

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS
DEL MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.) EN CUATRO
PROVINCIAS DE LA REGIÓN CAJAMARCA”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:

BRAYAN OSWALDO TANTALEÁN CUEVA

Asesores:

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

Ing. M. Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS

CAJAMARCA – PERÚ

-2026-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Brayan Oswaldo Tantaleán Cueva
DNI: 70671116
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:**
Ing.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:** "ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DEL MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.) EN CUATRO PROVINCIAS DE LA REGIÓN CAJAMARCA"
7. **Fecha de evaluación:** 04/03/2026
8. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 16%
10. **Código Documento:** oid: 3117:563556446
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 16%
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 05/03/2026

Firma y/o Sello Emisor Constancia
 M.Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas DNI: 26724113



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 febrero del año dos mil veintiséis, 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° 045-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"ESTUDIO COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DEL MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.) EN CUATRO PROVINCIAS DE LA REGIÓN CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **BRAYAN OSWALDO TANTALEÁN CUEVA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

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



Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
PRESIDENTE



Dr. Wilfredo Poma Rojas
SECRETARIO



Ing. José Lizaandro Silva Mego
VOCAL



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



Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos
ASESORA

DEDICATORIA

Para mis padres: Amparo Cueva Vigo y Segundo Tantaleán Mostacero, quienes me guiaron con sabiduría desde el inicio de mi vida, brindándome fortaleza en cada paso que doy para lograr el sueño de ser una gran persona y un profesional íntegro.

A mi abuela Aurora Vigo Torres por sus sabios consejos y valores inculcados, que han sido pilares fundamentales en mi formación personal.

A mi tío Milton Cueva Vigo quien supo brindarme su apoyo incondicional sin importar los obstáculos.

A mis hermanos Leslie y Mauricio Tantaleán Cueva por su apoyo constante y motivación inquebrantable.

A mi compañera de vida Katherin Lisseth Chingay Guevara, por su amor, comprensión y compañía incondicional durante este camino, siendo una fuente de inspiración y aliento en los momentos más difíciles.

A la Ing. Alicia Medina Hoyos, quien estuvo acompañándome en este proceso con profesionalismo ético en brindarme conocimientos y afianzar mi formación profesional.

El autor.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi cordial agradecimiento al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) por brindarme las facilidades para lograr desarrollar este trabajo de investigación.

A la Ing. Jenny Fernández, jefa de laboratorio de la empresa de Productos Naturales de Exportación S.A (PRONEX S.A), por aceptar que realice los análisis de antocianinas en el laboratorio de esta empresa.

Al Ing. M. Sc. Jesús Hipólito de la Cruz Rojas por su aporte y orientaciones en el desarrollo de la presente investigación.

Al sr. Pedro Valladares, técnico del programa de maíz, quien me acompañó en todo el proceso de evaluaciones brindándome consejos y tutorías para lograr los objetivos propuestos.

El autor.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento agronómico y el contenido de antocianinas en variedades de maíz morado (*Zea mays* L.), en 9 localidades distribuidas en 4 provincias de la región Cajamarca. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis estadístico mediante comparación de medias para obtener las localidades que mejor rendimiento y contenido de antocianinas presentan, además, un análisis de regresión lineal para analizar la influencia de la temperatura en el rendimiento y asimilación de antocianinas. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre localidades ($p = 0,0027$), con una media general de $2,59 \text{ t ha}^{-1}$ y un rango entre $0,17 \text{ t ha}^{-1}$ y $5,19 \text{ t ha}^{-1}$. Los mayores rendimientos se registraron en Pampa Grande ($5,19 \text{ t ha}^{-1}$) y Baños del Inca ($4,70 \text{ t ha}^{-1}$), mientras que Sulluscocha obtuvo el menor rendimiento ($0,17 \text{ t ha}^{-1}$). En cuanto al contenido de antocianinas en coronta, los valores oscilaron entre $3,66 \%$ y $6,47 \%$, mientras que en brácteas variaron entre $4,12 \%$ y $6,59 \%$. El análisis de regresión lineal evidenció una relación positiva entre el rendimiento y el contenido de antocianinas en coronta ($R^2 = 0,62$), indicando que un incremento en el rendimiento estuvo asociado a mayores concentraciones de antocianinas.

Palabras clave: Antocianinas, rendimiento, temperatura, humedad relativa, espectrofotometría.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the agronomic performance and anthocyanin content of purple corn varieties (*Zea mays* L.) in nine locations distributed across four provinces in the Cajamarca region. The data obtained were subjected to statistical analysis by comparing means to obtain the locations with the best yield and anthocyanin content, as well as a linear regression analysis to analyze the influence of temperature on yield and anthocyanin assimilation. The results showed statistically significant differences in yield between locations ($p = 0.0027$), with an overall mean of 2.59 t ha^{-1} and a range between 0.17 t ha^{-1} and 5.19 t ha^{-1} . The highest yields were recorded in Pampa Grande (5.19 t ha^{-1}) and Baños del Inca (4.70 t ha^{-1}), while Sulluscocha had the lowest yield (0.17 t ha^{-1}). As for the anthocyanin content in the corolla, the values ranged from 3.66% to 6.47%, while in the bracts they varied between 4.12% and 6.59%. Linear regression analysis showed a positive relationship between yield and anthocyanin content in the crown ($R^2 = 0.62$), indicating that an increase in yield was associated with higher anthocyanin concentrations.

Keywords: Anthocyanins, yield, temperature, relative humidity, spectrophotometry.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Problema de investigación.....	11
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Objetivos de la investigación.....	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos.....	13
1.4. Hipótesis	13
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Antecedentes de la investigación.....	14
2.1.1. A nivel local	14
2.1.2. A nivel nacional.....	17
2.2. Bases teóricas	19
2.2.1. Maíz morado INIA 601 en la región Cajamarca	19
2.2.2. Factores que influyen en el rendimiento de maíz morado.....	19
2.2.3. Antocianinas	20
2.2.3. Estabilidad de las Antocianinas.....	21
2.2.3. Espectrofotometría.....	22
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Ubicación.....	23
3.2 Materiales	25
3.2.1 Material biológico	25

3.2.2 Material de campo	25
3.2.3 Materiales y equipos de laboratorio	25
3.3 Metodología.....	26
3.3.1. Procedimientos	26
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	34
4.1 Resultados	34
4.1.1. Rendimiento promedio de maíz morado INIA 601.....	34
4.1.2. Concentración de antocianinas en coronta	36
4.1.3. Concentración de antocianinas en bráctea.....	37
4.1.4. Análisis de regresión lineal	39
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 Conclusiones.....	47
5.2 Recomendaciones	48
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del experimento	23
Tabla 2. Grados de pudrición en mazorcas.....	27
Tabla 3. Valores de equivalencia (Eqv) según el volumen utilizado	32
Tabla 4. Rendimiento promedio por localidad	35
Tabla 5. Intervalo de confianza para la media de rendimiento de maíz morado INIA 601 en mazorca.....	35
Tabla 6. Contenido de antocianinas en coronta por localidad.....	37
Tabla 7. Intervalo de confianza para la media de concentración de antocianinas en coronta de maíz morado INIA 601.....	37
Tabla 8. Contenido de Antocianinas en bráctea por localidad	39
Tabla 9. Intervalo de confianza para la media de concentración de antocianinas en bráctea de maíz morado INIA 601	39
Tabla 10. Análisis de regresión lineal para el efecto de la temperatura sobre el rendimiento.....	41
Tabla 11. Análisis de regresión lineal para el efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas en coronta	43
Tabla 12. Análisis de regresión lineal para el efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas en bráctea.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación	24
Figura 2. Diagrama de flujo del método de Fulekis y Francis para determinar concentración de antocianinas	30
Figura 3. Gráfica de regresión lineal entre rendimiento y temperatura.....	41
Figura 4. Gráfica de regresión lineal entre contenido de antocianinas en coronta y temperatura.....	44
Figura 5. Gráfica de regresión lineal entre contenido de antocianinas en bráctea y temperatura	46
Figura 6. Uso de la balanza reloj para determinar peso de campo.....	60
Figura 7. Evaluación de mazorcas según grados de pudrición.....	61
Figura 8. Mazorcas cosechadas de los cuatro surcos centrales	61
Figura 9. Coronta picada	62
Figura 10. Proceso de molido.....	62
Figura 11. Pesado de 50 g de molienda para el análisis de antocianinas en laboratorio	63
Figura 12. Pesado de 0.34 g de muestra de la molienda	63
Figura 13. Muestras sobre el agitador magnético a 60 °C	64
Figura 14. Muestras en proceso de sedimentación y enfriado	64
Figura 15. Uso de pipeta graduada para absorber parte de la solución no sedimentada	65
Figura 16. Solución final para el análisis de la concentración de antocianinas en el espectrofotómetro.....	65
Figura 17. Llenado de la celda de cuarzo con la solución final	66
Figura 18. Lectura del espectrofotómetro.....	66
Figura 19. Comparativo entre muestra inicial (molienda) y final (solución)	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos de rendimiento	55
Anexo 2. Datos obtenidos de temperatura y humedad (MERRA – 2)... ..	56
Anexo3. Datos obtenidos en laboratorio	58
Anexo4. Resumen de datos originales.....	59
Anexo 5. Contenido de antocianinas expresado en mg g ⁻¹	59
Anexo 6. Datos para la obtención de temperatura y humedad	60
Anexo 7. Fotografías de procedimientos realizados en campo	60
Anexo 8. Fotografías de procedimientos post – cosecha	62
Anexo 9. Fotografías de procedimientos de laboratorio.....	63

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las 13 provincias de Cajamarca se dedican ahora al cultivo del novedoso maíz morado INIA 601, que tiene una gran demanda en el mercado nacional y mejor rentabilidad al aprovechar el grano, la tusa y la bráctea debido a su alto contenido en antocianinas. (Medina, 2022)

En el departamento de Cajamarca, este cultivo ha sido objetivo de diversas investigaciones orientadas a evaluar su comportamiento agronómico, rendimiento y contenido de antocianinas, bajo condiciones específicas de la región. Estudios realizados por Piña (2018) en la provincia de San Marcos entre variedades de maíz morado, evidenciaron diferencias en el rendimiento y contenido de antocianinas destacándose la variedad INIA 601, debido a las condiciones agroecológicas.

Asimismo, una investigación desarrollada por Tafur (2025) en tres pisos altitudinales de la provincia de San Marcos, analizaron el comportamiento de seis variedades de maíz morado, destacando INIA 601, demostrando que el contenido de antocianinas es heterogéneo según altitud y condiciones agroecológicas.

De manera complementaria Delgado (2021) realizó estudios comparativos entre tres variedades en el distrito de San Juan, en donde nuevamente la variedad INIA 601 como la variedad con mayor potencial productivo y mayor contenido de antocianinas.

Una investigación científica realizada por Rabanal y Medina (2020), de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y el INIA Cajamarca, respectivamente, entre 6 variedades de maíz morado el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, reportó diferencias en el rendimiento y características agronómicas entre variedades, siendo la variedad INIA 601 la más destacada.

