

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Agronomía



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

**COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE TRES
TRATAMIENTOS, EN CORONTA Y BRÁCTEA DE MAÍZ MORADO
VARIEDAD, INIA 601 (*Zea mays* L.)**

PRESENTADO POR

BACHILLER: Elizabeth Catalina León Minchán

**ASESORES: Dr. Víctor Vásquez Arce
Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez
Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos**

CAJAMARCA – PERÚ

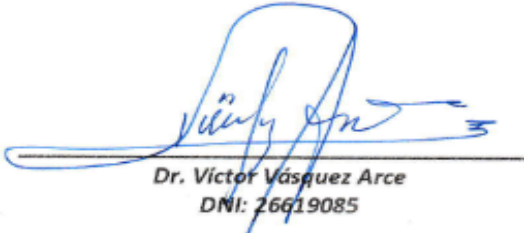
-2024-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Elizabeth Catalina León Minchán
DNI: 72459816
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
 2. **Asesor:** Dr. Víctor Vásquez Arce
 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
- Título de Trabajo de Investigación:** COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE TRES TRATAMIENTOS, EN CORONTA Y BRÁCTEA DE MAÍZ MORADO VARIEDAD, INIA 601 (*Zea mays* L.).
6. **Fecha de evaluación:** 10 /01/2025
 7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
 8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 19%
 9. **Código Documento:** oid 3117:420165178
 10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 19%
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 10/01/2025

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*


Dr. Víctor Vásquez Arce
DNI: 26619085

** 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 diecinueve días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 531-2024-FCA-UNC**, de fecha 16 de octubre del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE TRES TRATAMIENTOS, EN CORONTA Y BRÁCTEA DE MAÍZ MORADO VARIEDAD, INIA 601 (Zea mays L.)**", realizada por la Bachiller **ELIZABETH CATALINA LEÓN MINCHÁN** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once 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 dieciocho (18); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del **Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

MBA Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda
PRESIDENTE

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

Ing. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacondori
VOCAL

Dr. Víctor Vásquez Arce
ASESOR

Dr. Manuel Salomón Roncal Ordóñez
ASESOR

Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos
ASESORA

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a nuestro DIOS por el milagro de la vida que me obsequio, para dar testimonio del amor que representa su creación.

*Con amor a mis padres; **Rosas Alberto León Gallardo** y **María Rosario Minchán Salcedo** por sembrar en mi corazón el amor por la agricultura y acompañarme en cada paso que doy. Ustedes son el orgullo más grande que una hija puede anhelar tener.*

A la Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos, que me ha acompañado durante este largo camino, brindándome su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de mis conocimientos y afianzando mi formación profesional.

A mis hermanos Elías Alberto León Minchán, Brian Luis León Minchán y Steven Rolando León Minchán por el apoyo incondicional en mi formación académica.

A mis tíos Sara Emperatriz León Gallardo, Lumper León Gallardo, Violeta León Gallardo, José Mera León, Isabel Minchán Salcedo y Wilmar Alva Díaz. A mis amigos Pedro Valladares Valverde, Ing. Peter Chris Piña Díaz, Bio. Juan Pablo Cuevas Giménez, Ing. William Leoncio Carrasco Chilón, Segundo Jhoel Tasilla Moreno, Rosa Angélica Carhuanambo Rodríguez, Stefany Ramos Llico y Marisabel de Jesús Quiroz Urrunaga por su apoyo constante y motivación.

AGRADECIMIENTO

Dejo expresado en este trabajo de investigación mi profundo agradecimiento:

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) junto a ello al Programa Nacional de Investigación de Maíz, de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, por haberme dado la oportunidad de realizar el presente trabajo de Investigación.

A la Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos por brindarme su amistad, confianza, conocimientos, y ser participe importante en esta investigación, así como gestionar que mi persona realizara los análisis de antocianinas en el laboratorio de la empresa Productos Naturales de Exportación S.A. (Pronex S.A.).

A la empresa Productos Naturales de Exportación S.A. (Pronex S.A.), por permitirme realizar los análisis de antocianinas en su laboratorio, facilitarme los insumos y brindarme una experiencia inolvidable.

Al Dr. Víctor Vázquez Arce por sus recomendaciones y orientaciones para poder desarrollar la presente tesis.

Al Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez por sus recomendaciones y orientaciones para poder desarrollar la presente tesis.

A los trabajadores del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca con quienes compartí gratos momentos y el desarrollo del presente trabajo.

RESUMEN

La demanda actual del pigmento antocianinas se ha incrementado en los últimos años, debido a los diversos beneficios para la salud, entre otros. El trabajo se desarrolló en parcelas de la Estación Experimental Baños del Inca, del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Tuvo como objetivo determinar el contenido de antocianinas en coronta y bráctea, utilizando 2 tratamientos alternativos concernientes a la fecundación de grano, frente a un testigo de polinización libre, en la variedad de maíz morado INIA 601. Los tratamientos fueron: **T₁** Plantas (despanojadas), **T₂** (jiloteadas) y como testigo **T₃** polinización libre. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 5 repeticiones, en 1 localidad. El análisis estadístico se desarrolló con el Software IBM SPSS versión 25. Los resultados demuestran que si existe diferencia estadística entre el **T₂** (jiloteadas) con respecto a los otros dos tratamientos, obteniendo superioridad en coronta y bráctea con 87.6 mg g⁻¹ y 96.2 mg g⁻¹, seguido por el **T₃** (testigo) 60.9 mg g⁻¹ y 65.9 mg g⁻¹ y por último el **T₁** plantas (despanojadas) con 6.03 mg g⁻¹ y 6.53 mg g⁻¹ respectivamente.

Palabras claves: Antocianinas, emasculadas, jiloteo, polinización libre.

ABSTRACT

The current demand for the anthocyanin pigment has increased in recent years, due to the various health benefits, among others. The work was carried out on plots of the National Institute of Agrarian Innovation. The objective was to determine the anthocyanin content in crown and bract, using 2 alternative treatments concerning grain fertilization, compared to a free pollination control, in the purple corn variety INIA 601. The treatments were: **T₁** Plants (detasseled), **T₂** (tipped) and as a control **T₃** free pollination. The randomized complete block design was used with 5 repetitions, in 1 location. The statistical analysis was developed with IBM SPSS software version 25. The results show that there is a statistical difference between **T₂** (striped) with respect to the other two treatments, obtaining superiority in crown and bract with 87.6 mg g⁻¹ and 96.2 mg g⁻¹, followed by **T₃** (control) 60.9 mg g⁻¹ and 65.9 mg g⁻¹ and finally **T₁** plants (detasseled) with 6.03 mg g⁻¹ and 6.53 mg g⁻¹ respectively.

Keywords: *Anthocyanins, emasculated, shedding, free pollination.*

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Antecedentes de la investigación	3
2.1.1 A nivel internacional	3
2.1.2 A nivel nacional	3
2.1.3 A nivel local	4
2.2 Bases teóricas	5
2.2.1 Origen y expansión del maíz (<i>Zea mays L.</i>)	5
2.2.2 Importancia del maíz	6
2.2.3 Importancia de maíz morado	6
2.2.3.1 Económicamente	6
2.2.3.2 Respecto a la salud	7
2.2.3.3 Respecto a la alimentación	7
2.3 Taxonomía	9
2.4 Morfología de la planta	9
2.4.1 Raíz	9
2.4.2 Tallo	9
2.4.3 Hojas	10
2.4.4 Inflorescencia	10
2.4.5 Floración masculina	10

2.4.6	Floración femenina	10
2.4.7	Fruto y semilla	11
2.5	Fenología de la planta de maíz	12
2.6	Maíz morado - INIA 601	12
2.7	Antocianinas	13
2.7.1	Composición química	14
2.7.2	Función de las antocianinas en las plantas	14
2.7.3	Función de las antocianinas en el comercio y como alimento nutracéutico	15
2.7.4	Factores que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas	15
2.7.4.1	Temperatura	15
2.7.4.2	Luz solar	16
2.7.5.1	Métodos de extracción de antocianinas	16
a	Extracción Hidroalcohólico	16
b	Espectro ultravioleta	17
c	pH diferencial	18
2.8	Definición de términos	19
2.8.1	Despanojamiento	19
2.8.2	Enmasculado	19
2.8.3	Panoja	20
2.8.4	Estigmas	20
2.8.5	Bráctea	20
2.8.6	Coronta	21
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		22
3.1	Ubicación y accesibilidad	22
3.1.1	Condiciones climáticas	24
3.1.2	Condiciones edáficas	24
3.2	Materiales	25
3.2.1	Material biológico	25
3.2.2	Insumos	25
3.2.3	Material de campo.	25
3.2.4	Materiales y equipos de laboratorio	25

