la estabilidad de las antocianinas:**

Depende del tipo de pigmento antociánico, pH, luz, temperatura, enzimas y otras moléculas como el oxígeno y el ácido ascórbico; los cuales tienen un gran impacto en la estabilidad de las antocianinas.

- **pH:** la antocianina tiene una naturaleza iónica, en un pH menor a 2, el pigmento se encuentra más estable de color rojo intenso. Si es mayor a 7 se presenta en forma de color azula púrpura.
- **La temperatura:** las antocianinas se vuelven inestables con el aumento de la temperatura.
- **La luz:** es útil en la asimilación de las antocianinas, pero a la vez genera su degradación, mantienen por más tiempo su color en la oscuridad. (Rabanal y Medina, 2021)

2.2.12. Beneficios de las antocianinas

Las antocianinas, antioxidantes presentes en los granos y mazorcas de maíz morado, benefician el sistema circulatorio y ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares al mejorar la circulación sanguínea y proteger los vasos de daños oxidativos, contribuyendo así a evitar el envejecimiento prematuro.

Además, estos compuestos tienen propiedades antiinflamatorias, favorecen la regeneración de tejidos y la formación de colágeno, lo que beneficia la salud de la piel. También se ha demostrado que ayudan a controlar los niveles de colesterol y mantener la presión arterial baja. Su inclusión en la dieta favorece la síntesis de ácidos grasos, siendo beneficioso para personas con diabetes y obesidad. Aunque no está completamente comprobado, se investiga su potencial para ayudar a prevenir el cáncer de colon. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2021)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en la provincia de San Marcos, en el distrito de Ichocán, dentro de la región de Cajamarca. Se realizó en los campos de los productores, abarcando diversos pisos altitudinales que oscilan entre los 2460 hasta los 3032 metros sobre el nivel del mar, e involucrando a los caseríos de Montoya, Sunchupampa y Llanupacha.

Departamento: Cajamarca

Provincia: San Marcos

Distrito: Ichocán

Caseríos: Montoya, Sunchupampa, Llanupacha

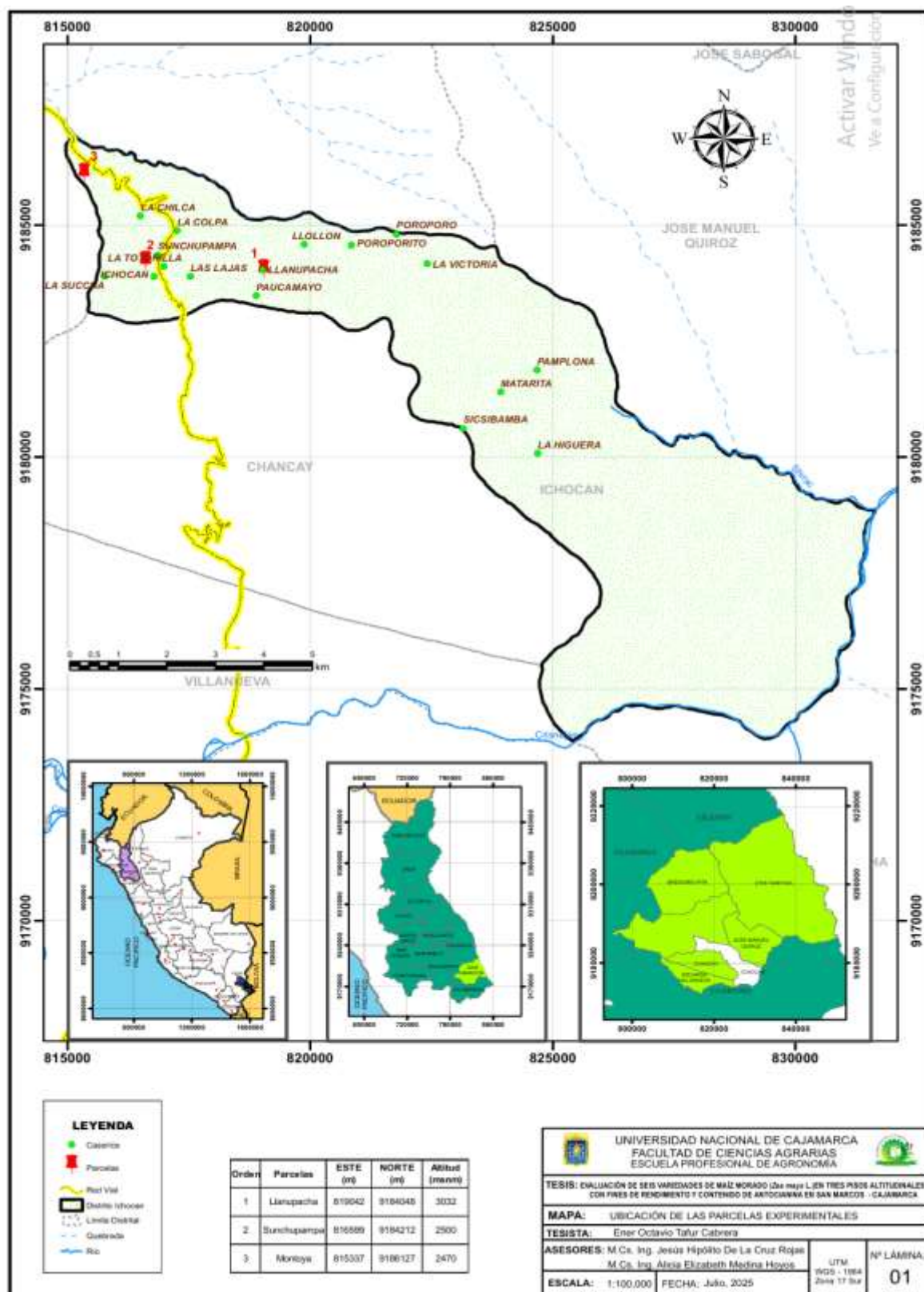


Ilustración 2: Ubicación de la zona de estudio en los Anexos Experimentales

3.2. Condiciones climáticas durante el cultivo

En la tabla 3, se muestran los índices climáticos durante el periodo de cultivo, que abarcan los meses de diciembre del año 2018 al mes de junio del año 2019

Tabla 2: Datos Meteorológicos- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI- 2019)

Las condiciones climáticas durante el periodo de cultivo fueron:

AÑO	MES	TEMPERATURA			PP (mm)	HR (%)
		Max	Min	Media		
2018	Diciembre	24.78	9.4	16.39	99.7	71.87
2019	Enero	25.50	11.26	17.60	95.1	70.01
2019	Febrero	24.81	13.07	17.62	123.1	78.87
2019	Marzo	24.13	12.42	16.88	130.6	82.71
2019	Abril	24.01	11.34	16.30	77	80.08
2019	Mayo	25.65	8.47	16.65	24.7	66.10
2019	Junio	24.91	7.57	15.68	7.7	63.53
PROMEDIO		24.82	10.50	16.73	79.7	73.31

temperatura máxima de 24,82 °C, temperatura mínima de 10.50 °C y la temperatura media de 16.75, con una precipitación (PP) de 79.7 mm y una humedad relativa (HR) de 73.31

3.3. Análisis físico – químico del suelo

Estos resultados se obtuvieron en el Laboratorio de Análisis del Suelo de la Estación Experimental Agraria - Baños del Inca (EEA) e Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

Tabla 3: Resultados del análisis físico - químicos de las muestras de suelo de los 3

Localidad	Altitud (m)	Determinación				Recomendación		
		P (ppm)	K (ppm)	Ph	M.O.(%)	N	P	K
Sunchupampa	2470	1.42	345	7.3	2.35	110	65	40
Montoya	2500	1.42	345	7.3	2.35	110	65	40
Llanupacha	3032	10.02	345	7.3	2.63	110	50	40

Así tenemos que:

La tabla muestra el análisis de suelos en tres localidades: Sunchupampa, Montoya y Llanupacha, situadas entre los 2470 y 3032 m s.n.m. En Sunchupampa y Montoya, el fósforo disponible es muy bajo (1.42 y 1.43 ppm), mientras que en Llanupacha es notablemente mayor (10.02 ppm), aunque posiblemente aún insuficiente. El potasio se mantiene constante y adecuado en las tres localidades (345 ppm). El pH en todos los casos es de 7.3, lo que indica suelos ligeramente alcalinos, aptos para muchos cultivos. La materia orgánica es moderada en Sunchupampa y Montoya (2.35%), y un poco más alta en Llanupacha (2.63%), lo que sugiere mejores condiciones para la retención de nutrientes en esta última. La recomendación de fertilización para nitrógeno es uniforme (110 kg/ha), mientras que para fósforo varía, siendo menor en Llanupacha (50 kg/ha) debido a su mayor contenido inicial. El potasio recomendado se mantiene constante (40 kg/ha) en todas las localidades. Esto indica que las necesidades nutricionales difieren principalmente por el nivel de fósforo disponible. En general, los suelos requieren suplementación para un desarrollo óptimo de los cultivos.

3.3. Materiales

a. Material biológico

Se utilizó semilla certificada de seis variedades de maíz morado, proporcionadas por la Estación Experimental Agropecuaria (EEA). Baños del Inca - Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Tabla 4: Variedades de maíz morado cultivadas en la investigación

CLASE	VARIEDAD
V1	INIA 601
V2	Morado mejorado
V3	Canteño
V4	UNC 47
V5	INIA 615
V6	PM581

b. Materiales de campo:

- Aceite vegetal para eliminar el gusano mazorquero
- Etiquetas
- Carpa
- Máquina picadora
- Balanza
- Bolsas de cartón
- Baldes
- Wincha
- Rafia
- Letreros
- Cámara fotográfica

c. Materiales de laboratorio:

- Agitador magnético
- Balanza analítica digital
- Cocina magnética
- Cuchara medidora
- Espectrofotómetro

- Fiola de 100 mL
- Hidroxiácido (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 precipitación de 250 mL

d. Materiales usados en la obtención de antocianina

- Tusa (coronta) y panca (bráctea) de las 6 variedades de maíz morado,
- Solución de etanol – ácido clorhídrico al 2%
- Agua desionizada

3.3. Otros materiales

- **Insumos.** Aminorgan, guano de aves marinas y aceite comestible.
- **Equipos, herramientas.** Bolsas, balde, estacas, Wincha, letreros, balanza, etiquetas y cucuruchos.
- **Infraestructura diversa.** Campo de cultivo, almacén.
- **Útiles de escritorio.** Libro de campo, papel bond A4, folder, lápiz, lapicero, cartulina, Vinifan, rafia y cuaderno de campo.

3.4. Metodología de la investigación

1. Tipo y nivel de la investigación:

Según la intervención del investigador: es de tipo experimental

Según el alcance: es de tipo descriptivo, ya que el objetivo general es evaluar 6 variedades de maíz morado en tres pisos altitudinales para determinar la variedad con mejor rendimiento y contenido de antocianinas.

Según el número de mediciones de las variables de estudio: es de tipo

longitudinal.

Según el diseño de la investigación: es un estudio experimental.

2. Técnicas de muestreo y diseño de la investigación

a. Técnica de muestreo: La técnica utilizada es el muestreo probabilístico tipo estratificado.

b. Diseño de la investigación:

Se utilizó el Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar con seis variedades y tres repeticiones, en cada uno de los tres pisos altitudinales (ambientes o localidades), evaluándose de esta manera el comportamiento de cada uno de ellos para finalmente determinar el rendimiento y contenido de antocianinas. Para el estudio de las antocianinas se utilizó el método de Fulekis Francis y para el rendimiento los datos tomados de muestras a continuación. Cuyas características para cada campo experimental y croquis, se muestran a continuación:

Características del campo experimental:

Localidades:	03
Variedades:	06
Repeticiones :	04
Ancho de calles :	1,0 m.
Número de espacios :	03
Longitud de los surcos :	5,5 m.
Ancho de los surcos :	0,80 m.
Distancia entre plantas :	0.60 m
Número de surcos por unidad experimental:	16
Golpes por surco :	11
Nº de golpes por unidad experimental :	176
Área de cada unidad experimental:	60 m ²
Área de ensayo:	448 m ²

3.5. Diseño Experimental y modelo estadístico en la investigación

Se está utilizando el diseño experimental de Bloques Completamente al azar con

densidad de siembra de 50.000 plantas ha⁻¹ sembrando en cinco surcos establecidos a 80 cm y 50 cm entre golpe o planta y se colocaron 2 semillas por golpe con cuatro repeticiones, cada surco tiene 5.5 metros de largo y la evaluación se realizó en tres 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, Maíz Morado Mejorado (MMM), UNC-47, INIA-615 y la variedad PM- 581.