A pesar de las investigaciones locales existentes desarrolladas, estas se han caracterizado por ser focalizadas, limitadas a una sola provincia o localidad, sin abordar un análisis del contenido de antocianinas en el maíz morado INIA 601 desde un enfoque comparativo interprovincial.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como finalidad generar información científica local que permita comparar el contenido de antocianinas de esta variedad en distintos ambientes productivos, contribuyendo al fortalecimiento del conocimiento regional y sirviendo como base para futuras investigaciones y estrategias de aprovechamiento del cultivo.

1.1. Problema de investigación

La región Cajamarca se caracteriza por una gran diversidad climática, lo cual influye directamente en el comportamiento agronómico y fisiológico de los cultivos.

En plantas pigmentadas como el maíz morado, las condiciones ambientales juegan un papel determinante en la biosíntesis y acumulación de antocianinas, ya que factores como la temperatura, radiación y estrés abiótico regulan la expresión de los compuestos fenólicos y afectan el rendimiento del cultivo. (Wang, 2025)

Estudios realizados por Rabanal y Medina (2022) en 4 localidades, entre 3 cultivares de la región Cajamarca mostraron variaciones en rendimiento y contenido de antocianinas, lo que sugiere que el efecto ambiente x genotipo es un factor determinante para la expresión de resultados en condiciones locales de producción.

Desde el punto de vista fisiológico, se ha concluido que temperaturas extremas y variaciones en la humedad ambiental alteran procesos claves como la fotosíntesis, el metabolismo secundario y la formación de estructuras reproductivas (Wang, 2025).

Además, Taoyang et al. (2023) concluyeron que los factores ambientales como la radiación ultravioleta, temperatura y estrés hídrico pueden inducir la acumulación de antocianinas en plantas de maíz, y la variación ambiental explica gran parte de la variación en rendimiento. Esto explicaría porqué un mismo genotipo puede presentar contenidos variables de antocianinas y rendimiento cuando es cultivado en ambientes distintos.

No obstante, pese a la importancia económica del maíz morado como materia prima generadora de ingresos para los productores de Cajamarca, aún es limitada la información comparativa que analice de forma integrada el efecto de las condiciones climáticas (temperatura) sobre el contenido de antocianinas y el rendimiento del maíz morado INIA 601 en diferentes provincias de la región.

Siendo la región Cajamarca, caracterizada por una elevada heterogeneidad climática, resulta necesario evaluar comparativamente el comportamiento del maíz morado INIA 601 en distintas localidades y provincias, con el fin de identificar zonas con mayor potencial productivo y mayor contenido de antocianinas teniendo en cuenta la temperatura, contribuyendo así a una mejor toma de decisiones por parte de los productores.

1.2. Formulación del problema

¿Qué diferencias existen en el contenido de antocianinas del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.) entre cuatro provincias de la región Cajamarca?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el contenido de antocianinas y rendimiento del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.) en cuatro provincias de la región Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

Comparar el contenido de antocianinas y rendimiento en maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.) en nueve localidades distribuidas en cuatro provincias de la región Cajamarca.

Analizar la relación entre las condiciones climáticas (temperatura) con el contenido de antocianinas y rendimiento del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.)

1.4. Hipótesis

El contenido de antocianinas y rendimiento del maíz morado INIA 601 varía significativamente según la localidad debido a las condiciones climáticas (temperatura).

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel local

Piña (2018) realizó el estudio comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Ichocán en diferentes pisos altitudinales desde 2300 a 3170 m.s.n.m. Las variedades en estudio fueron: 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. Obtuvo que la variedad INIA 601 en las seis localidades con rendimientos que oscilan entre 1.30 t ha⁻¹ hasta 3.36 t ha⁻¹ respectivamente. En cuanto al contenido de antocianinas en coronta, no hay diferencias significativas entre las variedades INIA 601, UNC 47 y maíz morado mejorado, cuyos promedios de antocianinas en la coronta son de 6.8 %, 6.32 % y 6.09 % respectivamente. Estas variedades superan estadísticamente a las variedades INIA 615, Canteño y PM-582, cuyo porcentaje están comprendidos entre 4.77 %, 4.63 % y 4.59 % respectivamente. Para las antocianinas extraídas de las brácteas de maíz morado entre 2.38 % para la variedad INIA 601 a 2.39 % para la variedad UNC 47 respectivamente, y no hay diferencias estadísticas entre el contenido de antocianinas para estas dos variedades. Concluida su investigación, rechazó la Ho. $C = B$ y se acepta la HA: $C \neq B$, indicando que hay diferencias entre las medias muestrales. Esto debido a que el promedio de antocianinas de coronta (5.46%) supera al contenido de antocianinas en brácteas (1.33%).

Estudios realizados por Medina et al. (2020) en el Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina cuyo objetivo fue evaluar la

producción de grano y la cantidad de antocianinas en la coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado distribuidos en 28 ambientes del distrito de Ichocán, San Marcos, Cajamarca. Las variedades evaluadas fueron INIA 601, UNC 47, Morado Mejorado, INIA 615, Canteño y PMV 581. Los resultados obtenidos fueron que el genotipo más estable es INIA 615 (G5), seguido por UNC 47 (G4), INIA 601(G1) y Morado Mejorado (G3) esto se refleja en la mayor producción de grano ($2,77 \text{ t ha}^{-1}$) y la mayor concentración de antocianinas en corontas (6,12) y brácteas (3,18 mg/100 g de cianidina-3-glucósido) se obtiene sembrando la variedad INIA 601; con esta alternativa tecnológica el agricultor podría establecer un agronegocio rentable ya que podría obtener ingresos cuatro veces mayores que vendiendo solo grano de otros tipos de maíz.

Delgado (2021) realizó el comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca, utilizando tres variedades de maíz morado para determinar su rendimiento y adaptabilidad. Las variedades utilizadas fueron INIA-601, Morado Mejorado y Canteño. Al finalizar la investigación llegó a las conclusiones que el rendimiento de las variedades estudiadas vario entre 6.45 y 4.26 toneladas por ha, ocupando el primer lugar la variedad de INIA- 601 con 6.45 t ha^{-1} , el segundo lugar, fue para la variedad Maíz Morado Mejorado (MMM) con 5.37 t ha^{-1} y el tercer lugar para la variedad Canteño con 4.26 t ha^{-1} . Las variedades INIA 601, morado mejorado y canteño se adaptan bien al caserío Cachilgon, anexo Calani del Distrito San Juan.

Rabanal y Medina (2021) en su investigación Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (*Zea mays* L.) en la región Cajamarca-Perú, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento, las características morfológicas y químicas de cinco variedades del maíz morado, las

cuales fueron el INIA- 601, maíz morado mejorado MMM (variedad experimental), UNC-47, INIA-615 y PM-581 y la raza Canteño como control en dos niveles altitudinales de 2770 m (Llollón) y a 3140 m (Llanupacha), ambos pertenecientes al Distrito de Ichocán, Provincia de San Marcos. Los resultados obtenidos fueron que el mejor rendimiento promedio fue para el INIA-601 con 5.3 Mg ha^{-1} en Llanupacha y de 4.5 Mg ha^{-1} en Llollón. además, la variedad INIA-615 obtuvo el menor porcentaje de pudrición de 2.3% en Llanupacha y 5.9% en Llollón. La variedad INIA-601, se destacó por tener la mayor cantidad de antocianinas tanto en el olote como en las brácteas, presentando (6.7 y 7.5 mg g^{-1}) y (2.9 y 2.5 mg g^{-1}), en Llanupacha y Llollón, respectivamente.

De manera complementaria Rabanal y Medina (2022) realizaron un estudio de Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. Usando tres cultivares en cuatro localidades de la región Cajamarca; los cuales fueron INIA-601, Morado mejorado (MM) y Canteño en las localidades de Tartar Chico, Shaullo Chico, Iglesiapampa y Chala. Esto con el fin de identificar maíces morados con buena producción de grano y contenido de antocianinas en el olote y brácteas que generen más ingresos a los productores de la región Cajamarca en Perú. Los resultados obtenidos reflejan que el más alto rendimiento de grano se obtuvo en Chala para los cultivares INIA-601 (4.38 t ha^{-1}) y para el cultivar morado mejorado sintético MM (3.75 t ha^{-1}), además ambos cuentan con altas concentraciones de antocianinas expresado como cianidina-3-glucosido tanto en el olote como en las brácteas, siendo para el cultivar INIA- 601 (7.9 y 4.53 mg g^{-1}) y para el MM (7.2 y 2.1 mg g^{-1}), respectivamente, considerándose a ambos potenciales para incrementar la exportación e importación del maíz morado.

Tafur (2025) en la investigación 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. Las variedades de 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. Esta investigación resaltó 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. Además, 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 ($p = 0.63$) y que 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, siendo INIA 601 quien presentó mayor contenido (3.71 mg/g), diferenciándose significativamente de CANTEÑO, UNC 47 e INIA 615.

2.1.2. A nivel nacional

Campos (2024) mantuvo su enfoque de investigación en cinco ecotipos de maíz morado (*Zea mays* L.), con el objetivo de determinar el rendimiento y el contenido de antocianinas en condiciones del distrito de Paucartambo– Pasco ubicado a 2950 m.s.n.m. Se seleccionó ecotipos a nivel nacional de maíz morado consta de T1=Negra Tomasa proveniente de Huánuco, T2= Morado Caraz proveniente de Ancash, T3= Ecotipo local seleccionado de agricultores del distrito de Paucartambo Pasco, T4=INIA 601 proveniente de Cajamarca y el T5= INIA 615

Negro Canaán proveniente de Ayacucho. Los resultados demuestran que el ecotipo de maíz morado INIA 601 resultó con un rendimiento promedio de 1.16 Tn/ha seguido del ecotipo local con un rendimiento promedio de 1.01 Tn/ha, el ecotipo INIA 615 Negro Canaan tiene un rendimiento promedio de 0.48 Tn/ha, el ecotipo Negra Tomasa con un rendimiento promedio de 0.40 Tn/ha y el ecotipo Morado Caraz presentó un rendimiento promedio de 0.32 Tn/ha. En cuanto al contenido de antocianinas totales (mg/100 g), el ecotipo local obtuvo 301.6 mg, seguido del ecotipo INIA 601 con 298.4 mg, el ecotipo Morado Caraz con 288.6 mg, el ecotipo INIA 615 Negro Canaan con 280.5 mg y por último el ecotipo Negra Tomasa obtuvo 262.5 mg. Concluyendo en relación al contenido de antocianinas y rendimiento, los ecotipos más resaltantes fueron el Ecotipo Local y el ecotipo INIA 601.