3.3	Tratamientos	26
3.4	Metodología	26
3.6	Procedimientos	26
3.6.1	Preparación de terreno	27
3.6.2	Desahije	27
3.6.3	Deshierbo químico	27
3.6.4	Aporque y segunda fertilización	28
3.6.5	Control de plagas	28
3.6.6	Cosecha	28
3.7	Obtención de muestras para determinación de antocianinas	29
3.7.1	Bráctea	29
3.7.2	Coronta	29
3.8	Obtención de antocianinas, en laboratorio de empresa Productos de Exportación (PRONEX) mediante el método de Fulekis Francis	29
3.8.1	Fórmula para obtener el porcentaje de pureza de antocianinas	30
3.8.2	Conversión de porcentaje de antocianinas a $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	31
3.9	Variables a evaluar	31
3.10	Diseño experimental	31
3.11	Análisis de varianza	32
3.5.2	Croquis	33
3.5.3	Determinación de variables	34
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1	Contenido de antocianinas	35
4.1.1	Rendimiento de antocianinas en coronta	35
4.1.2	Prueba de LSD (Diferencias Mínimas Significativas)	36
4.1.3	Rendimiento de antocianinas en las brácteas ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	38
4.1.4	Prueba de LSD (Diferencias Mínimas Significativas)	39
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
5.1	Conclusiones	43
5.2	Recomendaciones	43
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		44
CAPÍTULO VII: ANEXOS		49

Anexo I	Sistematización de datos y análisis estadístico	49
7.1	Rendimiento de antocianinas en coronta	49
7.1.1	Prueba de Homogeneidad de varianzas	50
7.1.2	Prueba de Independencia	50
7.1.3	Coeficiente de determinación de los tratamientos	51
7.2	Rendimiento de antocianinas en bráctea	51
7.2.1	Prueba de Homogeneidad de varianzas	52
7.2.2	Prueba de Independencia	53
7.2.3	Coeficiente de determinación de los tratamientos	53
Anexo II	Imágenes de las actividades realizadas en el desarrollo de la investigación	54
Anexo III	Análisis de laboratorio de suelos	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	Taxonomía del maíz (<i>Zea mays L.</i>).	9
2	Fenología de la planta de maíz (<i>Zea mays L.</i>).	12
3	Composición química del maíz morado del Perú	14
4	Métodos de extracción, cuantificación de antocianinas y su eficiencia.	19
5	Ubicación a desarrollarse el trabajo de experimentación.	22
6	Datos meteorológicos del periodo transcurrido de diciembre del 2022 a julio del 2023.	22
7	Análisis de suelo, de la parcela experimental.	24
8	Tratamientos en estudio.	26
9	Análisis de varianza generalizado para un diseño bloques completos al azar.	32
10	Características del diseño experimental	34
11	Análisis de varianza para contenido de antocianinas en coronta ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).	35
12	Comparación de medias LSD al 0.05 % de probabilidad para el promedio de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA 601.	36
13	Análisis de varianza para contenido de antocianinas en brácteas ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).	38
14	Comparación de medias LSD al 0.05 % de probabilidad para el promedio de antocianinas en brácteas de maíz morado INIA 601.	39
15	Promedio del contenido de antocianinas de coronta, en tres tratamientos y 5 repeticiones.	49
16	Test de normalidad para rendimiento de antocianinas en coronta.	49
17	Prueba de Independencia	50
18	Rendimiento promedio de antocianinas en coronta expresado $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	51
19	Antocianinas en Brácteas $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de tres tratamientos y 5 repeticiones	51
20	Test de normalidad para rendimiento de antocianinas en bráctea.	52

Tabla	Título	Página
1	Taxonomía del maíz (<i>Zea mays L.</i>).	9
2	Fenología de la planta de maíz (<i>Zea mays L.</i>).	12
3	Composición química del maíz morado del Perú	14
4	Métodos de extracción, cuantificación de antocianinas y su eficiencia.	18
5	Ubicación a desarrollarse el trabajo de experimentación.	21
6	Datos meteorológicos del periodo transcurrido de diciembre del 2022 a julio del 2023.	22
7	Análisis de suelo, de la parcela experimental.	22
8	Tratamientos en estudio.	26
9	Análisis de varianza generalizado para un diseño bloques completos al azar.	30
10	Características del diseño experimental	32
11	Análisis de varianza para contenido de antocianinas en coronta (mg·g ⁻¹).	33
12	Comparación de medias LSD al 0.05 % de probabilidad para el promedio de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA 601.	34
13	Análisis de varianza para contenido de antocianinas en brácteas (mg. g ⁻¹).	36
14	Comparación de medias LSD al 0.05 % de probabilidad para el promedio de antocianinas en brácteas de maíz morado INIA 601.	37
15	Promedio del contenido de antocianinas de coronta, en tres tratamientos y 5 repeticiones.	47
16	Test de normalidad para rendimiento de antocianinas en coronta.	47
17	Prueba de Independencia	48
18	Rendimiento promedio de antocianinas en coronta expresado mg·g ⁻¹	49
19	Antocianinas en Brácteas mg.g ⁻¹ de tres tratamientos y 5 repeticiones	50
20	Test de normalidad para rendimiento de antocianinas en bráctea.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Vista satelital de terreno para instalación del experimento.	23
2	Croquis del área experimental utilizado en la investigación. 1 plantas emasculadas, 2 plantas sin fecundar y 3 plantas con polinización libre	33
3	Rendimiento promedio de antocianinas en coronta ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	37
4	Rendimiento promedio de antocianinas en brácteas	41
5	Normalidad de errores coronta	50
6	Normalidad de errores bráctea	52
7	Preparación y surcado de terreno con maquinaria agrícola (lote 2) Baños del Inca – INIA	54
8	Siembra y primera fertilización de la parcela de investigación con maíz morado INIA 601.	54
9	Riego por gravedad, por ausencia de lluvias.	55
10	Desahije a los 30 días posterior a la siembra	55
11	Deshierbo manual con lampa.	56
12	Elaboración de etiquetas y etiquetado de parcela experimental.	56
13	Jiloteo de tratamiento 2, antes de la emergencia de la flor femenina	57
14	Despanojamiento del tratamiento 1, antes de la liberación de polen.	57
15	Vista del tratamiento testigo, con polinización libre	58
16	Cosecha del experimento en madurez fisiológica	58
17	Tratamiento 2, jiloteado posterior a la cosecha, se aprecia la coronta sin granos	59
18	Tratamiento con polinización libre (testigo) posterior a la cosecha, con llenado total de granos	59
19	Tratamiento con polinización libre (testigo) posterior a la cosecha, con llenado total de granos.	60
20	Trabajo de gabinete, selección, despancado y desgranado de mazorcas.	60
22	Coronta picada e identificada para secado bajo sombra	61

23	Identificación de material para traslado a laboratorio	61
24	Pesado de muestras para determinación de porcentaje de antocianinas en el laboratorio de empresa PRONEX.	62
25	Muestras pesadas con hidrácido para extracción de antocianinas.	62
26	Determinación de la absorbancia en el espectrofotómetro.	63
27	Anexo III: Análisis de laboratorio de suelos	64

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el Perú se siembran a nivel nacional 211 507 ha de maíz amiláceo de las cuales el 17.4% (36 824 ha) corresponden a la región Cajamarca, siendo las provincias de mayor área sembrada, Chota 8 616 ha (23.4%), Cutervo 6 579 (17.9%), Santa Cruz 5 181 ha (14.1%), Hualgayoc, 4 245 ha (11.5%) y otros 33.1% (MIDAGRI, 2021).

Dentro de estos maíces existen los denominados maíces especiales (INIA, 2021), de los cuales el maíz morado es uno de ellos, por su importancia en la salud con beneficios diversos como preventivo del cáncer, colesterol, diabetes, entre otros (Block et al., 1992). En el Perú el área sembrada con maíz morado es de 4 298 ha, Cajamarca solo representa el 8.2 %, equivalente a 352 ha sembradas, siendo las provincias de Cajabamba y San Marcos las principales productoras (MIDAGRI, 2021).

La Estación Experimental Agraria Baños del Inca, desarrolló la variedad de maíz morado INIA 601, que conjuga bien tres características: color, rendimiento y adaptación. Con poca inversión y buena atención al cultivo, el agricultor puede obtener ganancias adicionales con la siembra de esta variedad, principalmente para los productores de la sierra, por la demanda que existe hoy en día a nivel mundial, por el contenido de antocianinas el cual le brinda el color morado característico de este tipo de maíz (Block et al., 1992).

Según estudios realizados por Vásquez et al. (2020) se conoce que la mayor concentración de antocianinas se encuentra en la coronta y la bráctea y con mínimo porcentaje en el grano. En tal sentido, la presente investigación tiene como fin, determinar si existe incremento de la concentración del pigmento antocianinas en alguno de los tratamientos concernientes a la fecundación del maíz morado. La importancia de esta investigación radica en que, con un mayor contenido de antocianinas, las asociaciones y/o productores de maíz morado pueden incrementar el valor de su producto, tanto en la coronta como en la bráctea, al vender a empresas privadas exportadoras de pigmento. Esto se logra mediante un método sencillo y sin el uso de agroquímicos, beneficiando económicamente a los productores. Los resultados de este estudio están dirigidos a la comunidad científica, productores de maíz morado, profesionales, técnicos, empresas privadas de exportación y a la ciudadanía interesada en el tema.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 A nivel internacional

Bollón (2019) realizó un trabajo de investigación denominado “Efectos de distintos métodos de despanojado de líneas endocriadas de maíz (*Zea mays* sp.). Tuvo como objetivo comparar el despanojamiento manual (extracción de panoja a flor limpia) y el mecánico utilizando Cutler y puller. El ensayo tuvo lugar en dos lotes en la provincia de Buenos Aires – Argentina. Los resultados arrojan que el despanojamiento manual es menos agresivo que el mecánico evitando así daños en las últimas hojas del ápice de la planta y con ello evitando la reducción en el rendimiento. El aporte de esta investigación es importante en tomar en cuenta para evitar daños en la cosecha, en el presente trabajo de investigación.