3.6. Croquis del experimento

El campo experimental se tuvo la siguiente distribución de los Núcleos de Semilla Genética (NSG):

Surcos por repetición: 4

Golpes por tratamiento: 11

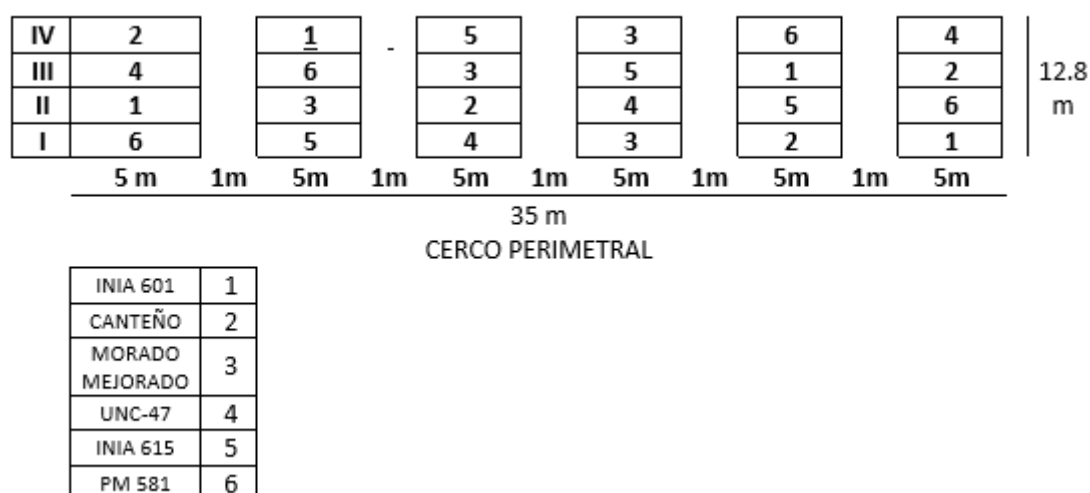


Ilustración 3: Croquis del experimento

3.7. Conducción de las parcelas en campo

1. Preparación del terreno

La preparación de terreno fue realizada con maquinaria agrícola (tractor) facilitada por la EEA del INIA. Primero se pasó un arado de discos seguido de rastra para el desterronado, mullido y nivelado del terreno. El surcado fue realizado en forma manual.

2. División de las parcelas en bloques

De acuerdo al croquis previamente elaborado del experimento, se procedió a la

demarcación de los bloques, parcelas, calles, delimitado con estacas y cordeles.

3. Siembra

La siembra se realizó con un distanciamiento de 0.80 m entre surcos, y 0.50 m entre golpes, depositando 2 semillas por golpe a una profundidad aproximada de 2 a 3 cm utilizando herramienta de uso manual. Seguidamente una vez realizado el hoyo con el marcador de siembra de acuerdo a la densidad de cada unidad experimental, se procedió a abonar con 750 kg ha⁻¹ de guano de isla y 115 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio. La semilla certificada fue proporcionada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

4. Deshije

Cuando las plantas presentaban de 3 a 4 hojas y estaban para realizar el deshiero, se llevó a cabo el deshije dejando una planta por golpe; retirando las plantas que tienen crecimiento acelerado o que demoraron en germinar, dejando la parcela con plantas de crecimiento uniforme.

5. Deshierbo

El deshiero se realizó oportunamente cuando las malezas recién estaban emergiendo, para evitar la población de las malezas y competir en la fertilización con el cultivo, y otros factores asociados al rendimiento; con la ayuda de una herramienta agrícola (lampa).

6. Fertilización

La fertilización se realizó al momento de la siembra, en el aporque y al inicio de la floración.

- a. Al momento de la siembra: 750 kg ha⁻¹ de guano de isla a 90 – 83 – 19 kg de N – P – K. y cloruro de potasio a 0 – 0 – 69 kg de N – P – K.
- b. En el aporque: 180 kg ha⁻¹ de Guano de isla a 22 – 20 – 5 kg de N – P – K, 20 kg ha⁻¹ de Urea a 10 – 0 – 0 kg de N – P – K y 40 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio a 0 – 0 – 24 kg de N – P – K.
- c. Al inicio de la floración: 50 kg ha⁻¹ de urea a 23 – 0 – 0 kg de N – P – K y 35 kg ha⁻¹ de cloruro de potasio a 0 – 0 – 21 kg de N – P – K.

7. Aporque

Se llevó a cabo cuando las plantas contaban con 6 a 8 hojas, utilizando una

herramienta agrícola para extraer tierra de los camellones. Este procedimiento facilitó el desarrollo de las raíces laterales, proporcionando un anclaje más sólido en el suelo y minimizando el riesgo de acame o caída de las plantas.

8. **Riego.** No se realizaron riegos, la zona del trabajo de investigación no cuenta con riego, se sembró al secano.
9. **Control fitosanitario.** Se realizó en cada etapa del cultivo, en el momento oportuno y de acuerdo a las evaluaciones técnicas en campo. Para controlar el cogollero del maíz y gusano mazorquero, se utilizó los insecticidas Furadan 48 FW a una dosis de 0.5 l t ha⁻¹ mezclada con Cyperklyn 25 EC a una dosis de 250 ml ha⁻¹, en mochila de 20 L. Sumado al control químico, se aplicó 3 gotas de aceite de uso doméstico en la panoja o conjunto de “barbas” de la mazorca, para el control del gusano “mazorquero”.
10. **Cosecha.** Se realizó a partir de los 180 días después de la siembra, teniendo en cuenta el clima cuando el maíz empezó a secarse las hojas y presentando una humedad aproximada del 30 %. Para esta actividad se procedió a arrancar y despancar (separación de brácteas con mazorcas) las mazorcas, sin tumbar o chancar la planta, usando bolsas para recoger el producto.

3.8. Toma de datos biométricos en precosecha (Variables evaluadas).

1. Número de plantas

Se obtuvo contando la cantidad de plantas que hubo en cada unidad experimental al momento de la cosecha. Este dato es importante para corregir el rendimiento de grano seco por fallas.

2. Días a la floración femenina

Se evaluó en los cuatro 4 surcos centrales de cada tratamiento, se seleccionaron aleatoriamente diez plantas por tratamiento para determinar los días transcurridos desde la siembra al 50 % de la floración femenina.

3. Días a la floración masculina

Se evaluó en los cuatro 4 surcos centrales de cada tratamiento. Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta que más del 50 % de las plantas presentaron las panojas desprendiendo polen.

4. Altura de planta

Se realizaron medidas en cada unidad experimental tomadas en los 4 surcos

centrales, desde el cuello de la planta, hasta el nudo de la última hoja, expresado en cm. Se tomaron altura de 10 plantas al azar de la parcela para tratamiento.

5. **Altura de mazorca**

Se efectuaron mediciones de plantas tomadas en los 4 surcos centrales, desde el nivel del suelo de planta hasta la posición de la mazorca superior.