García et al. (2025) investigaron la Adaptabilidad, estabilidad del rendimiento y desempeño agronómico de híbridos mejorados de maíz morado (*Zea mays* L.) en diversas zonas agroecológicas del Perú. Evaluaron 5 genotipos de maíz morado: INIA-301, INIA- 615, Canteño, PMV-581 y Sintético-MM en cuatro sitios peruanos (Sulluscocha, distrito de Namora, Cajamarca; Vista Florida, distrito de Pisci, Lambayeque; Santa Rita de Siguan, Arequipa y Chumbibamba, Apurímac). Los resultados obtenidos mostraron que: aunque los ambientes difirieron notablemente en altitud, temperatura y fertilidad del suelo, la interacción $G \times E$ permaneció débil porque los genotipos evaluados exhibieron patrones de respuesta similares en todos los ambientes, sin fuertes interacciones de cruce. Los genotipos G3 ($5,2 \pm 0,44$ t/ha) y G2 ($4,50 \pm 0,37$ t/ha) mantuvieron un alto rendimiento medio de grano y puntuaciones de interacción relativamente bajas (PCA1), lo que los posiciona como candidatos prometedores para una amplia

adaptabilidad. En contraste, G1 ($4,65 \pm 0,51$ t/ha) y G4 ($5,16 \pm 0,50$ t/ha) mostraron mayores efectos de interacción, lo que indica una adaptabilidad específica. Entre los ambientes, Santa Rita ($5,62 \pm 0,42$ t/ha) y Sulluscocha ($2,96 \pm 0,21$ t/ha) fueron los más discriminantes, mientras que Vista Florida ($5,42 \pm 0,37$ t/ha) y Chumbibamba ($5,17 \pm 0,18$ t/ha) contribuyeron menos a la diferenciación de genotipos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Maíz morado INIA 601 en la región Cajamarca

La región Cajamarca ha sufrido una variación positiva respecto al número de hectáreas cosechadas, ya que, desde el 2004 al 2020 hay un aumento de 1200 hectáreas en toda la región. Superando las 2.1 mil toneladas anuales hasta el 2010; sufriendo una caída oscilante los siguientes años hasta 1.9 mil toneladas por hectárea (Barandiarán, 2020).

Se ha determinado que el maíz morado INIA 601 es superior a las demás, pues tiene rendimientos de hasta 5.2 toneladas por hectárea, frente a las 3.5 toneladas de las otras. Además, contiene 6.34 % de antocianinas en coronta y 3.03 % en panca (Medina, 2019).

Es así que múltiples estudios de comparación de genotipos realizados en la región, han reportado que INIA 601 presenta mejor rendimiento y mayor concentración de antocianinas, lo cual evidencia su potencial productivo dentro de la región (Piña, 2018; Rabanal y Medina, 2020; Delgado, 2021 y Tafur, 2025).

2.2.2. Factores que influyen en el rendimiento de maíz morado

Medina (2022) en su guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.) menciona que, en la sierra peruana, la temperatura en el año oscila entre 10 y 21 °C, fuera del rango en que ocurre el crecimiento normal de maíz en la costa o selva; esta es la razón por la que el crecimiento celular de los tejidos del maíz

amiláceo es lento. Obteniendo así que la temperatura óptima para el desarrollo del maíz morado es de 18 °C a 24 °C.

Estudios recientes como el de Niu et al. (2024) han cuantificado el impacto de las variaciones de la temperatura en el rendimiento de maíz en diversos ambientes llegando a la conclusión que una variación de la temperatura fuera de lo normal, especialmente en periodos clave de desarrollo, puede reducir el rendimiento en un porcentaje entre 30 % y 40 % comparado con las condiciones ideales, afectando la cantidad como la calidad de granos producidos.

Otro factor influyente en la sierra –sobre los 3 000 m s. n. m.– la presencia de nubes, neblina y bajas temperaturas, afectan el normal crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, alargando el periodo vegetativo (Medina, 2022).

2.2.3. Antocianinas

En el maíz morado se encuentra la antocianina, principal compuesto que, desde el punto de vista químico es una molécula polihidroxilada glicosilada o polimetoxi derivada de 2-fenilbenzopirilio, cuyo peso molecular se encuentra entre 400 a 1200 KDa (Bueno et al. 2012).

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 un azúcar a través de un enlace β -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 (Rabanal y Medina, 2021).

Las antocianinas presentan una absorción máxima en el rango de luz visible (510- 530 nm) y ultravioleta (270-280 nm). Actualmente, se han aislado más de 700 antocianinas naturales de plantas, que incluyen principalmente seis monómeros de

antocianinas (cianidina, delphinidina , malvidina , pelargonidina , peonidina y petunidina) (Dong et al. 2023).

Chen et al. (2018) tras su análisis usando cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (HPLC-DAD-ESI-MS/MS), encontró 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.

2.2.3. Estabilidad de las Antocianinas

La estabilidad de la antocianina depende del tipo de pigmento antociánicos, además de otros factores como: pH, luz, temperatura, enzimas, y otras moléculas como el oxígeno y el ácido ascórbico, los cuales tienen gran impacto en la estabilidad de las antocianinas (Quispe et al. 2011).

La temperatura es un factor que afecta la estabilidad de las antociáninas, y son menos estables con el incremento de la temperatura (Khoo et al. 2017). La alta temperatura promueve la apertura del anillo y la conversión de antocianinas en chalconas, que luego se convierten en derivados de glicósidos de cumarina (Stintzing y Carle, 2004). En comparación con la alta temperatura, la baja temperatura es más propicia para mantener la estabilidad estructural de las antocianinas. Cada vez más estudios han indicado que las antocianinas tenían una fuerte estabilidad en el rango de temperatura de 2 a 4 °C (Liu et al. 2023).

El maíz morado aumenta su producción de antocianinas (pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células) cuando las plantas están más expuestas a los rayos solares. Por lo mismo, a mayor exposición a rayos ultravioleta, mayor producción de Antocianinas (Medina et al. 2016).

Estudios realizados en diferentes pisos altitudinales han mostrado variaciones importantes en el contenido de antocianinas y rendimiento entre

altitudes, lo que evidencia la influencia directa del ambiente sobre estas características (Piña, 2018; Medina et al., 2020; Campos, 2024 y Tamay, 2021).

2.2.3. Espectrofotometría

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución. Se basa en que las moléculas absorben las radiaciones electromagnéticas y a su vez que la cantidad de luz absorbida depende de forma lineal de la concentración (Abril et al. 2019).

Se realiza a través de un espectrofotómetro que es un instrumento que permite proyectar un haz de luz a través de una muestra y medir la absorbancia (la cantidad de luz absorbida por la muestra) o la transmitancia (la cantidad de luz que pasa a través de la muestra); la cantidad de luz absorbida o transmitida a una determinada longitud de onda es proporcional a la concentración del material (García, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Esta investigación se desarrollará en cuatro provincias de la región Cajamarca, abarcando en total nueve localidades.

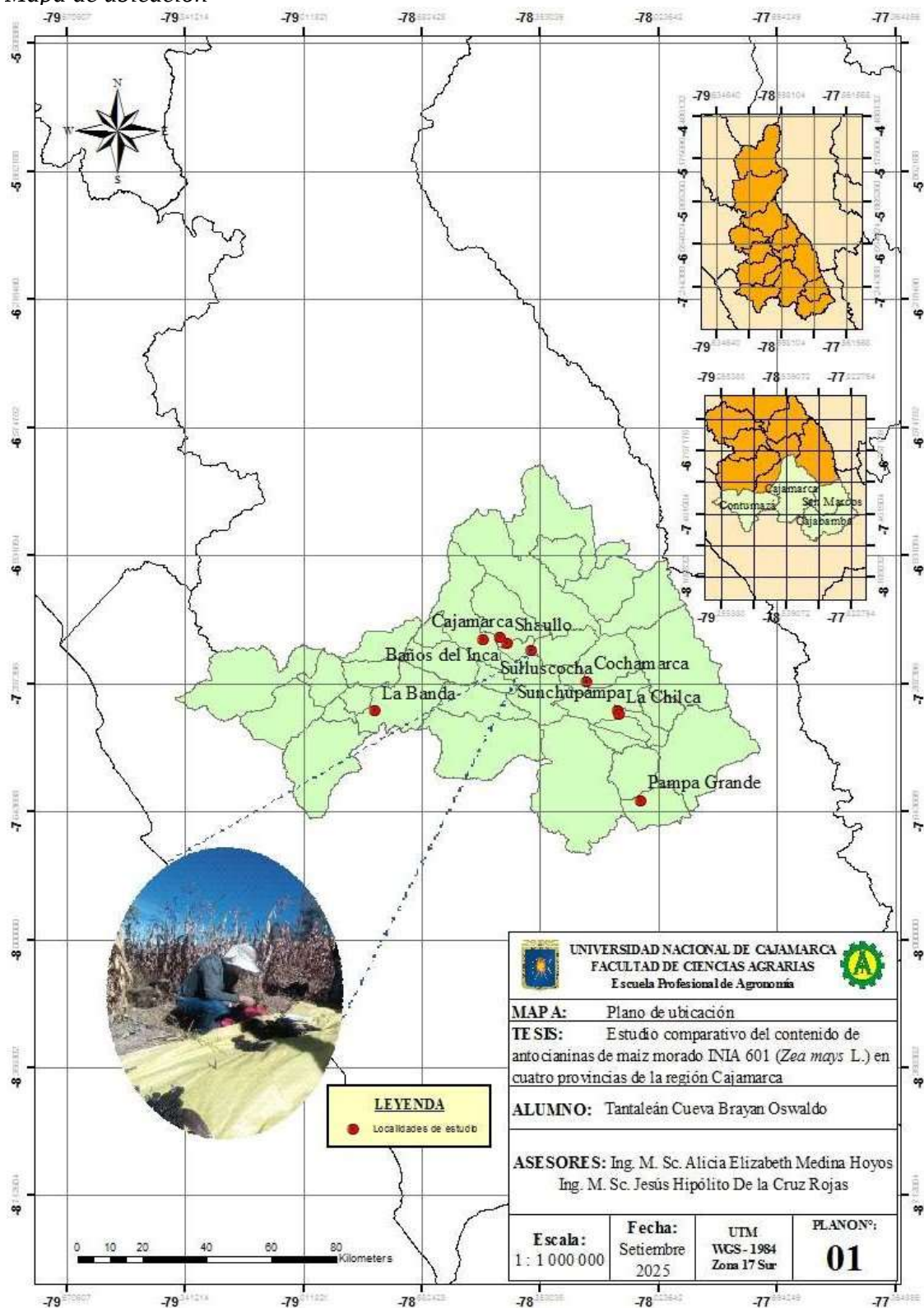
Tabla 1

Coordenadas del experimento

PROVINCIA	LOCALIDAD	ALTITUD	UBICACIÓN GEOGRÁFICA
San Marcos	Sunchupampa	2550 m.s.n.m	7.36085 °S, 78.13343 °W
	Cochamarca	2864 m.s.n.m	7.28081 °S, 78.21991 °W
	La Chilca	2602 m.s.n.m	7.37128 °S, 78.13119 °W
Cajabamba	Pampa Grande	2640 m.s.n.m	7.61146 °S, 78.07065 °W
Contumazá	La Banda	2700 m.s.n.m	7.36150 °S, 78.80832 °W
	Shaullo	2799 m.s.n.m	7.17300 °S, 78.44174 °W
	Baños del Inca	2694 m.s.n.m	7.15859 °S, 78.46143 °W
Cajamarca	Cajamarca	2706 m.s.n.m	7.16277 °S 78.50977 °W
	Sulluscocha	2976 m.s.n.m	7.19550 °S, 78.37338 °W

Figura 1

Mapa de ubicación



3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

Mazorcas recién cosechadas (30 % - 40% humedad) de maíz morado INIA 601

3.2.2 Material de campo

Etiquetas.