2.1.2 A nivel nacional

Torres (2018) en su trabajo de investigación denominado “El despanojado en el índice de tinción en la tusa de maíz morado (*Zea mays* L.). Canaán 2750 m s.n.m. – Ayacucho”. Tuvo como objetivo determinar tusas de mayor concentración de antocianina y demostrar, que los porcentajes de despanojado tiene efecto en la concentración de antocianina (cianin-3-glucosa (C3G) y compuestos fenólicos, cuenta con propiedades funcionales bioactivos y una alta capacidad antioxidante) en la tusa (zuro) del maíz morado. Se utilizó el diseño completamente randomizado (DCR), con 5 tratamientos y 10 repeticiones (10 golpes/repetición); se instalaron 5

parcelas con diferentes porcentajes de despanojado; 0% testigo, 25%, 50%, 75% y 100%. Los resultados arrojan que las plantas despanojadas en un 50 y 75% son las que presentan mayor longitud de tusa, mayor diámetro de tusa, mayor peso de tusa y mayor rendimiento, sin embargo, aquellas que fueron despanojadas al 100% tuvieron problemas en rendimiento por ser una actividad muy severa.

2.1.3 A nivel local

El Proyecto Peruano - Japonés IEPARC, desarrolló en Ichocán un ensayo como parte de la campaña 2016 - 2017, donde la meta fue aumentar las ganancias en la venta conjunta de maíz morado INIA 601, se obtuvo los siguientes resultados: con el tratamiento sin panoja se halló que en la coronta y la bráctea contenían un 6.76% y 5.54% de antocianinas, respectivamente; para la campaña 2017 - 2018 se obtuvo mejores resultados con el tratamiento sin panoja, donde se encontró que la coronta y la bráctea contenían un 7.49% y 5.78% de antocianinas respectivamente y por último en Cajabamba en el tratamiento con jilotes se obtuvo que el porcentaje de antocianinas de la coronta fue de 6.76% y de la bráctea un 4.06%. El porcentaje de antocianinas se determinó en el laboratorio de la empresa PRONEX con el uso de los métodos espectrofotométricos (Proyecto IEPARC, 2018).

Vásquez et al. (2020) evaluaron el contenido de antocianinas de la coronta y las brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.): INIA 601, INIA 615, PM - 581, UNC 47, Canteño y Morado mejorado en seis localidades. El diseño experimental que utilizaron fue de bloques al azar con cuatro repeticiones por

cultivar. Las muestras constaron de 0,30 g de coronta y 0,40 de brácteas molidas. La cuantificación de antocianinas se efectuó de acuerdo al método de Fuleki y Francis (1968). Se realizó un ANOVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Duncan. Se observó significación estadística ($p < 0,05$) para los seis cultivares en el contenido de antocianinas en coronta y brácteas. Los cultivares INIA 601, UNC 47 y Morado mejorado destacaron, con valores de 6,10% a 6,38% de antocianinas para coronta y 2,01% a 2,92% de antocianinas para brácteas.

2.2 Bases teóricas

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

De acuerdo a su origen podemos decir que es una planta de origen americano, el cual fue cultivado por los antiguos pobladores en donde alcanzó una gran especialización evolutiva, especialmente en las regiones de Perú y México (Gruneberg, 1966). El maíz morado (*Zea mays* L.), es originario de la región de los andes de lo que hoy es Perú. Ha sido ampliamente cultivado y consumido en toda la región andina de América del sur, principalmente en Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Fei et al., 2016).

2.2.2 Importancia del maíz

Bajo condiciones climáticas adecuadas o mediante el aporte del riego, el maíz es el más productivo de los cereales. Aunque es una especie originaria de zonas semiáridas, las variedades mejoradas actuales sólo resulta rentable

cultivarlas en climas con unas precipitaciones suficientes o bien en regadío. Bajo estas condiciones de humedad, el maíz es uno de los cultivos más importantes en gran parte de las regiones templadas, subtropicales y tropicales (Nuñez, 1993).

La gran cantidad de variedades existentes en el mercado, tanto para grano como para forraje, adapta a las condiciones locales de clima y de suelo, hacen posible su cultivo en gran número de países de cinco continentes entre latitudes muy separadas (Nuñez, 1993). Su amplia capacidad de adaptación actual y su elevado rendimiento y las posibilidades futuras de mejora por vía genética hacen de este cereal uno de los cultivos más prometedores para afrontar la amenaza del hambre en el mundo (Llanos, 1984).

2.2.3 Importancia de maíz morado

2.2.3.1 Económicamente

La producción de maíz morado en el Perú, se ha ido incrementando en los últimos seis años, llegando a tener casi 25,000 toneladas anuales, con una demanda positiva en el mercado internacional por el orden de más de US\$ 3 millones (MIDAGRI - Sierra y selva exportadora, 2021).

Medina (2016) en el proyecto IEPARC, menciona que, en la campaña 2014 - 2015; los beneficiarios del proyecto han obtenido un rendimiento promedio de 5,530 kg· ha⁻¹ con 182 productores; obteniéndose asimismo un mayor rendimiento de 11,800 kg· ha⁻¹ esto debido a la aplicación de la tecnología de cultivo según el

método propuesto en la presente guía. Este rendimiento, viene a ser 7.9 veces mayor que los obtenidos con el método convencional; multiplicándose los ingresos brutos en 24.5 veces; es decir, a 8,583 soles/ha (con mano de obra).

El Gobierno Regional de Cajamarca (2023), promueve el cultivo de esta variedad agrícola que es el 'oro negro' que produce 5,200 kg· ha⁻¹ y tiene una rentabilidad de 10 mil soles por hectárea.

2.2.3.2 Respecto a la salud

Los investigadores a nivel mundial están prestando más atención a esta rica fuente de fotoquímicos. Las antocianinas, los pigmentos primarios en maíz morado, se ha informado de que se asocia con el potencial de reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular, la obesidad, diabetes, cáncer y enfermedades crónicas (Konczak y Zhang 2004; He y Giusti, 2010).

2.2.3.3 Respecto a la alimentación

Debido a su riqueza de color purpura, pigmentos de maíz morado ya mucho tiempo se han utilizado para colorear los alimentos y bebidas. En América del sur, extractos de maíz morado se aplican ampliamente en la coloración de postres caseros y bebidas como la chicha morada y mazamorra morada, una bebida popular y postre preparado a partir de maíz morado (FAO, 2013).

El mercado peruano ha ido incursionando en la producción de maíz morado orgánico en las zonas alto andinas del país. Siendo las más importantes las Pampas de Huancavelica, Ayacucho y la sierra de Arequipa. Actualmente, el maíz de color morado no solamente se comercializa entero, debido a su capacidad antioxidante se está ofreciendo al mercado como granos crudos en polvo, granos gelatinizados en polvo y mazorca cruda triturada, todo esto permite sustituirlo por otras harinas e incorporarlas a diferentes preparaciones: postres, tortillas, batidos e incluso en la elaboración de pan, originando un incremento en su comercialización a nivel nacional y mundial. (Salvador y Pedrosa, 2019). Adicional a ello, también se usa como materia prima para la extracción del pigmento característico para el uso de tintes, entre otros productos. El Perú goza de condiciones geográficas y climáticas propicias para el cultivo de maíz morado y es uno de los principales productores y exportadores mundiales de este cultivo (Chichizola et al., 2007)

2.3 Taxonomía

Según Linneo (1753), el maíz presenta la siguiente taxonomía:

Tabla 1.

Taxonomía del maíz (Zea mays L.).

Reino:	Plantae
Subdivisión	Magnoliophyta
Clase	Angiosperma
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Subtribu	Tripsacinae
Género	Zea
Género	Zea
Especie	<i>Zea mays L.</i>

2.4 Morfología de la planta

2.4.1 Raíz

Son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Takhtajan, 1980).

2.4.2 Tallo

Es simple erecto, de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (Takhtajan, 1980).

2.4.3 Hojas

Son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (Takhtajan, 1980).

2.4.4 Inflorescencia

Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta (Maroto, 1998).

2.4.5 Floración masculina

La inflorescencia masculina es una panícula o panoja formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas (Risco, 2007).

La inflorescencia masculina es una panícula o panoja (vulgarmente denominado espigón o penacho) de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen (Maroto, 1998).

2.4.6 Floración femenina

La inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca (Risco, 2007). Sólo de algunas yemas que se encuentran en las axilas de las hojas nace la inflorescencia femenina o espiga, conocida como mazorca que incluye el eje central

o coronta y donde se insertan las flores que darán origen a los granos (Tapia y Fries, 2007).