6. **Precocidad según las locaciones**

La precocidad se definió contabilizando los días transcurridos desde la fecha de siembra hasta la fecha de cosecha.

Tabla 5: *Cálculo de la precocidad por localidades*

LOCALIDAD	ALTITUD	FECHA DE SIEMBRA	FECHA DE COSECHA	PRECOCIDAD (DÍAS)
Montoya	2470 msnm	27/11/2018	25/04/2019	152
Sunchupampa	2500 msnm	7/11/2018	16/04/2019	161
Llanupacha	3032 msnm	05/11/2018	20/04/2019	168

Se observa que en la localidad de Montoya se cosechó en 152 días, en Sunchupampa en 161 días; y Llanupacha en 168 días. Obteniendo un promedio de cosecha de 160

3.9. **Toma de datos biométricos en cosecha**

1. **Peso de campo**

Consiste en colocar las mazorcas cosechadas de los 4 surcos centrales de cada unidad experimental en baldes y con la ayuda de una balanza de reloj, se obtiene el peso correspondiente de cosecha en fresco, que servirá luego para determinar el rendimiento al corregir 14% de humedad (INIA, 2007).

2. **Grados de pudrición**

Consiste en ubicar todas las mazorcas de los 4 surcos centrales de cada unidad

experimental distribuidas en forma ordenada de menor a mayor según el porcentaje (grado) de pudrición que presenta cada una de ellas; luego se cuenta el número de mazorcas dependiendo el grado de pudrición. Se considera para ello la escala determinada por CIMMYT (1996), constituida por grados del 1 al 6; donde:

Tabla 6: Escala de evaluación de la pudrición de la mazorca

GRADO	PORCENTAJE DE 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

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

Esta información permite realiza el cálculo promedio ponderado de pudrición (PPP), cuya fórmula es:

$$PPP = [\Sigma (G1*5.5... G6*88)/\Sigma (G1...G6)]$$

Desarrollándose de la siguiente manera: **PPP** = [(N° de mazorcas podridas grado1 * Promedio de grado 1) + (N° de mazorcas podridas * Promedio de grado 2) +... (N° de mazorcas podridas * Promedio de grado 6)/N° de mazorcas.

3.10. Muestra para determinar humedad

De cada unidad experimental se recogió 10 mazorcas al azar; de las cuales se extrajó 2 hileras de grano de cada una; de esta muestra se pesó 100 g (peso húmedo) y se

colocó en bolsas de papel, para luego identificarlas y colocarlas en una estufa con una temperatura de 105 °C por 24 horas para luego determinar el porcentaje de humedad con que fue cosechado el producto. 100 g inicial – peso obtenido después de 24 horas = humedad.

3.11. Análisis de varianza

Tabla 7: Análisis de varianza para el diseño bloques completos al azar, para cada localidad

Agricultor	Altitud	Caserío	Variedad
José Damián	2470	Montoya	INIA601, CANTEÑO,
Paredes Urbina	msnm		MM, INIA615, UNC47, PM581
Marcos	2500	Sunchupampa	INIA601, CANTEÑO,
Burgos Urbina	msnm		MM, INIA615, UNC47, PM581
Pedro	3032	Llanupacha	INIA601, CANTEÑO,
Sánchez	msnm		MM, INIA615,
Cotrina			UNC47, PM581

3.12. Método de análisis para determinación de antocianinas

Se seleccionaron aleatoriamente diez plantas por tratamiento para determinar el contenido de antocianinas tanto en brácteas como en coronta se determinó con el método de Fulekis Francis, en el laboratorio de la empresa PRONEX S.A en la ciudad de Lima. El cual los resultados se expresaron en porcentaje.

3.13. Pasos para la obtención del porcentaje de antocianinas en brácteas y corontas en el laboratorio de acuerdo al método de Fulekis Francis.

1. Pesamos 0.40 gr de bráctea molida y 0.30 gr de coronta, utilizando una balanza analítica, luego procedemos a tapar el vaso de precipitación de 250 ml y seguidamente pesamos la materia prima (muestra), luego colocamos 100 ml de hidroácido (HCl + Alcohol al 96%), pesamos y anotamos el peso total (materia prima + hidroácido).
2. Utilizando papel aluminio tapamos el vaso de precipitación con el contenido para evitar que se pierda el alcohol por evaporación, luego colocamos un imán en la muestra con la finalidad que haya una mezcla homogénea y seguidamente

ubicamos en el agitador magnético a 300 revoluciones/minuto, el agitador magnético contiene un termómetro digital el mismo que debemos poner a una temperatura de 60 °C y dejamos durante dos horas.

3. Retiramos el vaso de precipitación del agitador magnético y, a continuación, extraemos el imán. Agregamos hidrógeno de acuerdo con los datos de la pesada inicial (materia prima más hidrógeno). Cubrimos con papel aluminio, mezclamos la muestra y la dejamos reposar durante treinta minutos.
4. Después de transcurridos treinta minutos, utilizando una pipeta, retiramos 5 ml de la solución y los vertemos en un frasco de 100 ml. A continuación, añadimos hidrógeno hasta completar el volumen total de 100 ml en el frasco. Luego, lo cerramos con un tapón y agitamos la mezcla hasta lograr una muestra homogénea. Posteriormente, llevamos la muestra al espectrofotómetro, configurado a una longitud de onda de 535 nm y equipado con una celda de 1 cm de longitud de paso, para obtener el resultado de la absorbancia.
5. Luego calculamos el porcentaje de antocianina por cada muestra pesada, utilizando la siguiente fórmula:

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

Donde:

- **Abs (535)** es la longitud de onda absorbida (espectrofotómetro).
 - **2000**, es una constante.
 - **982**, es una constante.
 - **P (g)**, es el peso inicial de materia prima + hidroxígeno (g r)
6. Determinar la mejor variedad con más alto porcentaje de antocianinas en brácteas y corontas, midiendo porcentaje de las tres localidades y de los tratamientos.