Costales.

Balanza.

Baldes de plástico (8 litros).

Libreta de campo.

Lapicero

3.2.3 Materiales y equipos de laboratorio

Agitador magnético (con termómetro digital adaptado) con plancha de calentamiento (C – MAG HS7 C).

Vaso de precipitado (250 ml).

Papel aluminio.

Imanes.

Espectrofotómetro (UV – 1800 SHIMADZU)

Balanza analítica.

Papel secante extra suave.

Fiola (100 ml).

Matraz.

Probeta graduada (10 ml)

Coronta o tusa molida de maíz morado INIA 601 (50 g).

Bráctea o panca molida de maíz morado INIA 601 (50g).

3.3 Metodología

3.3.1. Procedimientos

3.3.1.1. Ubicación y condiciones del estudio

Se instalaron parcelas experimentales en nueve localidades distribuidas en cuatro provincias de la región Cajamarca (Contumazá, Cajabamba, San Marcos y Cajabamba). En todas las parcelas se omitió la aplicación de abonamiento químico, con el propósito que todas las evaluaciones se centren principalmente en el efecto de las condiciones ambientales (temperatura ambiental) sobre el rendimiento de mazorca y el contenido de antocianinas en coronta y bráctea de maíz morado INIA 601. Por ello, todas las parcelas fueron consideradas como tratamiento testigo.

Cada unidad experimental contó con 8 surcos y un total de 88 plantas con 176 mazorcas. Se realizó la colecta, dirigida a evaluación, de solo los 4 surcos centrales siendo evaluadas 44 plantas y 88 mazorcas.

3.3.1.2. Trabajo de campo

a. Cosecha

Este proceso se inició en la primera semana del mes de mayo del año 2025 en la localidad de Shaullo Chico y concluyó en la última semana del mes de julio en la provincia de Contumazá, debido a las diferencias en el calendario fenológico entre localidades.

La cosecha se realizó cuando las plantas alcanzaron la fase R6 (madurez fisiológica), esto aproximadamente a los 180 días después de la siembra, en esta etapa el maíz alcanza de 30% – 40% de humedad.

Durante esta etapa se cosecharon todas las mazorcas (88) pertenecientes a los cuatro surcos centrales (44 plantas). Posteriormente, se realiza la selección de

mazorcas con panca color morado, eliminándose aquellas que no presentaron coloración.

Durante todo el proceso de cosecha y post cosecha, cada muestra representativa se mantuvo debidamente identificada y registrada, esto para garantizar la precisión de los datos a obtener.

b. Post – cosecha

b.1. Peso de campo

Se utilizaron todas las mazorcas cosechadas, se colocaron dentro de un balde plástico y con una balanza tipo reloj se procedió a pesar.

En un libro de campo se anotaron todos los pesos de campo que se obtengan, lo que sirvió para evaluar la variable rendimiento (kg parcela^{-1}), para luego transformarlo a t ha^{-1} .

b.2. Grados de pudrición

A través de la escala determinada por CIMMYT (1996), se distribuyen las mazorcas según el porcentaje de pudrición que cada una presente.

Tabla 2

Grados de pudrición en mazorca

GRADO	PUDRICIÓN (%)	PROMEDIO
1	0	0
2	1 – 10	5,5
3	11 – 25	18
4	26 – 50	38
5	51 – 75	63
6	76 – 100	88

b.3. Muestras para determinar la humedad

De las 5 repeticiones, se seleccionan 2 mazorcas al azar por tratamiento; de las cuales, se desgranó dos hileras por mazorca y a partir de estos se pesó 100 g.

Luego se colocó cada muestra de 100 g (peso inicial) en bolsas de papel Kraft y se coloca en una estufa a 105 °C por 24 horas.

Finalmente, pasadas las 24 horas se toma el peso final y con estos datos se calcula la humedad (%) con la que se cosechó el maíz.

b.4. Muestras para el análisis de laboratorio

Una vez cosechado el material biológico, se seleccionan al azar 20 mazorcas, de las cuales la mitad debe tener bráctea de color morado.

Se desgranó la mazorca y eliminó restos de granos que puedan quedar en la coronta, y para la bráctea se seleccionaron las que no presenten signos de pudrición, ya sea cortándolas o deshilachándolas.

Luego de realizada la selección se procede a picar la tusa (coronta) y panca (bráctea), para así colocar ambas muestras a temperatura ambiente bajo sombra hasta que alcancen de 7 – 10 % de humedad (secos). Para concluir, se muelen de manera diferenciada (coronta y bráctea) hasta obtener una textura muy fina homogénea y de esta molienda se extraen 50 g para su análisis en laboratorio. Se consideró como muestra representativa de 50 g, siguiendo la recomendación del manual sobre antocianinas Wrolstad et al. (2005) en donde indica que un tamaño representativo de 50 g permite una estimación fiable del contenido de antocianinas. Así también menciona que, si la cantidad de muestra es limitada, se puede trabajar con muestras mucho menores (hasta 1 g).

3.3.1.3. Trabajo de laboratorio

a. Análisis de antocianinas

Se realizó durante la última semana de agosto del 2025, se utilizó el método de Fulekis Francis (1968), en donde el contenido de antocianinas se determina mediante un espectrofotómetro utilizando una solución de etanol - ácido clorhídrico 2.0 N (85:15) como solvente de extracción.

Para comenzar, se pesó 0,34 g muestra dentro de un vaso de precipitado de 250 ml utilizando una balanza digital. Luego se agrega 100 ml del solvente (hidroácido) y se coloca los vasos de precipitado, cubiertos con papel aluminio, sobre el agitador magnético.

Las muestras estuvieron en el agitador magnético a una temperatura constante de 60 °C durante 2 horas. Transcurrido el tiempo se deja a las muestras sedimentar, que a su vez se enfriarán, para luego extraer con una pipeta graduada un volumen determinado de la disolución no sedimentada (entre 1 ml – 10 ml).

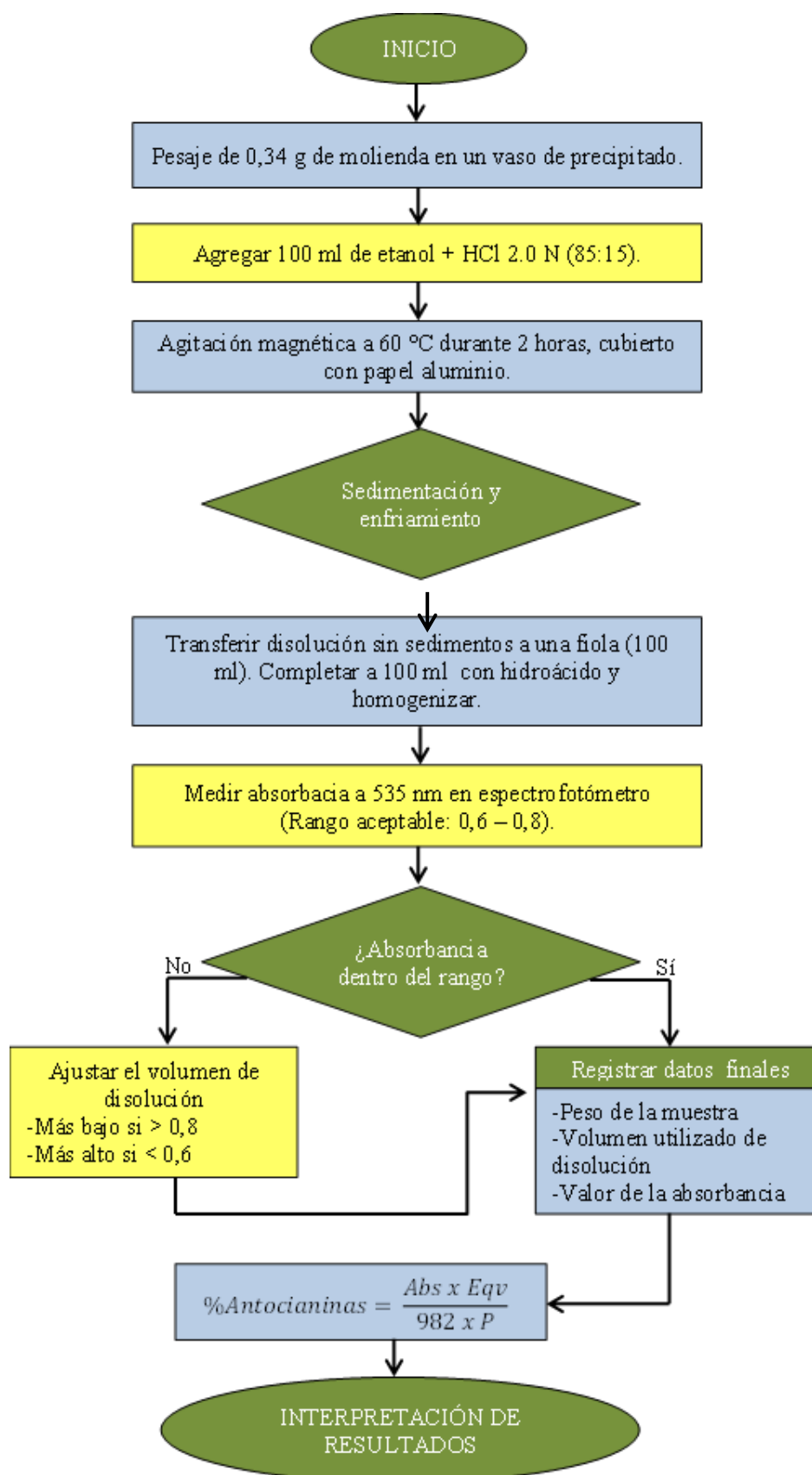
Al tener las muestras sedimentadas y frías, se transfirió el volumen de la disolución a una fiola (100 ml), se completa con la solución de etanol – ácido a los 100 ml y se agita para homogeneizar la mezcla. La mezcla obtenida se llevó al espectrofotómetro, previamente ajustado a una longitud de onda de 535 nm. La mezcla fue colocada en la celda de cuarzo y se registró el valor de la absorbancia, que debe estar dentro del rango de 0,6 – 0,8.

En caso de que la absorbancia resulte fuera del rango, este debe corregirse utilizando un volumen menor de disolución si el resultado de la absorbancia está sobre 0,8 o un volumen mayor si el resultado está debajo del límite inferior.

Finalmente se anotan los datos que nos servirán para obtener la concentración de antocianinas: peso de la muestra, volumen utilizado de disolución y valor de la absorbancia.

Figura 2

Diagrama de flujo del método de Fulekis y Francis para determinar concentración de antocianinas



3.3.1.4. Trabajo de gabinete

a. Obtención de datos climáticos

Con la finalidad de optimizar la caracterización de las localidades, se eligió MERRA-2 en lugar de SENAMHI, debido a su cobertura espacial completa. (GMAO - NASA, 2017)

Este es el reanálisis atmosférico Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version2 (MERRA – 2), desarrollado por la NASA Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC).