La inflorescencia femenina cuando ha sido fecundada por los granos de polen se denomina mazorca, aquí se encuentran las semillas (granos de maíz) agrupadas a lo largo de un eje, esta mazorca se halla cubierta por hojitas de color verde, terminando en una especie de penacho de color amarillo oscuro, formado por estilos (Maroto, 1998).

2.4.7 Fruto y semilla

El grano o fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endosperma triploide. La parte más externa del endosperma en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona (Takhtajan, 1980).

La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endosperma con el 85-90% del peso del grano. El embrión está formado por la radícula y la plúmula (Maroto, 1998).

2.5 Fenología de la planta de maíz

Tabla 2

Fenología de la planta de maíz (Zea mays L.).

Etapa s	Días	Características
VE	5	El coleóptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n” (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo).
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panoja.
R0	57	Antesis o floración masculina, el polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una línea de leche cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

Fuente: CIMMYT, 2004

2.6 Maíz morado - INIA 601

Esta variedad mejorada también fue desarrollada por el INIA en la EEA de Cajabamba en Cajamarca, se formó con 256 progenies, de las cuales 108

corresponden a la raza Caraz y 148 a la raza Negro de Parubamba, cuyo ámbito se da en la sierra norte (Pedraza et al., 2017).

La variedad se empezó a mejorar en 1990 en la Subestación Experimental Cajabamba a partir de la población «Negro» conformada por 256 progenies: 108 de la variedad Morado de Caráz y 148 de la variedad local Negro de Parubamba. Se emplearon seis ciclos de SR de MH con una ganancia promedio de 0.2 t· ha⁻¹ por ciclo, incidiendo fundamentalmente en el color morado intenso de tusa, panca y grano, precocidad, prolificidad mayor a 1.5, alto rendimiento, buen tipo de planta y sanidad de mazorca. Fue lanzada como variedad comercial el 29 de marzo de 2000. Recientemente, se ha determinado que con buen manejo agronómico de esta variedad se puede lograr en campos de productores rendimientos superiores a 2.8 t· ha⁻¹, mejores al promedio nacional de maíz amiláceo, y un contenido promedio de antocianinas en las corontas y brácteas de 9.36 %. Esta variedad es una alternativa para vincular al pequeño productor de maíz morado con la agroindustria y permitir incrementar sus ingresos (INIA, 2004).

2.7 Antocianinas

Jones (2005) describe que el termino antocianinas deriva del griego Terms Anthos “flor” y Akyaneos “azul”; son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos.

El termino antocianina fue propuesto en 1835 por el farmacéutico alemán Ludwig clamor Marquart (1840 – 1881) para describir el pigmento azul de la col

(*Brassica oleracea*). En realidad, las antocianinas no solo incluyen a los pigmentos azules de las plantas sino también a los rojos y violetas (Ikan, 1991).

2.7.1 Composición química

Recientes investigaciones informan sobre la existencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide) contenida en este fruto. Otras antocianinas identificadas fueron cianidina 3-6 - malonil glucósido) y peonidina 3-glucósido; La cianidina 3-glucósido, una importante antocianina presente en el maíz morado, suprime el 7,12-dimethylbenzo antraceno, el cual induce a la carcinogénesis mamaria, lo que indica que el color de maíz morado puede ser un agente quimioterapéutico prometedor (Fukamachi et al., 2008).

Tabla 3

Composición química del maíz morado del Perú

Compuesto	Fragmento			
	Factor de retención	Concentración del ion molecular	relación masa/carga	abundancia relativa en %
Cianidina-3-O-glucósido	17.79	449	287	45.8
Pelarginidina-3-O-glucósido	19.84	433	271	3.3
Peonidina-3-O-glucósido	21.41	463	301	4.1
Cianidina-3-O-(6-malonilglucosido)	22.61	535	287	40.1
Pelargonidina-3-O-(6-malonilglucósido)	24.46	519	271	1.5
Cianidina-3-O-(3,6-dimalonilglucósido)	25.83	621	287	1.2

Fuente: Chen et al., 2016

2.7.2 Función de las antocianinas en las plantas

Las antocianinas pueden encontrarse en las hojas, haciendo que las mismas muestren un color rojizo, morado, etc. Esta coloración puede deberse a un mecanismo de defensa, para proteger a las plantas, sus flores y sus frutas contra la luz ultravioleta (UV) (Clifford, 2000).

2.7.3 Función de las antocianinas en el comercio y como alimento nutraceutico.

Los pigmentos antocianinicos representan una alternativa para el reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en alimentos, fármacos y productos de belleza y para la obtención de productos con valor agregado (funcionales y nutraceuticos) dirigidos al consumo humano (Jones, 2005).

2.7.4 Factores que determinan el color y la estabilidad de las antocianinas

La estabilidad de la antocianina depende del tipo de pigmento antocianinicos, 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 (Jones, 2005).

2.7.4.1 Temperatura

Factor que afecta la estabilidad de las antocianinas, y son menos estables con el incremento de la temperatura (Khoo et al., 2017). En el pH de 2 a 4, la degradación térmica de las antocianinas produce la hidrólisis de la molécula del

azúcar y por ende la transformación de la antocianina resultante a una chalcona o α -dicetona. Cabe señalar, que la degradación térmica de las antocianinas ocurre a través de la ruptura del enlace glucosídico, dando como resultado la formación de la aglicona o chalconas y estructuras hidroxiladas de menor estabilidad que las metiladas, glicosiladas o acetiladas (Castañeda - Sánchez y Guerrero - Beltrán, 2015).

2.7.4.2 Luz solar

Factor que afecta la estabilidad de las antocianinas, la cual es necesaria para su asimilación, por otro lado, tiene la desventaja de acelerar su degradación. Las antocianinas mantienen por más tiempo su color en la oscuridad. Las sustituciones que tenga la molécula influyen en su fotodegradación, siendo susceptibles, aquellas que en el C-5 sean sustituidas por un grupo hidroxilo, isoflavonas y auronas sulfonadas; sin embargo, la presencia de copigmentos y tecnologías de encapsulación disminuyen la fotodegradación (Castañeda - Sánchez y Guerrero - Beltrán, 2015).

2.7.5 Extracción de antocianinas

La extracción de pigmentos naturales, debe llevarse a cabo teniendo en cuenta los factores que pueden afectar la integridad de los mismos; por lo cual este es un paso muy importante debido a que los resultados obtenidos dependen en gran parte del proceso de extracción realizado (Santacruz, 2011).

2.7.5.1 Métodos de extracción de antocianinas

Las antocianinas son moléculas polares y consecuentemente son más solubles en solventes polares que en no polares. A valores de pH donde las moléculas de antocianinas están no ionizadas, pueden ser solubles en éter y no son estables en soluciones neutras y alcalinas; tanto los métodos convencionales empleados para la extracción de antocianinas implican el uso de solventes ácidos (Santacruz, 2011).

A. Extracción Hidroalcohólico

Los extractos hidroalcohólicos, según lo realizado por Stanciuc (2011) quien describe que este procedimiento se opera por extracción de la planta con una disolución de alcohol puro de 96 grados en agua del 30:70. El soluto se mezcla con el solvente periódicamente y se conserva en un recipiente cerrado en un lugar fresco y oscuro. Pasado el tiempo establecido se filtra el extracto y se almacena adecuadamente para sus análisis fisicoquímicos.

B. Espectro Ultravioleta

El espectro UV permite el reconocimiento de grupos funcionales y grupos cromóforos (grupos químicos capaces de absorber en UV). 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. Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la

longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma. En espectrofotometría de absorbancia se utilizan las regiones de ultravioleta (UV cercano, de 195 - 400 nm) y el visible (400 - 780 nm). 43 la región UV se define como el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm, este último utilizado para antocianinas de maíz morado (abril, 2014).

C. PH diferencial

Propuesto por Giustin y Wrolstad (2001), menciona que este método permite la estimación alternativa del contenido de antocianinas totales, incluso en la presencia de pigmentos polimerizados y otras interferencias mediante el uso de sistemas tampón, el ejemplo de una gente blanqueador, bisulfito y la medición de espectroscopia de UV visible. Este último consiste en el uso de un agente blanqueador que decolorará a las antocianinas sin afectar a los compuestos interferentes. Se obtiene una medida de la absorbancia máxima en la región visible, seguida por la decoloración. Los agentes blanqueadores más empleados son sulfito de sodio y peróxido de hidrógeno.

Tabla 4

Métodos de extracción, cuantificación de antocianinas y su eficiencia.

Método	Característica
0.001 % HCL en metanol	Este es el método más efectivo, pero el HCl, es corrosivo y el metanol tiene efectos toxicas en la salud humana.
0.001 % HCL en etanol	80% tan efectivo como el metanol
0.001 % HCL en agua	27% tan efectivo como el metanol
Metanol acidificado con ácido cítrico	este es el más eficiente de los ácidos orgánicos
Agua acidificada con ácido acético	En eficiencia es seguido por el ácido cítrico, tartárico y clorhídrico.
Agua con 1000 ppm de SO ₂	La extracción es mejor que la obtenida por el uso de la extracción tradicional las cuales implica sistemas de etanol: ácido acético: agua.