3.14. Análisis estadístico

Se analizaron diferentes variedades morfológicas, rendimiento y cantidad de antocianinas en corontas de cada tratamiento, se tabuló y se realizó el análisis a

través del software InfoStat 2020, se utilizó para obtener datos estadísticos, varianzas, prueba de homogeneidad de varianzas, normalidad, prueba de Shapiro-Wilk, prueba de medias y el análisis estadístico individual y combinado, así como las pruebas de rango múltiple (Vásquez, 2014).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento promedio de 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en tres pisos altitudinales

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza para el rendimiento de seis variedades de maíz morado evaluadas en tres localidades. En ella se observa que la fuente de variación “Repeticiones” no muestra diferencias estadísticas significativas, ya que el valor de $F = 0.01$ y su correspondiente p-valor = 0.9999, lo que indica que la variación entre repeticiones es mínima y atribuible al azar. La suma de cuadrados del error es considerable ($SC = 21.68$), lo cual sugiere que la mayor parte de la variabilidad del rendimiento se debe a factores no controlados por el experimento. El coeficiente de variación ($CV = 21.77 \%$) es relativamente alto, lo que refleja cierta dispersión en los datos. La media general del rendimiento fue 8.32, y hace referencia para evaluar el comportamiento de cada variedad. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.89$) indica que el modelo estadístico utilizado explica el 89 % de la variabilidad total observada, lo cual es adecuado.

Tabla 8: Análisis de varianza para el rendimiento en las tres localidades y las seis variedades de maíz morado

F.V	SC	GL	CM	F	p-valor
	0.09	5	0.02	0.01	0.9999
Repeticiones	0.09	5	0.02	0.01	0.9999
Error	21.68	12	1.81		
Total	21.77	17			

$$M = 8.32 \quad R^2 = 0.89 \quad Cv = 21.77 \%$$

La tabla 9 presenta los resultados de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, aplicada al rendimiento promedio (t/ha^{-1}) de seis variedades de maíz morado evaluadas en tres localidades. El valor de la DMS (Diferencia Mínima Significativa) es 3.68661, lo cual indica que para que existan diferencias estadísticas significativas entre dos medias, su diferencia debe superar este valor. Las medias de rendimiento para las variedades evaluadas van desde 2.55 t/ha (INIA 601) hasta 2.75 t/ha (MM). Sin embargo, todas las variedades comparten la misma letra ("A") en la columna de comparación estadística, lo cual indica que no

existen diferencias significativas entre ellas. Esto implica que, aunque hay ligeras variaciones en el rendimiento promedio entre las variedades, estadísticamente se comportan de forma similar en las condiciones evaluadas. Además, el número de repeticiones ($n = 3$) es constante para todas, y el error estándar (E.E) también es igual (0.78), lo que sugiere uniformidad en la variabilidad de los datos. Por lo tanto, ninguna de las variedades superó significativamente a las otras en rendimiento, por lo que todas pueden considerarse equivalentes en cuanto a producción en las 3 localidades estudiadas.

Tabla 9: Prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad para el rendimiento promedio en t/ ha-1 de seis variedades en tres localidades.

DMS: 3.68661 Error: 1.8069 gl: 12

VARIEDADES	medias	n	E.E	
INIA 601	2.55	3	0.78	A
CANTEÑO	2.56	3	0.78	A
PM 581	2.60	3	0.78	A
UNC 47	2.61	3	0.78	A
INIA 615	2.68	3	0.78	A
MM	2.75	3	0.78	A

La figura 4 corrobora lo expuesto.

Ilustración 4: Rendimiento promedio en t / ha-1 de las seis variedades de maíz morado sembradas en tres localidades respectivamente.



Estos resultados son superiores a los obtenidos por Medina et al., 2020; Valera (2019),

quienes obtuvieron rendimientos que oscilaron entre 1.90 tha^{-1} hasta 2,40 $\text{t} / \text{ha}^{-1}$.

4.2. Análisis de contenido de antocianinas en coronta

Se presentan los resultados del contenido de antocianinas en coronta provenientes de tres localidades. Se considera a cada localidad como un bloque.

La tabla 10 muestra el análisis de varianza del contenido de antocianinas en la coronta de seis variedades de maíz morado. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre las variedades evaluadas, ya que el valor de F es 0.71 y el p-valor es 0.63, superior al nivel de significancia estándar (0.05). Esto significa que las variaciones observadas en el contenido de antocianinas no se deben a las diferencias genéticas entre variedades, sino probablemente a otros factores. El coeficiente de determinación R^2 es 0.23, lo que indica que solo el 23% de la variabilidad total es explicada por las 6 variedades, mientras que el 77% se debe al error o factores no controlados, como los factores ambientales. Además, el coeficiente de variación (CV) es de 32.80%, lo cual sugiere una alta variabilidad relativa. El valor de $R = 1.8$ no es particularmente alto, lo que refuerza esta conclusión.

Tabla 10: Análisis de varianza del contenido de antocianinas en coronta de seis variedades de maíz morado

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.76	5	1.55	0.71	0.63
Variedades	7.76	5	1.55	0.71	0.63
Error	26.3	12	2.19		
Total	34.06	17			
R=1.8	R=0.23	CV=32.80			

En la tabla 11, se muestran los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para el contenido promedio de antocianinas en coronta en seis variedades de maíz morado evaluadas en tres localidades. Las medias varían desde 3.62 (CANTEÑO) hasta 5.5 (INIA 601), siendo esta última la que presentó el mayor contenido promedio de antocianinas. A pesar de las diferencias numéricas entre las medias, todas las variedades comparten la misma letra ("A") según la prueba de Tukey, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas al nivel de significancia de 0.05. Esto indica que, aunque INIA 601 y PM 581 tienen contenidos más altos, estas diferencias podrían

deberse al azar o a variabilidad natural. El error estándar fue constante (0.85) en todas las variedades, lo que muestra una consistencia en las mediciones. El valor del error (2.1919) y la DMS (4.06040) refuerzan que las diferencias entre medias no superan el umbral mínimo para considerarse significativas. Por lo tanto, no se puede afirmar con certeza que alguna variedad tenga un contenido superior de antocianinas en maíz morado coronta, aunque INIA 601 muestra una tendencia favorable.

Tabla 11: Prueba de comparación múltiple Tukey para el contenido promedio de antocianinas de coronta en 6 variedades y 3 localidades

Prueba de Tukey $\alpha=0.05$ DMS=4.06040 Error: 2.1919 gl: 12

VARIETADES	MEDIAS	N	E.E	
CANTEÑO	3.62	3	0.85	A
UNC 47	3.79	3	0.85	A
MM	4.4	3	0.85	A
INIA 615	4.88	3	0.85	A
PM 581	4.9	3	0.85	A
INIA 601	5.5	3	0.85	A

En la figura 5 nos muestra la variación en cuanto a los promedios de antocianinas en coronta entre las seis variedades de maíz morado



Ilustración 5: Variación de promedios de antocianinas entre las seis variedades de maíz morado – Coronta

Estos resultados son inferiores a los de Rabanal y Medina (2020), así como a los de Medina et al., (2020) quienes con las mismas variedades obtuvieron rendimientos

de antocianinas en coronta que fluctuaron de 6.7 mg g^{-1} a 7.5 mg g^{-1} para INIA 601, MM y UNC 47. Esto se puede deber a la degradación de los suelos y a las variaciones climáticas con respecto a los años anteriores.