Los datos fueron descargados en formato digital desde el portal oficial de la Nasa, utilizando las variables de temperatura (°), correspondientes a las coordenadas geográficas de cada localidad.

b. Determinación de la humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100$$

Donde:

Pi : Peso inicial (g)

Pf : Peso final (g)

Los datos obtenidos en este proceso sirvieron para luego obtener el rendimiento de las parcelas evaluadas.

c. Determinación de rendimiento

$$\text{Rendimiento} = PC \left(\frac{100 - H}{86} \right) \left(\frac{10}{AEP} \right) \times D$$

Donde:

PC : Peso de campo (kg)

H : Humedad (%)

AEP : Área efectiva de la parcela (m²)

D : Porcentaje de desgrane (0.8) (Constante para maíces amiláceos)

100 : Constante

d. Determinación de concentración de antocianinas

$$\%Antocianinas = \frac{Abs \times Eqv}{982 \times P}$$

Donde:

Abs : Valor de la absorbancia obtenida en el espectrofotómetro

Eqv : Valor equivalente al volumen de disolución utilizado (Tabla 3)

P : Peso de la muestra (g)

982 : Constante

Tabla 3

Valores de equivalencia (Eqv) según el volumen utilizado

Volumen de disolución (ml)	Equivalencia
1	10 000
2	4880
3	3250
4	2400
5	2000
6	1645
7	1400
8	1210
9	1081
10	1000

e. Análisis de Datos

Los datos obtenidos en cada una de las localidades fueron recolectados y organizados en una base de datos, los cuales nos permitirán realizar la prueba de comparación de medias entre localidades para rendimiento y contenido de antocianinas. Además, estos datos nos permitirán realizar un análisis de regresión lineal para determinar la influencia de la temperatura sobre el rendimiento y contenido de antocianinas. Todo esto se realizó en el software estadístico InfoStat, versión 2020 desarrollado por Di et al. (2020).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Resultados

4.1.1. Rendimiento promedio de maíz morado INIA 601

Los resultados indican que el rendimiento promedio de maíz morado INIA 601 estimado en las nueve localidades consideradas es 2.59 t ha^{-1} . Se evaluó el intervalo de confianza al 95 %, el cual se encuentra entre 1.2 t ha^{-1} y 3.99 t ha^{-1} , obteniendo que es estadísticamente significativo ($p = 0.0027$).

Esto evidencia que el cultivo presenta un rendimiento variable en la región Cajamarca. Considerando la Tabla 4 y Tabla 5, podemos identificar a las localidades con mejor y peor rendimiento de maíz morado. Siendo así que las localidades con mejor rendimiento son aquellas que están por encima del límite superior del intervalo de confianza (3.99 t ha^{-1}); se observa que las localidades que cumplen esto son Pampa Grande (5.19 t ha^{-1}), Cajamarca (4.7 t ha^{-1}) y Baños del Inca (4.7 t ha^{-1}). Las localidades de Cochamarca (2.6 t ha^{-1}), La Banda (1.73 t ha^{-1}), Shaullo Chico (1.5 t ha^{-1}), Sunchupampa (1.41 t ha^{-1}) y La Chilca (1.33 t ha^{-1}) presentan rendimientos promedio, mientras que el rendimiento promedio de Sulluscocha (0.17 t ha^{-1}) se encuentra por debajo del límite inferior (1.2 t ha^{-1}) considerándose como la localidad con peor rendimiento.

Este valor promedio supera al obtenido por Piña (2018) quien realizó su estudio en 6 localidades en la provincia de San Marcos, obteniendo un rendimiento promedio de $2,56 \text{ t ha}$.

Sin embargo, no supera los rendimientos obtenidos por Medina et al. (2020) Delgado (2021), Rabanal y Medina (2022) quienes obtuvieron 2.77 t ha^{-1} , 6.45 t ha^{-1} y 5.3 t ha^{-1} respectivamente.

Esta variabilidad puede estar asociada a las condiciones climáticas de cada localidad, las cuales influyen en los procesos fisiológicos del cultivo según lo menciona Medina et al. (2022) quienes identificaron que la adaptación del maíz morado depende de la relación genotipo/ambiente, obteniendo mejores rendimientos en localidades con climas templados y suelos de buena fertilidad.

Tabla 4

Rendimiento promedio por localidad

Localidad	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Pampa Grande	5.19
Cajamarca	4.7
Baños del Inca	4.7
Cochamarca	2.6
La Banda	1.73
Shaullo Chico	1.5
Sunchupampa	1.41
La Chilca	1.33
Sulluscocha	0.17

Tabla 5

Intervalo de confianza para la media de rendimiento de maíz morado INIA 601 en mazorca

Variable	N° de localidades	Media	LI (95)	LS (95)	P (Bilateral)
Rendimiento	9	2.59	1.20	3.99	0.0027

4.1.2. Concentración de antocianinas en coronta

La Tabla 7 muestra que el contenido promedio de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA 601 es 5.43 %, también indica que es estadísticamente significativo entre las 9 localidades evaluadas ($p < 0.0001$) y el intervalo de confianza al 95 % está comprendido entre 4.75 % - 6.11 %.

Al considerar la Tabla 6 y Tabla 7, podemos seleccionar a aquellas localidades que están sobre el límite superior (6.11 %) como las localidades con mejores condiciones para la asimilación de antocianinas en coronta, como son Baños del Inca (6.74 %) y Pampa Grande (6.16 %), mientras que Sulluscocha (6.03 %), La Banda (5.87 %), Cajamarca (5.81 %) y la Chilca (4.94 %) presentaron concentraciones promedio. Las localidades con concentración por debajo del límite inferior (5.43 %) fueron Sunchupampa (4.65 %), Cochamarca (4.46 %) y Shaullo Chico (4.21 %), lo cual indicaría que no tuvieron las condiciones necesarias para la asimilación de antocianinas. Esta variación responde a lo descrito por Taoyang et al. (2023) donde concluyeron que los factores ambientales como la radiación ultravioleta, temperatura y estrés hídrico pueden inducir la acumulación de antocianinas en plantas de maíz, explicado porque un mismo genotipo puede presentar contenidos variables de antocianinas cuando es cultivado en ambientes distintos.

El resultado promedio obtenido (5.43 %) no supera a estudios anteriores realizados en la región, ya que Piña (2018) obtuvo un promedio de 5.46 %, Medina et al. (2020) obtuvo 6.12 %, Rabanal y Medina (2021) obtuvieron 6.7 % y Tafur obtuvo 5.5 %. Estos resultados se pueden deber al constante cambio climático todos los años, ya que según lo descrito por SENAMHI (2020) las proyecciones climáticas suelen utilizarse como punto de partida para definir escenarios

climáticos, aunque éstos requieren habitualmente información adicional, por ejemplo, sobre el clima actual observado. Un escenario de cambio climático es la diferencia entre un escenario climático y el clima actual.

Tabla 6

Contenido de antocianinas en coronta por localidad

Localidad	Concentración de Antocianinas (%)
Baños del Inca	6.74
Pampa Grande	6.16
Sulluscocha	6.03
La Banda	5.87
Cajamarca	5.81
La Chilca	4.94
Sunchupampa	4.65
Cochamarca	4.46
Shaullo	4.21

Tabla 7

Intervalo de confianza para la media de concentración de antocianinas en coronta de maíz morado INIA 601

Variable	N° de localidades	Media	LI (95)	LS (95)	p(Bilateral)
Concentración de antocianinas en coronta	9	5.43	4.75	6.11	<0.0001

4.1.3. Concentración de antocianinas en bráctea

Los resultados del análisis estadístico muestran que el contenido promedio de antocianinas en bráctea es de 4.73 %, además fue altamente significativo ($p < 0.0001$) y el intervalo de confianza al 95 % está comprendido entre 3.67 % - 5.79 %.

Al observar la Tabla 8 y Tabla 9, podemos seleccionar a aquellas localidades que están sobre el límite superior (5.79 %) como las localidades con mejores condiciones para la asimilación de antocianinas en bráctea, como son La Banda (6.59 %), Baños del Inca (6.2 %) y Pampa Grande (5.85 %). Las localidades con contenido promedio fueron Sulluscocha (5.12 %), Cajamarca (4.72 %) y la Chilca

(4.71 %); a comparación de las localidades que mostraron valores por debajo del límite inferior fueron Shaullo Chico (3.63 %), Sunchupampa (2.89 %) y Cochamarca (2.86 %).

Estos resultados difieren a lo descrito por Medina et al. (2016) quienes indican que el maíz morado aumenta su producción de antocianinas (pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células) cuando las plantas están más expuestas a los rayos solares. Por lo mismo, a mayor exposición a rayos ultravioleta, mayor producción de Antocianinas. Ya que los resultados obtenidos están por debajo del contenido de antocianinas en coronta que está sin exposición solar. Esto podría deberse a una práctica agronómica cultural realizada por los productores de maíz (uso de cucuruchos), la misma que es mencionada por Medina et al. (2016) quienes recomiendan utilizarla desde los 100 hasta los 180 días después de siembra, con el fin de proteger a las mazorcas de las aves, evitando así disminución de rendimientos.

Esta práctica cultural reduce el área efectiva de la asimilación de antocianinas, lo que conlleva a menor concentración en dicho órgano.

Prácticas similares se realizaron en los estudios realizados en la región por Piña (2018), Tafur (2025), Medina et al (2020), Rabanal y Medina (2021), Rabanal y Medina (2022) quienes obtuvieron resultados promedio menores al obtenido en esta investigación (1.33 %, 3.71 %, 3.18 %, 2.9 % y 4.53 % respectivamente).

Tabla 8*Contenido de antocianinas en bráctea por localidad*

Localidad	Concentración de Antocianinas (%)
La Banda	6.59
Baños del Inca	6.2
Pampa Grande	5.85
Sulluscocha	5.12
Cajamarca	4.72
La Chilca	4.71
Sahullo Chico	3.63
Sunchupampa	2.89
Cochamarca	2.86

Tabla 9*Intervalo de confianza para la media de concentración de antocianinas en bráctea de maíz morado INIA 601*

Variable	N° de localidades	Media	LI (95)	LS (95)	p(Bilateral)
Concentración de antocianinas en bráctea	9	4.73	3.67	5.79	<0.0001

4.1.4. Análisis de regresión lineal**4.1.4.1. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento**

La Tabla 10 muestra la relación entre el rendimiento ($t\ ha^{-1}$) y la temperatura ($^{\circ}C$), la cual no resultó ser significativa ($p > 0.05$) según lo indicado por Bobbitt (2021), si $p > \alpha = 0.05$ se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias, por lo que no hay relación entre variables.

El intervalo de confianza al 95 % incluyó el 0 (-1.32 a 1.073), lo que confirma la ausencia de la relación lineal.

El coeficiente de variación (CV) resultó 38 %, según lo indicado por Patel et al. (2011) este resultado resulta ser de alta variabilidad entre los datos de rendimiento ya que $CV > 30\%$ indica una muestra relativamente heterogénea.