Fuente: (Delgado et al., 2000)

2.8 Definición de términos

2.8.1 Despanojamiento

El despanojado es la práctica de eliminar las panojas antes de que éstas liberen polen (Espinosa et al., 2010).

2.8.2 Emasculado

Cualquier ser vivo que ha perdido los órganos reproductivos o los tiene impedidos para la procreación. Botánicamente cortar o retirar los estambres de una flor antes de que se abra y emita polen (Diccionario de la lengua española, 2022).

2.8.3 Panoja

La panícula es la inflorescencia apical. Está formada de un eje principal y de ramificaciones laterales, en la cual cada una de las partes, en términos botánicos, está formada de espiguillas. Cada espiguilla está compuesta de dos flores, cada flor de tres estambres. Las dos flores de una misma espiguilla no liberan su polen al mismo tiempo: una de las dos flores tiene un adelanto de 3 a 4 días. Para una única panícula, la liberación total del polen dura 8 a 10 días. La germinación del polen es inhibida por las altas temperaturas (SAG, 2020).

2.8.4 Estigmas

Los estigmas de maíz pertenecen a la flor femenina de la planta y son pelillos alargados que suelen ser de color verde y más tarde tornan a amarillo, rojo o marrón dependiendo de la variedad. Su función principal es atrapar el polen de la florescencia masculina (Virginia, 2014)

2.8.5 Bráctea

La bráctea es el término usado en botánica, introducido por Carlos Linneo, que hace referencia al órgano foliáceo en la proximidad de las flores, diferente a las hojas normales y a las piezas del perianto. Su función principal no es la fotosíntesis, sino proteger las flores o inflorescencias. Aunque son verdes, hay algunas excepciones en las que durante su proceso de desarrollo adquieren una diversa variedad de colores, muchas veces intensos y llamativos (Solomón y Martin, 2015).

2.8.6 Coronta

Raquis grueso y firme que constituye el eje de la espiga que conforma la mazorca de maíz (Diccionario de la lengua española, 2022).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y accesibilidad.

El experimento se instaló en el lote 2 de la Sede de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, la accesibilidad de estudio es a través de vía terrestre por carretera asfaltada. Mayor detalle en la tabla 5.

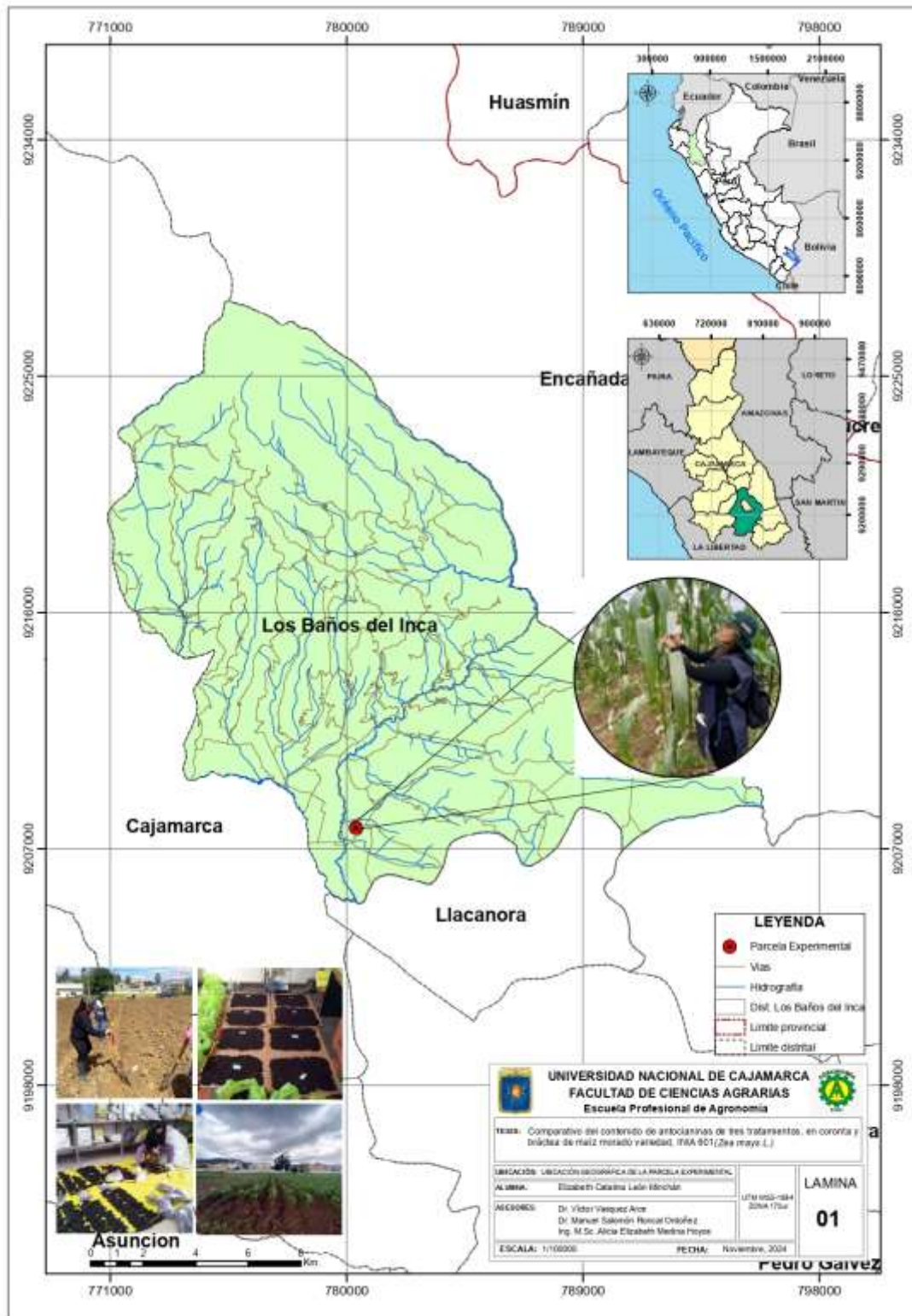
Tabla 5

Ubicación a desarrollarse el trabajo de experimentación.

Localidad	Distrito	Provincia	Región	Georeferenciación (UTM)	Altitud	Distancia desde Cajamarca (km)
1	Baños del Inca	Cajamarca	Cajamarca	780355.41E, 9207821.53S	2 670 m s.n.m	7 km

Figura 1

Ubicación geográfica de la parcela de investigación



3.1.1 Condiciones climáticas

Tabla 6

Datos meteorológicos del periodo transcurrido de diciembre del 2022 a julio del 2023.

Mes/año	T° máxima	T° mínima	Humedad relativa	Precipitación
Diciembre - 2022	14.6	6.8	82	167
Enero – 2023	14.3	7	85	164
Febrero – 2023	14.1	6.6	84	142
Marzo – 2023	20.6	9.2	74	135
Abril – 2023	21.1	8.2	70	95
Mayo – 2023	21.2	6.8	68	45
Junio – 2023	21.4	5	60	20
Julio - 2023	21	4.7	55	4.1

Fuente: (SENAMHI, 2023)

3.1.2 Condiciones edáficas

Tabla 7

Análisis de suelo, de la parcela experimental.

Ensayo	Unidad	Resultados	Recomendación (cantidad de nutrientes)		
			N ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O
pH	Unid. pH	7.41			
Aluminio	%			
Materia orgánica	%	5.35	120	90	60
Fósforo	ppm	32.44			
Potasio	ppm	300			

Fuente: Laboratorio de suelos del INIA, EEA Baños del Inca

3.2 Materiales

3.2.1 *Material biológico.*

Semilla categoría básica de la variedad de maíz morado INIA 601.

3.2.2 *Insumos*

Aceite doméstico, Urea, Fosfato di amónico, Cloruro de potasio.

3.2.3 *Material de campo.*

Gotero, Etiquetas, Cucuruchos de papel, Costales, Maquina picadora, Palanas, Estacas, Cadena graduada, Balanza, Bolsas, Baldes, Wincha, Rafia.

3.2.4 *Materiales y equipos de laboratorio.*

Agitador magnético con plancha de calentamiento (C-MAG HS7 C), Vaso de precipitación de 250 ml, Papel aluminio, Imán, Termómetro digital adaptado a Agitador magnético, Espectrofotómetro, Balanza analítica digital, Papel secante extra suave, Fiola de 100 mL, Matraz, Probeta graduada, Agitador, coronta y bráctea molida 20 gr.

3.3 Tratamientos

Tabla 8

Tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento	Descripción
T ₁	Emasculado	Eliminación de la flor masculina o panoja antes de que ésta emita polen.
T ₂	Jiloteado	Flor femenina o estigmas cubiertas antes de la emergencia, utilizando bolsas de glassine.
T ₃	Testigo	Polinización de las plantas del maíz INIA 601.

3.4 Metodología

Las evaluaciones se realizaron en el lote 2 de la parcela de la Sede de la EEA Baños del Inca, desde el periodo de antes de la antesis, con evaluaciones de pre cosecha, cosecha y post cosecha. Los datos se tomaron de los 4 surcos centrales de cada unidad experimental.