Además en la ilustración 6, se muestra el porcentaje promedio de antocianinas en coronta de maíz morado en tres localidades: Llanupacha, Montoya y Sunchupampa, cada una ubicada en diferentes pisos altitudinales del distrito de Ichocán. Se observa que Llanupacha presenta el mayor contenido promedio de antocianinas (aproximadamente 5.7%), seguido por Sunchupampa (alrededor de 4.9%) y Montoya (4.7%).

Esta distribución sugiere que existe una relación positiva entre altitud y concentración de antocianinas: Llanupacha, al ubicarse presumiblemente en el piso más alto, favorece una mayor síntesis de estos compuestos. Esto concuerda con estudios que indican que el estrés ambiental moderado en zonas altas, como mayor radiación UV, temperaturas más bajas y menor presión atmosférica, puede estimular la producción de compuestos fenólicos como las antocianinas.

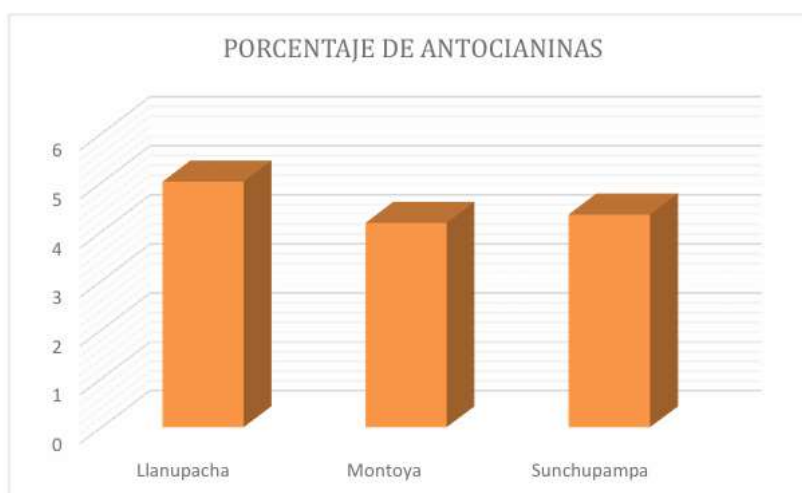


Ilustración 6: Porcentaje de antocianina en coronta en 3 localidades

4.3. Análisis de contenido de antocianinas en brácteas

En la tabla 12, se presentan los resultados del análisis de varianza del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado. Se observa que la fuente de variación “Variedades” tiene una suma de cuadrados (SC) de 23.49 con (gl) de 5, lo que genera un cuadrado medio (CM) de 4.7. Al compararlo con el error (CM=0.74), se obtiene un valor F de 6.31, acompañado de un p-valor de 0.00, lo que indica una

diferencia estadísticamente significativa entre al menos una de las variedades al nivel de confianza del 95%. Es decir, no todas las variedades tienen el mismo contenido de antocianinas en sus brácteas. El coeficiente de variación (CV) es de 46, lo cual sugiere una alta variabilidad relativa entre las repeticiones del experimento, posiblemente debido a factores ambientales o genéticos. El coeficiente de determinación ($R=0.72$) indica que el 72% de la variabilidad en el contenido de antocianinas puede explicarse por las diferencias entre variedades, lo que es un valor aceptable en estudios agrícolas. Por lo tanto, las variedades de maíz morado influyen significativamente en el contenido de antocianinas en las brácteas, lo que es relevante para la selección de cultivos.

Tabla 12: *Análisis de varianza del contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado*

	SC	gl	CM	F	p-valor
F.V	23.49	5	4.7	6.31	0
Variedades	23.49	5	4.7	6.31	0
Error	8.94	12	0.74		
Total	32.43	17			
CV=46.					
N=18	R=0.72	18			

La tabla 13 presenta los resultados de una prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% de significancia ($\alpha = 0.05$) sobre el contenido promedio de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado. Las medias varían desde 0.6 mg/g en CANTEÑO hasta 3.71 mg/g en INIA 601, siendo esta última la que mostró el contenido más alto. Las letras asignadas a cada media (A, AB, B) indican diferencias estadísticas: CANTEÑO, UNC 47 e INIA 615 no difieren significativamente entre sí (grupo A), mientras que INIA 601 pertenece al grupo B, diferenciándose estadísticamente de CANTEÑO y UNC 47. Las variedades PM 581 y MM se ubican en un grupo intermedio (AB), lo que indica que no difieren significativamente ni del grupo A ni del B, pero presentan valores superiores a los del grupo A. Así, INIA 601 se destaca por tener el mayor contenido de antocianinas en brácteas, mientras que CANTEÑO, UNC 47 e INIA

615 muestran bajos niveles, lo cual es relevante para futuros programas de mejoramiento.

Tabla 13: Contenido de antocianinas de las seis variedades de maíz morado haciendo la Prueba Tukey

Alfa=0.05 DMS=2.36711 Error: 0.7450 gl:12

Variedad	Medias	n	E.E
CANTEÑO	0.6	3	0.5 A
UNC 47	0.78	3	0.5 A
INIA 615	1.06	3	0.5 A
PM 581	2.28	3	0.5 AB
MM	2.78	3	0.5 AB
INIA 601	3.71	3	0.5 B

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

Como se observa en la ilustración 7, donde se representa el promedio de antocianinas por variedad en brácteas, así se tiene que la variedad INIA 601 presenta el valor más alto (cerca a 3.8–4.0 mg/g), lo que indica su mayor capacidad para acumular antocianinas en las brácteas. Le siguen en orden descendente las variedades MM (aprox. 3.0 mg/g) y PM 581 (alrededor de 2.5 mg/g), que también muestran un buen desempeño en la síntesis de antocianinas. En contraste, las variedades CANTEÑO, UNC 47 e INIA 615 presentan los niveles más bajos, todos por debajo de 1.5 mg/g. Por tanto, variedades como INIA 601, MM y PM 581 serían las más adecuadas para programas de mejoramiento.