La figura 3 muestra la recta de regresión entre el rendimiento ($t\ ha^{-1}$) y la

temperatura (°C), cuya ecuación estimada es:

$$\text{Rendimiento (T Ha}^{-1}\text{)} = 7.13 - 0.29 * \text{Temperatura (}^{\circ}\text{C)}$$

Según la recta de regresión, la temperatura no es un agente directamente influyente en el rendimiento en las 9 localidades evaluadas. Este resultado podría deberse a la intervención de otros factores ambientales (humedad del suelo, fertilidad, tipo de suelo).

Según el coeficiente de determinación ($R^2 = 0,062$), nos indica que solo el 6,2 % del rendimiento está influenciado por la temperatura, mientras que el 93,8 % está influenciado por otros factores.

Esto lo mencionan Medina et al. (2022), en donde destacan que condiciones edáficas y de manejo agronómico pueden influir más que la temperatura por sí sola. De la misma manera lo resalta (Valera, 2019), quien reportó que el rendimiento en zonas altoandinas está condicionado por factores climáticos y edáficos, en donde este último puede ser más determinante en el rendimiento del maíz morado.

Uno de los factores más influyentes en el rendimiento del maíz morado, es el tipo de suelo ya que Romero (2021) concluyó que se pueden encontrar mejores condiciones para el cultivo en suelos francos, bien drenados, profundos, fértiles y con elevada capacidad de retención de agua, aunque excesiva humedad genera mala acumulación de pigmentos en la mazorca.

Concluyendo así que la región Cajamarca cuenta con gran variedad de suelos, como lo explica Poma y Germán (2011) quienes identificaron la variedad de suelos en la región Cajamarca concluyendo que predominan los órdenes Entisoles, Molisoles, Andisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Aridisoles.

Tabla 10

Análisis de regresión lineal para el efecto de la temperatura sobre el rendimiento

Coef.	Est.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
Constante	7,13	-8,79	23,05	1,06	0,3245
Temperatura	-0,29	-1,32	0,73	-0,68	0,5198

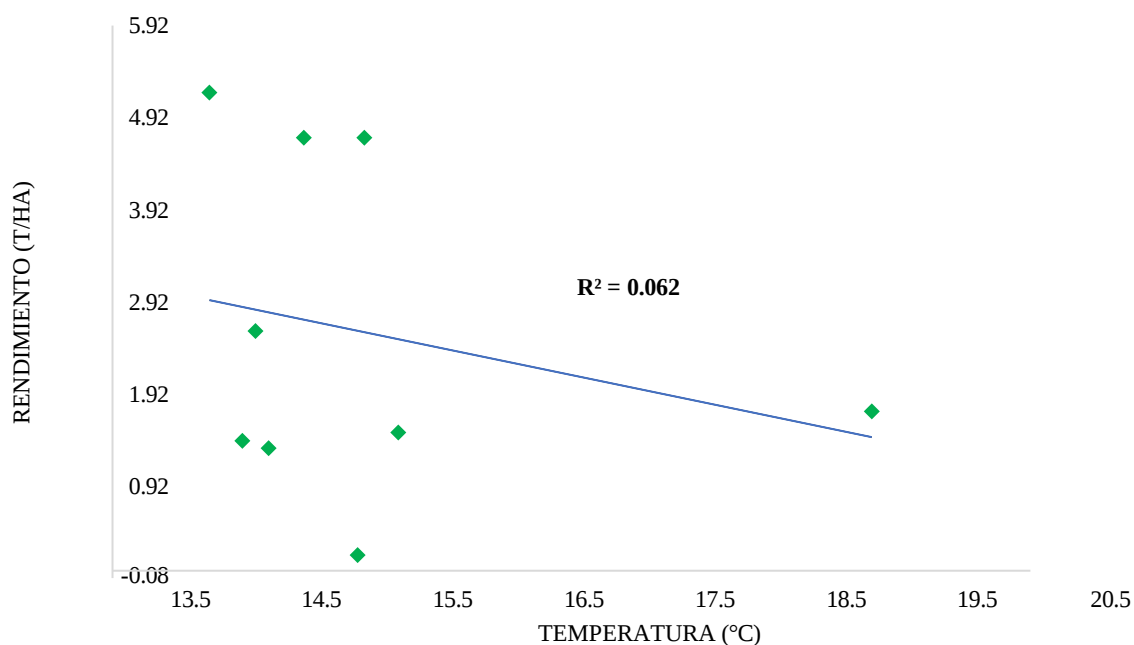
Nota. Se utilizaron los datos de la tabla del Anexo 4.

CV (%) = 38 %

$\bar{X}$ = 2,6 t ha⁻¹

Figura 3

Gráfica de regresión lineal entre rendimiento y temperatura



4.1.4.2. Efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas en coronta

La Tabla 11 muestra la relación entre la temperatura (°C) y el contenido de antocianinas en coronta (%), la cual no resultó ser significativa ($p > 0,05$). Según lo indicado por Bobbitt (2021), si $p > \alpha = 0.05$ entonces no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias, por lo que no hay relación entre variables.

El coeficiente de variación (CV) resultó 9,8 %, según lo indicado por Patel et al. (2011) este resultado resulta ser de buena precisión entre los datos de antocianinas en coronta ya que $CV \leq 30 \%$ indica una muestra relativamente homogénea.

En la pendiente, con un intervalo de confianza al 95 %, se incluyó 0 (-0,41 a 0,60), lo que confirma la ausencia de la relación lineal.

La pendiente positiva (0,09) indica que, a mayor temperatura el contenido de antocianinas en coronta tiende a aumentar, mostrando una relación mínima pero no significativa.

La figura 4 muestra la recta de regresión entre la acumulación de pigmentos (antocianinas) en coronta (%) y temperatura (°C), cuya ecuación estimada es:

$$\textbf{Antocianinas en coronta (\%)} = \mathbf{3.97} + \mathbf{0.09 * Temperatura (^{\circ}C)}$$

Según la recta de regresión, la temperatura no es un influyente directo en la asimilación de pigmentos (antocianinas) en coronta. Además, se evidencian los resultados a través del coeficiente de determinación ($R^2 = 0,027$), indicando que el 2,7 % del contenido de antocianinas en la coronta depende de la temperatura y el 92,3 % depende de otros factores.

Esto podría deberse a que la coronta no está en contacto directo con las condiciones climáticas ya que, está por debajo de la bráctea y los granos. Se puede comprobar mediante Zorati et al. (2014) ya que demostraron que la acumulación de antocianina se ve afectada tanto por la intensidad de luz como el espectro de la luz. Por ejemplo, la cáscara de la manzana iluminada por el sol, acumuló más antocianina que la cáscara sombreada.

A su vez He y Giusti (2010) destacan que la biosíntesis y acumulación de antocianinas está regulada y que los tejidos de sostén (coronta)

tienden a concentrar más pigmentos. Lo que coincide con los resultados obtenidos por Valera (2019) indicando que el 2.43% del contenido de antocianinas en coronta se debe a la altura y el 97.57 % se debe a otros factores.

Concluyendo que la altitud no afecta el contenido de antocianinas en coronta. Otra razón de la mayor acumulación de las antocianinas en la coronta, es que tienden a acumularse en tejidos estables (pH, luz, temperatura), lo que asegura su permanencia durante el ciclo reproductivo; tal como lo evidencia Zhu (2019) mencionado que las antocianinas son susceptibles a la degradación química. Además, la velocidad de decoloración y la pérdida de funcionalidades dependen en gran medida del pH, la luz, la temperatura, el oxígeno, las enzimas.

Tabla 11

Análisis de regresión lineal para el efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas en coronta

Coef	Est.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
Constante	3,97	-3,90	11,83	1,19	0,2720
Temperatura	0,09	-0,41	0,60	0,44	0,6718

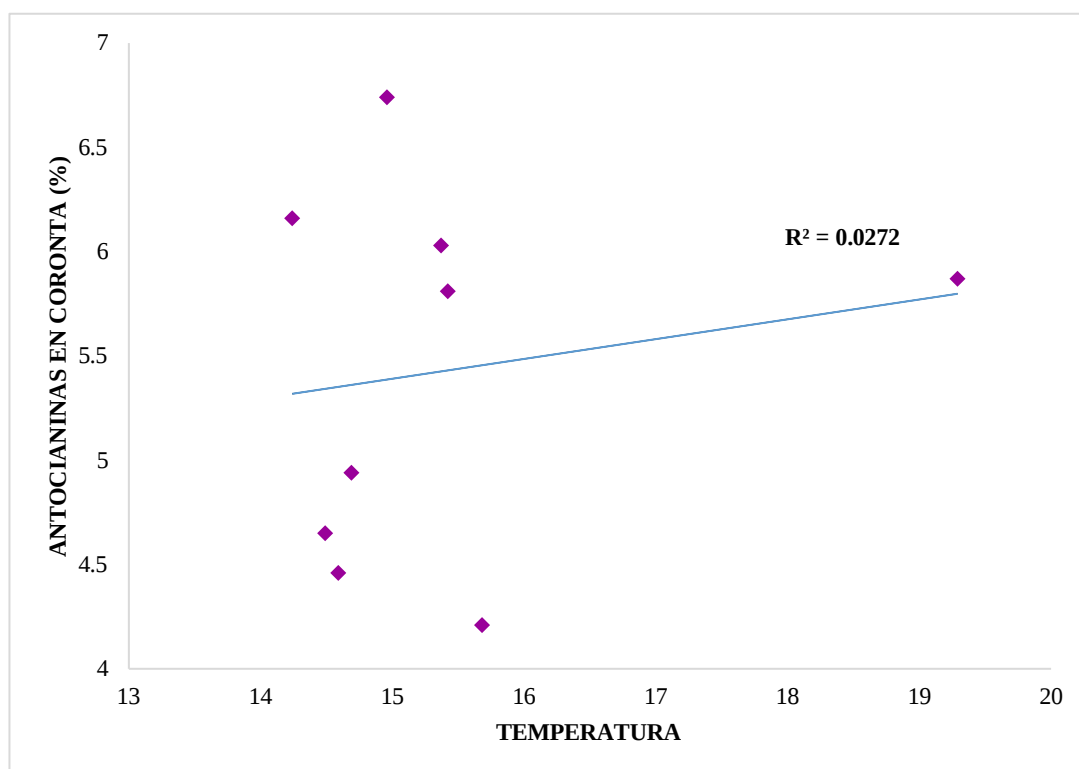
Nota. Se utilizaron los datos de la tabla del Anexo 4.

CV (%) = 9,8 %

X = 5,43 %

Figura 4

Gráfica de regresión lineal entre contenido de antocianinas en coronta y temperatura



4.1.4.2. Efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas en bráctea

La Tabla 12 muestra la relación entre temperatura (°C) y contenido de antocianinas en bráctea ya que no resultó altamente significativa ($p > 0.05$). Según lo indicado por Bobbitt (2021), si $p > \alpha = 0.05$ entonces no existe una diferencia estadísticamente significativa, por lo que no hay relación entre variables.

El coeficiente de variación (CV) resultó 11,2 %, según lo indicado por Patel et al. (2011) este resultado resulta ser de buena precisión entre los datos de antocianinas en coronta ya que $CV \leq 30 \%$ indica una muestra relativamente homogénea.