Cada tratamiento estuvo conformado por distinto tipo de fecundación, esto con el fin de determinar cuál de ellos presenta en la cosecha mayor contenido de antocianinas en la coronta y bráctea.

3.6 Procedimientos

La conducción de los experimentos incluyó diversas actividades desde la siembra, realizada el 14 de diciembre de 2022, hasta la cosecha, llevada a cabo el 5 de julio de 2023, tras alcanzar la madurez fisiológica. El manejo agronómico del

cultivo se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones de los especialistas del Programa Nacional de Maíz del INIA, como se describe a continuación.

3.6.1 Preparación de terreno

Consistió en las labores de limpieza y roturación del terreno a nivel de la capa arable del suelo por acción físico mecánica del arado de discos accionado por el tractor agrícola. Se realizó inmediatamente después de la cosecha anterior con la finalidad de cortar el ciclo biológico de plagas que viven en el suelo e incorporar malezas y rastrojos existentes.

3.6.2 Desahije

Consistió en eliminar las plantas de menor tamaño, atacadas por insectos y plantas que presentaron otros defectos fisiológicos dejando así solo 2 plantas por golpe. Se realizó a los 20 días después de la siembra, cuando las plantas tuvieron dos a tres hojas extendidas.

3.6.3 Deshierbo químico

Se realizó el control de malezas después de la siembra y a los 25 días después de la siembra el deshierbo manual.

3.6.4 Aporque y segunda fertilización

Consistió en la acumulación de tierra alrededor de la planta con una lampa. Esta labor es importante ya que estimula el desarrollo de raíces adventicias que evita el acame o tumbado de la planta y favorece la absorción de nutrientes.

3.6.5 Control de plagas

Para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) se aplicó insecticida Lorzban 4E y para el control de gusano mazorquero (*Helicoverpa zea* B.) se realizó aplicaciones de aceite doméstico en 3 ocasiones cada 8 días, iniciando al momento de la emergencia de los estigmas (10 %).

3.6.6 Cosecha

En el maíz morado la madurez fisiológica se presenta aproximadamente 40 días después de la floración. Los granos pasan del estado lechoso a pastoso y finalmente a duro. A partir de ese momento se inicia el secado de la mazorca y grano. En este período se concentra y estabilizan los pigmentos del color morado o antocianinas en la tuza o coronta. Por lo tanto, las mazorcas están listas para ser cosechadas. En este momento los granos presentan aproximadamente 30 % de humedad (INIA, 2020).

Se realizó la cosecha de los 4 surcos centrales, el cual consistió en desprender la mazorca de la planta sin despancar, pesar y trasladar las muestras a gabinete para trabajos de post cosecha.

3.7 Obtención de muestras para determinación de antocianinas

3.7.1 Bráctea

Se cosecho los 4 surcos centrales y se trasladó las mazorcas a gabinete para seleccionar aquellas mazorcas que no presentan pudrición, despancar y mesclar todo en conjunto. Posterior a ello se seleccionó una muestra representativa de brácteas o panca, se picó con tijeras, se secó bajo sombra durante 7 días y se procedió a moler con molino de mano hasta llegar al peso de 50 g de harina como muestra.

3.7.2 Coronta

Las muestras de las mazorcas de aquellas plantas con el tratamiento 3 testigo (polinización libre) fue desgranada en su totalidad, el tratamiento 1 de plantas emasculadas (despanojamiento) solo presenta granos en la mazorca del 60 a 70 % que similar al testigo también fue desgranado en su totalidad y el tratamiento 2 aquellas que la flor femenina fue tapada para evitar la fecundación no necesito el desgrane debido que no formó grano. Cada tratamiento se juntó todas las tusas cosechadas se realizaron una mescla por tratamiento y cada uno de ellas por separada fue molida y pesada 50 g de harina como muestra.

3.8 Obtención de antocianinas, en laboratorio de empresa Productos de Exportación (PRONEX) mediante el método de Fulekis Francis

- Se pesó 0.30 g de coronta molida y 0.40 g de bráctea, con balanza de precisión digital, luego se colocó 100 mL de hidroácido en un vaso de precipitación de 250 mL y pesar.
- Tapar el vaso de precipitación con papel aluminio para evitar evaporación del alcohol contenido en el hidroácido, luego llevar al agitador magnético con el fin de realizar una mezcla uniforme de la solución durante 2 horas a una temperatura de 60 °C.
- Si en caso existe pérdida de peso de la solución inicial por evaporación se debe completar el peso inicial colocando hidroácido remover la muestra y dejar reposar por 30 minutos.
- Pasado el tiempo de reposo con una pipeta extraer 5 mL de la solución y colocarlo en una fiola de 100mL, y completar con hidrácido hasta llegar a 100 mL, agitar hasta conseguir una mezcla uniforme y trasladar al espectrofotómetro.
- Adecuar el espectrofotómetro a una longitud de onda de 535 nm, celdas de 1 cm de lado. Con ello nos arroja en digital el resultado de absorbancia de la muestra.

3.8.1 Fórmula para obtener el porcentaje de pureza de antocianinas

$$\% \text{ de antocianinas} = \frac{Abs_{(535)} * 2000}{982 * P_{(g)}}$$

Donde:

$Abs_{(535)}$ = Absorbancia a 535 nm

$P_{(g)}$ = Peso en gramos

El porcentaje será transformado a $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

3.8.2 Conversión de porcentaje de antocianinas a $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

se realizó la conversión de porcentaje de antocianinas a $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$. Mediante la formula siguiente:

$$\text{Concentración en mg/g} = \left(\frac{\text{Concentración en \%}}{100} \right) \times 1000$$

3.9 Variables a evaluar

- Contenido de antocianinas en $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de la coronta, en 3 tratamientos de fecundación.
- Contenido de antocianinas en $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ de la bráctea, en 3 tratamientos de fecundación.

3.10 Diseño experimental

Para llevar a cabo es experimento, se usó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 3 tratamientos y 5 repeticiones. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ij} = Unidad experimental que recibe el tratamiento i

μ = el verdadero efecto medio

β_j = el verdadero efecto del j-ésimo bloque

τ_i = el verdadero efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} = error experimental

3.11 Análisis de varianza

Tabla 9

Análisis de varianza generalizado para un diseño bloques completos al azar.

Fuente de variación	Grados de libertad	ECM	
		Modelo I	Modelo II
Bloques	(b-1)		
Tratamientos	(t-1)	$\sigma_e^2 + \frac{b \sum_{i=1}^t \tau_i^2}{(t-1)}$	$\sigma_e^2 + b \sigma_{\tau_i}^2$ M₁
Error	(b-1)(t-1)	σ_e^2	σ_e^2 M₂
Total	(bt-1)		

Fuente: Vásquez, A.V. (2014)

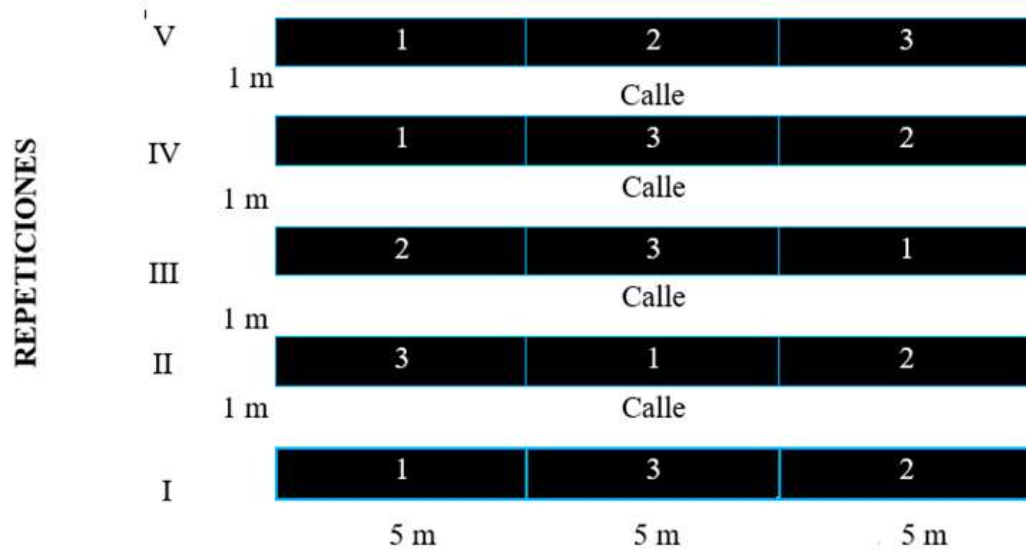
3.12 Coeficiente de determinación de los tratamientos:

$$R_{\tau_i}^2 = \frac{SC_{Trata(\tau_i)}}{SC_{Total}}$$

3.5.2 Croquis

Figura 2

Croquis del área experimental utilizado en la investigación.



Leyenda

- 1 - plantas emasculadas,
- 2 - plantas sin fecundar
- 3 - plantas con polinización libre.