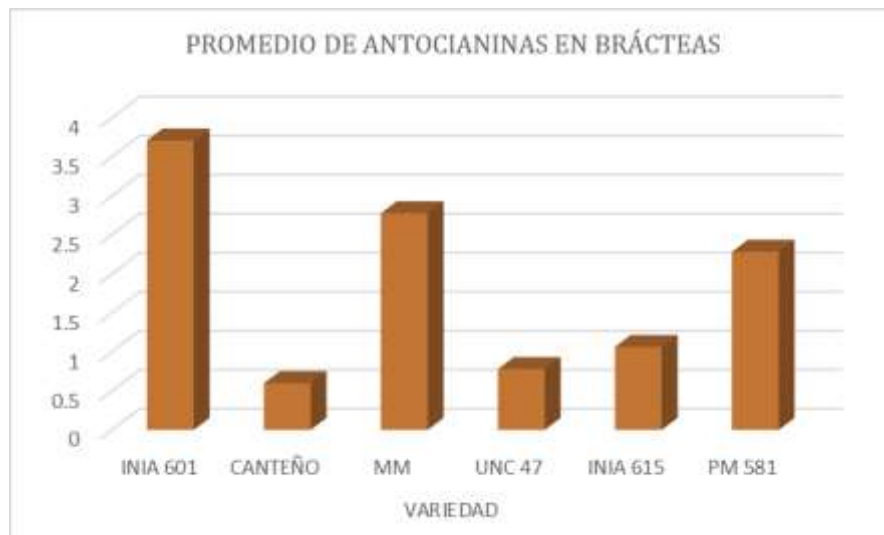


Ilustración 7: Porcentaje de contenido de antocianinas en las brácteas de seis variedades de maíz morado - brácteas

Por último, tenemos la ilustración 8, donde se muestra el porcentaje promedio de contenido de antocianinas en brácteas de seis variedades de maíz morado cultivadas en tres localidades: Llanupacha, Montoya y Sunchupampa. Se observa que Montoya y Sunchupampa presentan los valores más altos, con un promedio ligeramente superior a 2.3%, mientras que Llanupacha muestra el valor más bajo, alrededor de 1.6%. Este comportamiento sugiere que el contenido de antocianinas está influenciado por factores agroclimáticos como altitud, temperatura, humedad y radiación solar.

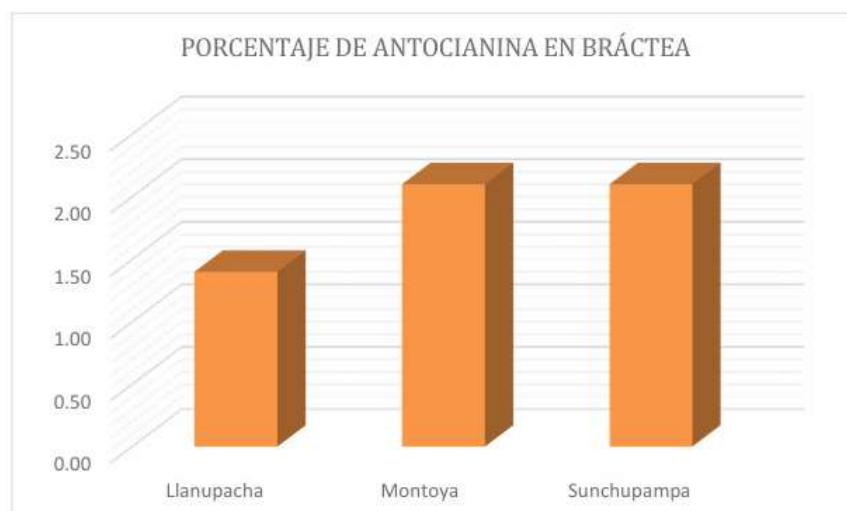


Ilustración 8: Porcentaje de contenido de antocianina en brácteas en las tres localidades del experimento

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las seis variedades de maíz morado evaluadas presentan rendimientos similares, sin diferencias estadísticas significativas. A pesar de las diferencias numéricas entre las medias de rendimiento (de 2.55 t/ha a 2.75 t/ha), el análisis estadístico, mostró que no existen diferencias significativas entre las variedades en las tres localidades evaluadas. Esto indica que, bajo las condiciones ambientales del distrito de Ichocán, todas las variedades tienen un comportamiento productivo estadísticamente equivalente.
- El contenido de antocianinas en la coronta no difiere significativamente entre variedades, pero varía según la altitud. Aunque la variedad INIA 601 presentó el mayor contenido promedio de antocianinas en coronta (5.5 mg/g), las diferencias entre variedades no fueron estadísticamente significativas ($p = 0.63$). Sin embargo, los datos sugieren una tendencia creciente del contenido de antocianinas con la altitud, siendo Llanupacha la que registró el mayor porcentaje. Esto respalda la hipótesis de que condiciones agroclimáticas como la radiación UV y el estrés ambiental favorecen la síntesis de compuestos fenólicos en el maíz morado.
- Existen diferencias significativas en el contenido de antocianinas en las brácteas entre las variedades, destacando INIA 601. El contenido de antocianinas en las brácteas sí mostró diferencias estadísticamente significativas entre las variedades ($p = 0.00$). Siendo INIA 601 quien presentó mayor contenido (3.71 mg/g), diferenciándose significativamente de CANTEÑO, UNC 47 e INIA 615.

5.2. RECOMENDACIONES

- Identificar la variedad de maíz morado más adecuada para su recomendación y aprovechamiento por la población del distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. Porque algunas variedades, como INIA 601, mostraron mayor contenido de antocianinas, lo que las hace más valiosas para el consumo y la transformación en productos funcionales.
- Se recomienda fomentar la siembra de las variedades de maíz morado que

presentaron mayor contenido de antocianinas en los pisos altitudinales evaluados, priorizando aquellas cultivadas en zonas intermedias y altas donde se observó una mayor concentración de estos compuestos bioactivos. Porque se comprobó que en mayores altitudes el contenido de antocianinas fue superior, favoreciendo la calidad nutricional y el valor agregado del cultivo.

- Se sugiere promover investigaciones complementarias sobre las condiciones agroclimáticas que favorecen la síntesis de antocianinas, con el fin de optimizar el manejo agronómico y mejorar la calidad funcional del cultivo.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Maza Poma, V. A. (2022). *Rendimiento y contenido de antocianinas en respuesta a la modificación de la relación fuente-sumidero en periodo pre y post-antesis en un genotipo local de maíz morado (Zea mays L.), establecido en el sector la Argelia, ciudad de Loja* [Universidad Nacional de Loja].

<https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d5c9dc9e-7b7d-4abf-a89c-70cae0c5adfd/content>

Urquiza Cruz, E. P., & Sánchez Salcán, N. de J. (2019). *Extracto de maíz morado como indicador químico*.
<https://chakinan.unach.edu.ec/index.php/chakinan/article/view/335/276>

Delgado Díaz, J. P. (2021). *Comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan - Cajamarca* [Universidad Nacional de Cajamarca].