El intervalo de confianza al 95% incluyó el 0 (-0.27 a 1.14), lo que confirma la ausencia de relación lineal. Aún con esto, la pendiente positiva (0.44) indica que,

a mayor temperatura, el contenido de bráctea tiende a aumentar.

En la figura 5 se puede observar la recta de regresión entre el contenido de antocianinas en bráctea (%) frente a la temperatura (°C), cuya ecuación estimada es:

$$\text{Antocianinas en bráctea (\%)} = -1.99 + 0.44 * \text{Temperatura (°C)}$$

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,236$), está evidenciando la mediana relación, pero la no significancia entre el contenido de pigmentos (antocianinas) en la bráctea (%) influenciado por la temperatura (°C). Este resultado nos indica que el 23,6 % de los factores de temperatura influyen en la asimilación de antocianinas, mientras que el 76,4 % está influenciado por otros factores.

De igual manera lo menciona He & Giusti (2010), la síntesis de antocianinas en los tejidos como la bráctea responde de manera más variable a estímulos ambientales (temperatura, radiación UV, humedad).

Las temperaturas frías en altura favorecen la biosíntesis de estos pigmentos, resultando en una mayor concentración y estabilidad de las antocianinas frente al calor Medina et al. (2020). Aun así, el contenido de antocianinas en la bráctea no muestra significancia frente a la temperatura; por lo que esto se podría atribuir al control cultural que se realiza de campaña en campaña como es el uso de protectores de papel para cubrir la parte superior de la mazorca; esta táctica cultural la menciona Medina et al. (2016) quienes recomiendan utilizarla desde los 100 hasta los 180 días después de siembra, con el fin de proteger a las mazorcas de las aves, evitando así disminución de rendimientos.

Este control cultural llega a cubrir en su mayoría a la mazorca de maíz morado, abarcando un aproximado del 80 % cubierta por papel. Esta teoría se refuerza cuando los datos obtenidos por Valera (2019) concluyen en que la altitud no afecta el contenido de antocianinas en brácteas de maíz morado, siendo así que,

para obtener un mayor contenido de antocianinas en bráctea, debería de optarse por no utilizar los protectores para evitar generar grandes alteraciones en la asimilación del pigmento.

Tabla 12

Análisis de regresión lineal para el efecto de la temperatura sobre el contenido de antocianinas en bráctea

Coef	Est.	LI (95%)	LS (95%)	T	p-valor
Constante	-1.99	-12.86	8.87	-0.43	0.6775
Temperatura	0.44	-0.27	1.14	1.47	0.1851

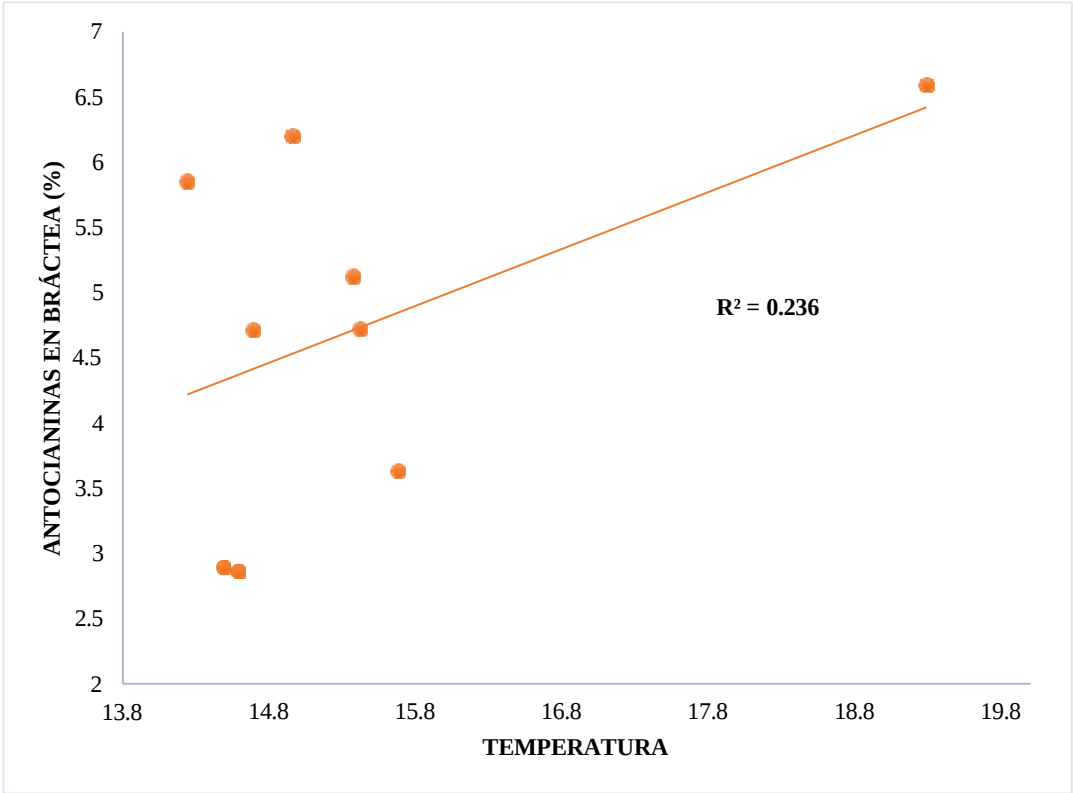
Nota. Se utilizaron los datos de la tabla del Anexo 4.

CV (%) = 11,2 %

X= 4,73 %

Figura 5

Gráfica de regresión lineal entre contenido de antocianinas en bráctea y temperatura



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En el rendimiento del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.), la provincia de Cajabamba obtuvo mayor promedio (5,19 t ha⁻¹), mientras que la localidad de Sulluscocha en la provincia de Cajamarca registró el menor rendimiento (0,17 t ha⁻¹).

- En el contenido de antocianinas del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.), la localidad de Baños del Inca, provincia de Cajamarca presentó el valor promedio más alto (6,47 %), mientras que Cochamarca, provincia de San Marcos registró la concentración más baja (3,66 %).

- No se encontró influencia directa entre temperatura y rendimiento ($R^2 = 0.062$), ni entre temperatura y la concentración de antocianinas en coronta ($R^2 = 0.027$) y bráctea ($R^2 = 0.236$). Indicando que otros factores tienen mayor influencia.

5.2 Recomendaciones

- En próximas investigaciones de estudios comparativos, tener en cuenta evaluar otros factores ambientales (exposición solar) y edáficos (fertilidad, pH, tipo de suelo, análisis de suelos) para identificar el factor más influyente en el contenido de antocianinas. A su vez utilizar análisis estadísticos como análisis de regresión múltiple.

- Impulsar estudios complementarios dirigidos directamente al contenido de antocianinas en bráctea influenciada por la exposición solar, sin el uso de cucuruchos, esto para determinar la importancia de encontrar otra alternativa de control cultural y así optimizar la concentración de antocianinas y su uso de la bráctea con alto contenido de antocianinas en la industria.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril, N., Bárcena, J., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., Meléndez, F. y Túnez, I. (2019). *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas*.
http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
- Bobbitt, Z. (2021). *ANOVA F-value and p-value*. <https://www.statology.org/anova-f-value-p-value/>
- Brandarián, M. (2020). *Manual Técnico del Cultivo de Maíz*.
<https://repositorio.inia.gob.pe/items/dae3e96f-ae5e-4857-868e-00fb6b308684>
- Bueno, J., Sáez-Plaza, P., Ramos, F., Jiménez, A., Fett, R., Asuero, A. (2012). Análisis y capacidad antioxidante de los pigmentos antociánicos. Parte II: Estructura química, color y absorción de antocianinas. *Critical Reviews in Analytical, Chemistry*, 42(2), 126-151.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408347.2011.632314>
- Castañeda-Sánchez, A., Guerrero-Beltrán, J. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 9, 25-33.
<https://www.udlap.mx/TSIA/assets/files/volumen9/TSIA-Vol9-Castaneda-Sanchez-et-al-2015.pdf>
- Chen, L., Yang, M., Mou, H. y Qingkong. (2018). Extracción y caracterización asistida por ultrasonido de antocianinas de salvado de maíz morado. *Revista de procesamiento y conservación de alimentos*, 42(1), 1-7.

https://www.researchgate.net/publication/322466302_Ultrasound-assisted_extraction_and_characterization_of_anthocyanins_from_purple_corn_bran

Delgado, J. (2021). Comparativo de rendimiento y adaptabilidad de tres variedades de maíz morado en el distrito de San Juan – Cajamarca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4406/TESIS%20JOSE%20C3%89%20PASCUAL%20DELGADO%20D%C3%8DAZ.pdf>

García, G., Montero, F., Torres, M., Álvarez, S., Vásquez, W., Villantoy, A., Ruiz, Y., Escobal, F., Cántaro-Segura, H., Paitamala, O., y Matsusaka, D. (2025). Adaptabilidad, estabilidad del rendimiento y desempeño agronómico de híbridos mejorados de maíz morado (*Zea mays* L.) en diversas zonas agroecológicas del Perú. *MDPI*, 17(1). <https://www.mdpi.com/2037-0164/17/1/3>

He, J. y Giusti, M. (2010). Antocianinas: colorantes naturales con propiedades beneficiosas para la salud. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1, 163–187. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.food.080708.100754>

InfoStat. (2020). *Software estadístico InfoStat*. <https://www.infostat.com.ar/>

Khoo, H., Azlan, A., Teng, S. y Lim, M. (2017). Antocianidinas y antocianinas: pigmentos coloreados como alimentos, ingredientes farmacéuticos y sus posibles beneficios para la salud. *National Center for Biotechnology Information*, 61(1). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5613902/>

- Liu, Y., Tong, Y., Tong, Q., Xu, W y Wang, Z. (2023). Efectos de la pectina de girasol sobre la estabilidad térmica de las antocianinas de batata morada a diferentes pH. *Revista internacional de macromoléculas biológicas*, 253(2).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813023035602>
- Medina, A. (2019). INIA identifica variedad de maíz morado con mayor contenido de antocianina y potencial de rendimiento. *Nota técnica N.º 075*.
<https://www.inia.gob.pe/2019-nota-075/>
- Medina, A. (2022). *Guía de manejo del cultivo de maíz morado*.
<https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1798/1/Gu%C3%ADa%20de%20Manejo%20del%20Cultivo%20de%20Maiz%20Morado.pdf>
- Medina-Hoyos, A., Narro-León, L y Chávez-Cabrera, 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.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3046>
- Medina, A., Yohino, M., Morita. y Maruyama, H. (2016). *Guía de producción comercial de maíz morado*.
https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/631/1/Guia_de_produc cio_n_comercial.pdf
- NASA. (2007). *Earth data repository*.
<https://disc.gsfc.nasa.gov>
- Niu, S., Yu, L., Li, J., Qu, L., Wang, Z., Li, G., Guo, J. y Lu. D. (2024). Efecto de las altas temperaturas en el rendimiento del maíz y los componentes del grano: un metaanálisis. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 952.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969724060546>

Patel, J y Shiyani, R. (2001). Coeficiente de variación en experimentos de campo y su criterio de medición: un estudio empírico. *Ciencia actual*, 81(9), 1163-1164.

https://www.researchgate.net/publication/291154551_Coefficient_of_variation_in_field_experiments_and_yardstick_thereof_-_An_empirical_study

Piña, P. (2018). Comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2874/COMPARATIVO%20DE%20RENDIMIENTO%20Y%20CONTENIDO%20DE%20ANTOCIANINAS%20EN%206%20VARIEDADES%20DE%20MA%20C3%8DZ%20MORADO%20%28Zea%20mays%20L.pdf>

Poma, W. y Alcántara, G. (2011). *Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca*. <http://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>

Quispe, F., Arroyo, K y Gorriti, A. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa – Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 205-217. <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371937623006.pdf>

Rabanal-Atalaya, M y Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39(1), 13-19. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-

57792021000100201

Rabanal-Atalaya, M y Medina-Hoyos, A. (2022). Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 381-392.