Tabla 10*Características del diseño experimental*

Número de parcelas/repetición	3
Número total de parcelas	15
Número de variedades	1
Número de repeticiones	5
Ancho de calles	1 m
Número de calles	4
Largo de los surcos	5
Ancho de los surcos	0,8 m
Número de surcos por unidad experimental	6
Área de cada unidad experimental	20 m ²
Área por ensayo (total)	312 m ²
Área neta del experimento	300 m ²

3.5.3 Determinación de variables**3.5.3.1 Variable dependiente:**

Contenido de antocianinas en Coronta y Brácteas.

3.5.3.2 Variable independiente:

Tratamientos referentes a la fecundación de la mazorca de la variedad INIA 601 (plantas emasculadas, plantas jiloteadas, testigo de polinización libre).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Contenido de antocianinas

4.1.1 Rendimiento de antocianinas en la coronta ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)

Los supuestos del análisis de varianza, tales como: normalidad de los errores; homogeneidad de varianzas e independencia se cumplen (Anexo 2), se procede a realizar el análisis de varianza.

Tabla 11

Análisis de varianza para contenido de antocianinas en coronta ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular		Valor-p
					0.05	0.01	
Repeticiones	4	382.3933	95.5983	5.78 *	3.84	7.01	0.0173
Tratamientos	2	2430.9000	1215.4500	73.48 **	4.46	8.65	<.0001
Error	8	132.3267	16.5408				
Total	14	2945.6200					
CV (%)		5.84					
R^2_{τ}		0.8253					
Media		69.60 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$					

*Significativo $\alpha=0.05$; ** altamente significativo $\alpha=0.01$; CV= coeficiente de variación;

R^2_{τ} = Coeficiente de determinación de los tratamientos.

Los análisis del rendimiento de antocianinas en coronta muestran diferencias significativas $F > F_{0.05}^{5,8} = 3.69$ (valor-p= 0.0173) para repeticiones (F. calculada $5.78 > F.$ tabular 3.84), lo que indica que hay diferencias entre bloques.

Diferencias altamente significativas $F > F_{0.01}^{2,8} = 4.46$ (valor-p=0.0001) para tratamientos (F. calculada 73.48 > F. tabular 8.65), lo que revela que hay diferencias reales entre los promedios de los tratamientos. El coeficiente de variación es del 5.84% valor que muestra que los valores presentan poca dispersión. El coeficiente de determinación (R_r^2) de los tratamientos es 0.8253 indica que el 82.53% de la variabilidad de antocianinas en la coronta se debe al efecto de los tratamientos.

4.1.2 Prueba de LSD (Diferencias Mínimas Significativas)

Tabla 12

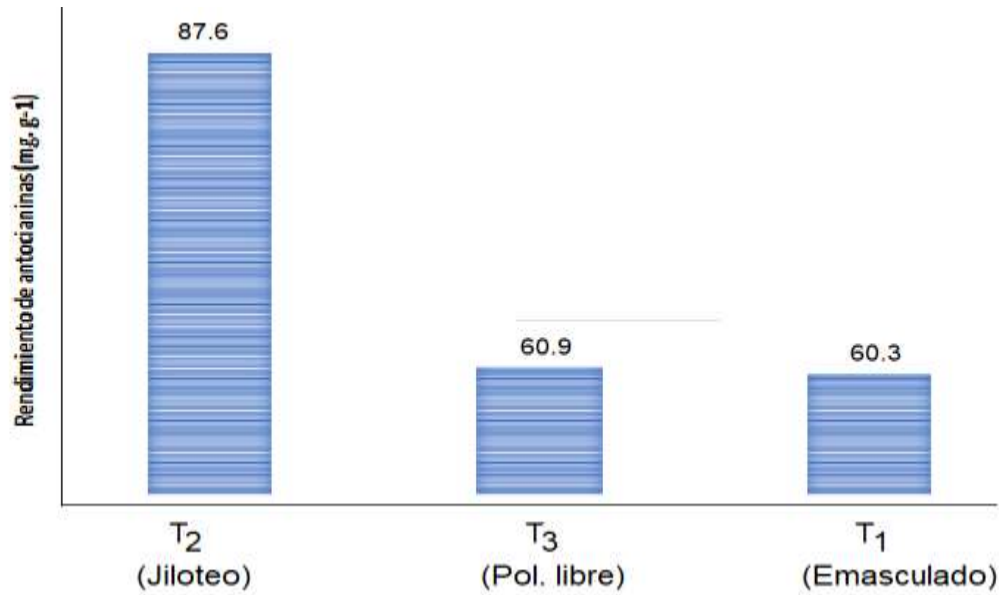
Comparación de medias LSD al 0.05 % de probabilidad para el promedio de antocianinas en la coronta de maíz morado INIA 601.

Tratamientos	Rendimiento promedio (mg·g ⁻¹)	
T ₂ (Jiloteo)	87.60	a
T ₃ (polinización libre)	60.90	b
T ₁ (emasculado)	60.30	b
DLS: 5.93		

La prueba de medias LSD, muestra que la variedad INIA 601 mediante el jiloteo (T₂), es decir, el tapado de la flor femenina a la emergencia, supera estadísticamente al tratamiento 3 (T₃=testigo) y al tratamiento 1 (T₁= emasculado la flor femenina), con 87.60 mg. g⁻¹ respectivamente (tabla 12) y Figura 3.

Figura 3

Rendimiento promedio de antocianinas en coronta ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).



Estos resultados (T₂) en la variedad INIA 601, supera a los obtenidos por Medina et al., (2020) que obtuvo en coronta un valor de $61.20 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$. De igual manera destacan con respecto los obtenido por Tamay (2021) quien logró solamente $55.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, a los de Vásquez et al., (2020) quienes alcanzaron el valor $63.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ y a los de Moya (2024) que logró un rendimiento de $62.12 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ con el cultivar INIA 601 respectivamente. En la tabla 10, se observa que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos T₃ (polinización libre) y T₁ (emasculado).

4.1.3 Rendimiento de antocianinas en las brácteas (mg · g⁻¹)

Los supuestos del análisis de varianza como normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de errores se cumplen (Anexo), por lo que se procede a realizar el análisis de varianza.

Tabla 13:

Análisis de varianza para contenido de antocianinas en brácteas (mg. g⁻¹).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular		Valor-p (significancia)
					0.05	0.01	
Repeticiones	4	235.6426	58.9106	0.87 ns	3.84	7.01	0.5225
Tratamientos	2	3073.6573	1536.8286	22.66**	4.46	8.65	0.0005
Error	8	542.6393	67.8286				
Total	14	3851.9293					
CV (%)		10.83					
R_r^2		0.7928					
Media		76.03 g.g ⁻¹					

*Significativo $\alpha=0.05$; ** altamente significativo $\alpha=0.01$; CV= coeficiente de variación;

R_r^2 = Coeficiente de determinación de los tratamientos

Se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas (valor-p=0.0005) (F. calculada 22.66 > F. tabular 4.46) para tratamientos, indicando que hay diferencias reales entre los promedios de tratamientos. El coeficiente de variación, 10.83% indica una mayor uniformidad en los valores tomados. El coeficiente de determinación de los tratamientos (R_r^2) es 0.7928, el cual indica que

el 79.28% de la variabilidad de antocianinas en las brácteas se debe al efecto de los tratamientos.

4.1.4 Prueba de LSD (Diferencias Mínimas Significativas)

Tabla 14

Comparación de medias LSD al 0.05 % de probabilidad para el promedio de antocianinas en brácteas de maíz morado INIA 601.

Tratamientos	Rendimiento promedio (mg·g ⁻¹)	
T ₂ (Jiloteo)	96.26	a
T ₃ (polinización libre)	66.48	b
T ₁ (emasculado)	65.34	b
DLS: 12.01		

La tabla 14 muestra la comparación de medias de rendimiento de antocianinas en brácteas. Se observa que el tratamiento 2 (jiloteo) ocupa el primer lugar con 96.26 mg·g⁻¹ superando estadísticamente a los tratamientos 3 (polinización libre) y tratamiento 1 (emasculación), cuyos rendimientos son de 66.48 mg·g⁻¹ y 65.34 mg·g⁻¹ respectivamente y que entre estos dos tratamientos no hay diferencias estadísticas.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han demostrado la influencia de diferentes métodos de manejo y polinización en el contenido de antocianinas en el maíz morado. Por ejemplo, García-Lara et al. (2019) reportaron que las prácticas de manejo que protegen las estructuras reproductivas del maíz pueden incrementar la concentración de compuestos bioactivos, como las antocianinas, en las brácteas. De manera similar, Martínez et al. (2020) encontraron

que la eliminación de la panoja en ciertas variedades de maíz aumentaba la acumulación de antocianinas debido a una posible redistribución de recursos metabólicos hacia las brácteas.

Por otro lado, los resultados obtenidos en este estudio difieren en algunos aspectos de los reportados por Díaz Chávez et al. (2018), quienes no encontraron diferencias significativas en el contenido de antocianinas entre tratamientos de polinización libre y emasculado en otra variedad de maíz morado. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en las condiciones ambientales, el manejo agronómico específico de cada estudio, o variaciones genéticas entre las variedades de maíz utilizadas.