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

Guillén Sánchez, J., Mori Arismendi, S., & Aucar Menacho, L. M. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (Zea mays L.) var. subnigroviolaceo. *Scientia Agropecuaria*.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172014000400005&script=sci_abstract

INIA. *Maíz morado INIA 601 posee mayores propiedades de antioxidantes*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://www.inia.gob.pe/2019-nota-159/#:~:text=%2D%20El%20ma%C3%ADz%20morado%20INIA%20601,prevenir%20varios%20tipos%20de%20c%C3%A1ncer>.

INIA. (2017). *INIA 615 - Negro Canaán*. Recuperado el 13 de noviembre de 2024, de https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_615.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *El maíz morado peruano*. Recuperado el 17 de noviembre de 2024, de

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/1798>

Piña Díaz, P. C. (2018). *Comparativo del 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*. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2874/COMPARATIVO%20DE%20RENDIMIENTO%20Y%20CONTENIDO%20DE%20ANTOCIANINAS%20EN%206%20VARIEDADES%20DE%20MA%c3%8dZ%20MORADO%20%28Zea%20mays%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rabanal Atalaya, M., & Medina Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (Zea mays L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*. Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100201

Requis Varillas, F. (Setiembre de 2012). *Manejo agronómico del maíz morado en los valles interandinos del Perú*. Recuperado el 21 de diciembre de 2024, de

<https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/851/1/Maiz%20morado%20inia.pdf>

Valera Mantilla, P. (2019). *Efecto de la altitud en el rendimiento y el contenido de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocán*. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3698/tesi%20s%20-%20PIERRE%20OMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vásquez, V. 2014. *Diseños Experimentales con SAS*. Edita CONCYTEC FONDECYT. Cajamarca, Perú. 701 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>

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>.

CAPITULO VII

ANEXOS

ANEXOS 1: Análisis de antocianinas

1.1. Análisis de antocianinas en coronta

Tabla 14: Contenido de antocianinas en coronta (%) de seis variedades de maíz morado en tres localidades

LOCALIDAD	ALTITUD	VARIEDAD						Promedio
		INIA 601	CANTEÑO	MM	UNC 47	INIA 615	PM 581	
Llanupacha	3032 (msnm)	4.93	3.41	4.09	3.00	6.00	8.67	5.02
Montoya	2470 (msnm)	6.19	3.46	4.37	4.25	3.65	3.13	4.18
Sunchupampa	2500 (msnm)	5.37	4.00	4.73	4.11	5.00	2.90	4.35
PROMEDIO		5.50	3.63	4.40	3.79	4.88	4.90	4.52

1.2. Análisis de antocianinas en brácteas

Tabla 15: Contenido de antocianinas en bráctea (%) de seis variedades de maíz morado en tres localidades

LOCALIDAD	ALTITUD	VARIEDAD						PROMEDIO
		INIA 601	CANTEÑO	MM	UNC 47	INIA 615	PM 581	
Llanupacha	3032 (msnm)	2.79	1.54	1.37	0.38	1.45	0.89	1.40
Montoya	24670 (msnm)	4.17	0.13	3.48	0.98	0.87	2.98	2.10
Sunchupampa	2500 (msnm)	4.17	0.13	3.48	0.98	0.87	2.98	2.10
PROMEDIO		3.71	0.60	2.78	0.78	1.06	2.28	1.87

ANEXO 2: Análisis de 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 - CRUZ FELISMER ROJAS ABANTO**

PROCEDENCIA : **San Marcos - Ichocán - Sunchubamba** Fecha: **13/07/2016**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al mg/100g	Areña %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Chirimoya	SU0531-EEBI-16	8.11	350.0	7.4	2.10	--				

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 ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha
Cantidad	110	60	40									

Recomendaciones y
Observaciones Especiales:




Ing. Tullio 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

Ilustración 9: Resultado del análisis de la jurisdicción de Sunchupampa, 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 - JUAN RUIZ SANCHEZ

PROCEDENCIA : San Marcos - Ichocán - Montoya

Fecha: 13/07/2016

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al mg/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
La Huerta	SU0532-EEBI-16	3.34	345.0	7.3	2.32	--				

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MUY BAJO
 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 ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL 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

Ilustración 10: Resultado del análisis de la jurisdicción de Montoya, elaborado por INIA



PERÚ

Ministerio de
Agricultura y RiegoInstituto Nacional
de Innovación AgrariaEstación Experimental
Agraria Baños del Inca

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOSNOMBRE : **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 Coyoero	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 ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton/ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton/ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ 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

Ilustración 11: Resultado del análisis de la jurisdicción de Llanupacha, elaborado por 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

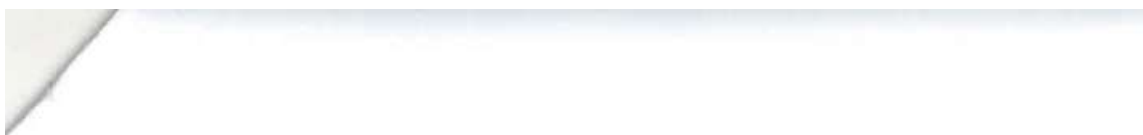
PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACIÓN S.A.
PRONEX S.A.
ENG. JENNY FERNÁNDEZ S.
TECHNICAL MANAGER

Ilustración 12: Porcentajes de antocianina de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.)

		CANTEÑO	S	0.2374	0.689	5.91				
34		INIA 601	T	0.1827	0.691	7.7	T1	0.2516	6.85	4.56
35	BAMBAMARCA	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		INIA 601	W	0.2458	6.35	4.41	W1	0.349	0.654	2.3
38	TARTAR	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	INIA 601					157	0.3506	0.625	3.63
42	ROJAS MUÑOZ	UNC 47					160	0.4123	0.66	3.26

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

Ilustración 13: Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.)



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

Ilustración 14: Porcentajes de antocianinas de seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.)

**ANEXO 4: Fotografías de todas las labores realizadas junto al personal de la EEA.
Baños del Inca - INIA -Cajamarca.**



Ilustración 15: Instalación de parcelas



Ilustración 16: Evaluación del número de hoja



Ilustración 17: Brácteas y coronta molido de las 6 variedades de maíz morado

ANEXOS 5: Actividades realizadas en el laboratorio PRONEX S.A (Productos naturales de exportación S.A)



***Ilustración 18:** Materiales usados en el laboratorio para la obtención de las antocianinas*



***Ilustración 19:** Cocinas magnéticas con biker conteniendo 0.60 de muestra de coronta y bráctea y 100 mL de hidroxíácido*