<https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/99446826-34e5-455e-984f-1f6cc3d0abbc/content>

Rabanal-Atalaya, M y Medina-Hoyos, A. (2020). Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (*Zea mays* L.) en la región Cajamarca-Perú. *Terra Latinoamericana*, 39. 1-10.

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/829>

Stintzing, F. y Carle, R. (2004). Propiedades funcionales de las antocianinas y betalainas en plantas, alimentos y en la nutrición humana. *Tendencias en ciencia y tecnología de los alimentos*, 15(1), 19-38.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224403001638>

Tafur, E. (2025). 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 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8342/TESIS%20%20E%20NER%20OCTAVIO%20TAFUR%20CABRERA.pdf>

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 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3698/TESIS%20-%20PIERRE%20OMAR.pdf>

Wang, K. (2025). Perspectivas sobre los factores ambientales que afectan el crecimiento del maíz. *Genómica y genética del maíz*, 16(4), 167-181.

<https://cropscipublisher.com/index.php/mgg/article/html/4136>

Wrolstad, E., Acree, T., Decker, E., Perner, M., Reid, D., Schwartz, S., Shoemaker, C y Smith, D. (2005). Manual de Química analítica de alimentos: pigmentos, colorantes, sabores, textura y componentes bioactivos de los alimentos.

https://www.academia.edu/24852160/Anthocyanins_handbook?utm_source

Zoratti, L., Karppinen, K., Luengo, A., Haggman, H. y Jaahola, L. (2014). Biosíntesis de flavonoides controlada por la luz en frutas. *Frontiers in Plant Science*, 5.

<https://www.frontiersin.org/journals/plantscience/articles/10.3389/fpls.2014.00534/full>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos de rendimiento

Localidad	Repetición	Peso (kg parcela ⁻¹)		
Shaullo Chico	1	1,69	2	0,09
	2	1,62	3	0,23
	3	2,05	4	0,11
	4	1,44	5	0,31
	5	0,71	1	5,03
Cochamarca	1	1,87	2	5,60
	2	1,97	3	4,82
	3	1,48	4	4,39
	4	2,90	5	6,09
	5	4,80	1	1,18
Baños del inca	1	6,71	2	1,12
	2	4,23	3	2,21
	3	4,89	4	1,18
	4	3,61	5	1,34
	5	4,05	1	3,31
Contumazá	1	1,93	2	3,77
	2	1,62	3	3,92
	3	1,90	4	7,98
	4	1,90	5	4,52
	5	1,29		
La Chilca	1	1,93		
	2	1,50		
	3	1,09		
	4	0,81		
	5	1,31		
Sulluscocha	1	0,09		

Anexo 2. Datos obtenidos de temperatura y humedad (MERRA – 2)

Localidad	Mes	Temperatura Promedio (°C)	Humedad Relativa Promedio (%)
Shaullo Chico	Octubre	17,53	63,93
	Noviembre	16,28	62,7
	Diciembre	16,12	74,52
	Enero	15,17	77,34
	Febrero	15	82,64
	Marzo	14,9	81,31
	Abril	15,51	80,3
	Mayo	14,95	78,85
Cochamarca	Noviembre	16,43	60,78
	Diciembre	15,57	74,54
	Enero	14,72	75,75
	Febrero	14,21	81,13
	Marzo	13,78	82,23
	Abril	14,43	81,72
	Mayo	14,49	75,6
	Junio	13,15	76,16
Baños del Inca	Diciembre	15,97	76,11
	Enero	15,17	77,34
	Febrero	15	82,64
	Marzo	14,9	81,31
	Abril	15,51	80,3
	Mayo	15,45	74,28
	Junio	14,44	76,26
	Julio	13,24	67,85
La Banda	Enero	19,36	70,6
	Febrero	19,01	78,31
	Marzo	19,21	76,53
	Abril	19,76	73,56

	Mayo	20,18	64,15
	Junio	18,81	67,74
	Julio	18,72	58,69
La Chilca	Noviembre	15,98	73,39
	Diciembre	15,57	74,54
	Enero	14,72	75,75
	Febrero	14,21	81,13
	Marzo	13,78	82,23
	Abril	14,43	81,72
	Mayo	14,16	80,82
Sulluscocha	Noviembre	16,06	72,95
	Diciembre	16,78	72,53
	Enero	15,8	73,44
	Febrero	15,47	79,14
	Marzo	15,08	79,99
	Abril	15,63	79,11
	Mayo	15,23	74,36
	Junio	14,15	77,05
	Julio	14,15	80,39
Pampa Grande	Diciembre	15,44	75,03
	Enero	14,72	75,75
	Febrero	14,21	81,13
	Marzo	13,78	82,23
	Abril	14,43	81,72
	Mayo	14,49	75,6
	Junio	12,66	74,7
Sunchupampa	Diciembre	15,3	77,94
	Enero	14,72	75,75
	Febrero	14,21	81,13
	Marzo	13,78	82,23
	Abril	14,43	81,72
	Mayo	14,51	75,45
	Noviembre	16,65	74,5

Cajamarca	Diciembre	16,12	74,52
	Enero	15,17	77,34
	Febrero	15	82,64
	Marzo	14,9	81,31
	Abril	15,51	80,3
	Mayo	15,45	74,28
	Junio	14,6	74,37

Anexo 3. Datos obtenidos en laboratorio


PRODUCTOS NATURALES DE EXPORTACIÓN S.A.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CORONTA DE MAIZ MORADO

Lote	Descripción	Localidad	Con. (%)
1	Coronta	Ichocán	4.94
2	Bráctea	Ichocán	4.71
3	Coronta	Shaullo Chico	4.21
4	Bráctea	Shaullo Chico	3.63
5	Coronta	Sunchupampa	4.65
6	Bráctea	Sunchupampa	2.89
7	Coronta	Cajabamba	6.16
8	Bráctea	Cajabamba	5.85
9	Coronta	Cochamarca	4.46
10	Bráctea	Cochamarca	2.86
11	Coronta	Sulluscocha	6.03
12	Bráctea	Sulluscocha	5.12
13	Coronta	Baños del Inca	6.74
14	Bráctea	Baños del Inca	6.20
15	Coronta	Cajamarca	5.81
16	Bráctea	Cajamarca	4.72
17	Coronta	Contumazá	5.87
18	Bráctea	Contumazá	6.59


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

HEAD OFFICE & FACTORY: Jr. Los Titanes 216, La Campaña, Chorrillos, Lima 9 - Perú
Telephone: (51-1) 251-6830 / (51-1) 251-6800 Fax: (51-1) 251-5696
e-mail: pronex@pronex.com.pe

Anexo 4. Resumen de datos originales

Localidad	Tempe ratura (°C)	Humedad relativa (%)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Antocianinas (%)	
				Coronta	Bráctea
Shaullo Chico	15,68	75,20	1,50	4,21	3,63
Cochamarca	14,60	75,99	1,73	4,46	2,86
Baños del inca	14,96	77,41	4,70	6,74	6,20
La Banda	19,29	69,94	1,73	5,87	6,59
La Chilca	14,69	78,51	1,33	4,94	4,71
Sulluscocha	15,37	76,55	0,17	6,03	5,12
Pampa Grande	14,25	78,02	5,19	6,16	5,85
Sunchupampa	14,49	79,04	1,41	4,65	2,89
Cajamarca	15,43	77,41	4,70	5,81	4,72

Anexo 5. Contenido de antocianinas expresado en mg g⁻¹

Localidad	Antocianinas (mg g ⁻¹)	
	Coronta	Bráctea
Shaullo Chico	42,1	36,3
Cochamarca	44,6	28,6
Baños del inca	67,4	62,0
La Banda	58,7	65,9
La Chilca	49,4	47,1
Sulluscocha	60,3	51,2
Pampa Grande	61,6	58,5
Sunchupampa	46,5	28,9
Cajamarca	58,1	47,2

Anexo 6. Datos para la obtención de temperatura y humedad

Localidad	Altitud Fecha de	Ubicación geográfica	siembra	Fecha de cosecha
Sunchupampa	2550 m.s.n.m	7.36085 °S, 78.13343 °W	19/12/2024	28/05/2025
Cochamarca	2858 m.s.n.m	7.28081 °S, 78.21991 °W	08/11/2024	12/06/2025
La Chilca	2602 m.s.n.m	7.37128 °S, 78.13119 °W	26/11/2024	06/05/2025
Pampa Grande	2640 m.s.n.m	7.61146 °S, 78.07065 °W	05/12/2024	04/06/2025
La Banda	2676 m.s.n.m	7.36150 °S, 78.80832 °W	09/01/2025	22/07/2025
Shaullo Chico	2799 m.s.n.m	7.17300 °S, 78.44174 °W	14/10/2024	07/05/2025
Baños del Inca	2694 m.s.n.m	7.15958 °S 78.46146 °W	12/12/2024	09/07/2025
Cajamarca	2733 m.s.n.m	7.16277 °S 78.50977 °W	25/11/2024	13/06/2025
Sulluscocha	2976 m.s.n.m	7.19550 °S 78.37338 °W	29/11/2024	01/07/2025

Anexo 7. Fotografías de procedimientos realizados en campo

Figura 6

Uso de la balanza reloj para determinar peso de campo



Figura 7

Evaluación de mazorcas según grados de pudrición



Figura 8

Mazorcas cosechadas de los cuatro surcos centrales



Anexo 8. Fotografías de procedimientos post – cosecha

Figura 9

Coronta picada



Figura 10

Proceso de molido



Figura 11

Pesado de 50 g de molienda para el análisis de antocianinas en laboratorio



Anexo 9. Fotografías de procedimientos de laboratorio

Figura 12

Pesado de 0.34 g de muestra de la molienda



Figura 13

Muestras sobre el agitador magnético a 60 °C

**Figura 14**

Muestras en proceso de sedimentación y enfriado



Figura 15

Uso de pipeta graduada para absorber parte de la solución no sedimentada



Figura 16

Solución final para el análisis de la concentración de antocianinas en el espectrofotómetro



Figura 17

Llenado de la celda de cuarzo con la solución final

**Figura 18**

Lectura del espectrofotómetro



Figura 19

Comparativo entre muestra inicial (molienda) y final (solución)