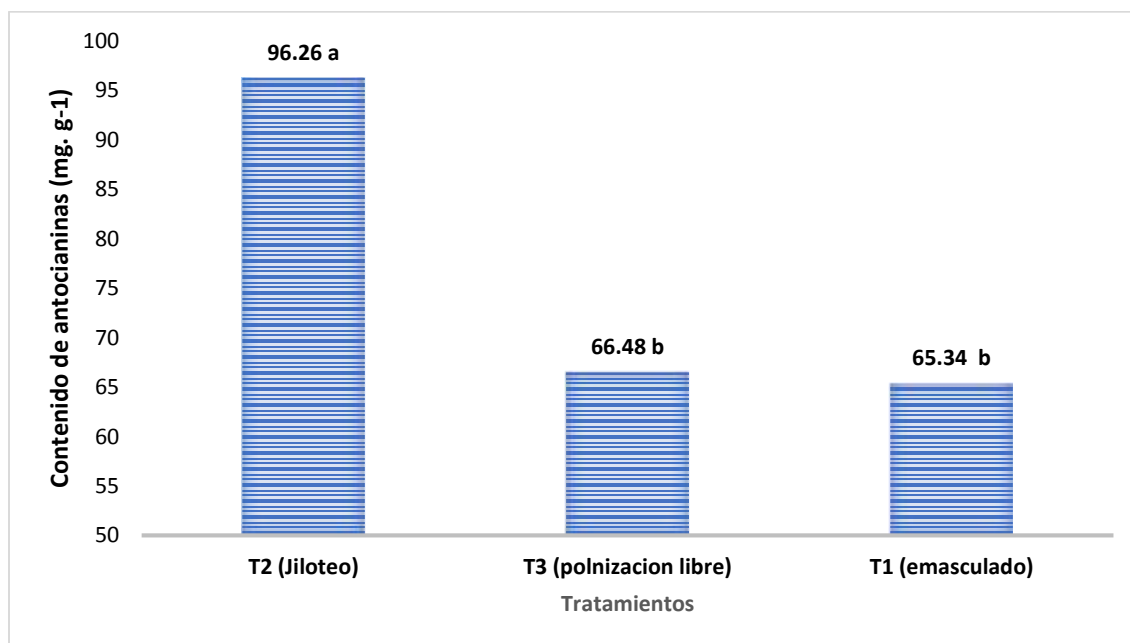
Los resultados de este estudio sugieren que el método de jiloteo es el más efectivo para aumentar el contenido de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA 601. Este hallazgo tiene implicaciones importantes para la producción de maíz morado con alto contenido de antocianinas, ya que estas tienen reconocidos beneficios para la salud humana, incluyendo propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (González-Manzano et al., 2016).

La variabilidad en el contenido de antocianinas en la bráctea y la coronta de maíz bajo diferentes técnicas de polinización puede explicarse por varios factores fisiológicos y genéticos de la variedad. En la bráctea, el método de jiloteo resultó en el mayor contenido de antocianinas, seguido por el testigo (polinización libre) y, por último, el emasculado. Esto podría deberse a que el aislamiento de la flor femenina en el jiloteo redujo el estrés competitivo y permitió una mayor acumulación de

antocianinas (Jones & Hall, 2020). Por otro lado, la polinización libre proporcionó una mayor diversidad genética del polen, lo que pudo favorecer la acumulación de antocianinas en la bráctea (Anderson & Kim, 2017). En contraste, el emasculado pudo haber redirigido los recursos y la energía hacia la coronta, reduciendo la concentración de antocianinas en la bráctea (Smith, 2019). En la coronta, tanto el emasculado como el jiloteo superaron al testigo en contenido de antocianinas, posiblemente debido a una mayor concentración de recursos y a la reducción de competencia interna por nutrientes y metabolitos en estas técnicas (Miller & Davis, 2015). Esto resalta la complejidad de las interacciones entre técnicas de polinización y la síntesis de metabolitos secundarios en diferentes partes de la planta.

Figura 4

Rendimiento promedio de antocianinas en brácteas.



La figura 4 confirma lo antes mencionado, en la cual el tratamiento T₂ supera al tratamiento T₃ y T₁ respectivamente con 96.26 mg · g⁻¹.

Estos resultados son superiores a los reportado por Medina et al., quienes obtuvieron 31,8 mg · g⁻¹ de antocianinas en brácteas. De igual modo a los de Vásquez et al., 2021 que alcanzaron el valor de 29.4 mg · g⁻¹ con la variedad INIA 601.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Se obtuvo el mayor contenido de antocianinas en la coronta el cual consistió en evitar la fecundación T₂ (jiloteo), alcanzando un valor de 87.60 mg·g⁻¹ en la variedad INIA 601.
2. A través del jiloteo: T₂ (evitando la fecundación) hubo mayor contenido de antocianinas en brácteas, con un valor de 96.26 mg·g⁻¹ en la variedad INIA 601.
3. Se determinó que no existe diferencias significativas entre el T₃ (testigo: polinización libre) y el tratamiento T₁ emasculado siendo ambos inferiores al T₂ (jiloteo).

5.2 Recomendaciones

Utilizar el método de jiloteado cuando la venta del producto sea exclusivamente de coronta y bráctea, debido a su incremento del contenido de antocianinas, sin embargo, no presenta desarrollo de grano, pudiendo ser utilizado como posibilidad para quienes no quieren desgranar la mazorca.

Continuar con la investigación incluyendo el 75 % despanojado para tener datos con más respaldo científico.

CAPÍTULO VI

LITERATURA CITADA

- Anderson, J. R., & Kim, H. S. (2017). Genetic diversity and its effect on secondary metabolite production in maize. *Journal of Agricultural Science*, 10(3), 234-245. <https://doi.org/10.1234/jas.v10i3.2345>
- Arroyo, J.; Raez, E.; Rodríguez. (2008). *Actividad antihipertensiva y antioxidante del extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado (Zea mays L) en ratas*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 25(2): 195–199.
- Block G, Patterson B, Subar A. (1992). *Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence*, *Nutr Cancer*.
- Bollón, A. E. (2019). *Efectos de distintos métodos de despanojado de líneas endocriadas de maíz (zea mays sp.) sobre el rendimiento en grano*. [Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina]. Repositorio Institucional Universidad Católica Argentina. <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efectos-distintos-metodos-despanojado.pdf>
- Castañeda-Sánchez, A. y J. A. Guerrero-Beltrán. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *Tsia* 9: 25-33.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). (2004). *Etapas de crecimiento del maíz. México*. (En línea). Disponible en <http://maizedoctor.cimmyt.org/index.php/es/empezando/9?task=view>.
- Chen, L., M. Yang, H. Mou, and Q. Kong. (2016). *Ultrasoundassisted extraction and characterization of anthocyanins from purple corn bran*. *J. Food Process. Preserv.* 42 (e13377): 1-7. doi: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13377>.
- Chicbizola, J.; López, E.; Navarro, J. M; Salinas, F. (2007). Plan de negocios: "acopio, procesamiento y exportación de maíz morado". Trabajo aplicativo final presentado. EPG. UAP. Arequipa, Perú. 115 p.
- Clifford (2000): *Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden*. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Bd. 80, Nr. 7, S. 1063–

1072. doi <1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q
0010(20000515)80:7<1063::AID-JSFA605>3.0.CO;2-Q

10.1002/(SICI)1097-

Delgado Vargas, F.; Jiménez R. y Paredes López O. (2000), *Natural Pigments: Carotenoids Anthocyanins and Betalains – Characteristics, Processing and Stability*. Critical Reviews and Nutrition. Pg 173 – 289.

Diccionario de la lengua española. (2022). The Free Dictionary. Revisado en línea el 12 de octubre del 2022. <https://es.thefreedictionary.com/emasculado>

Espinosa, a., Tadeo, M., Sierra, M., Caballero, F., Valdivia, R., Gomez, N. (2010). Despanojado y densidad de población en una cruce simple androestéril y fértil de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. Artículo científico. Revisado en línea el 12 de octubre del 2023. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000100016

FAO. (2013). *Alta cocina tradicional andina*, 1° ed. Organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas. Disponible a partir de: <http://www.fao.org/docrep/018/i1466e/i1466e.pdf>. Consultado 2017 14 de mayo. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Monica Giusti.

Fei, L. (2016) beneficios para la salud de maíz morado (*Zea mays* L.) compuestos fenólicos. *comprehensive reviews in food science and food safety*, 00, 2017, 1-15. Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Monica Giusti.

Fukamachi, K.; Imada, T.; Ohshima, Y.; Xu J.; Tsuda, H. (2008). *El color del maíz morado suprime el nivel de rasproteína e inhibe la carcinogénesis mamaria inducida por 7,12-dimetilbenzo[a]antraceno en ratas*. *Ciencia del cáncer*. 99: 1841–1846.

Fuleki, Tibor; Francis, F.J. (1968). Quantitative methods for anthocyanins: 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. *Journal of food science*- 33: 78- 83.

Giustin M. y Wrolstad, R. (2001). *Anthocyanin. Characterization and Measurement whit UV-Visible Spectroscopy*. *Current Protocols in Food Analytic Chemistry*. New York.

Gruneber, P.H. (1966). “Nutrición y Fertilización del Maíz”. *Boletín* N° 9, Alemania. 46 pág.

- He, J.; Giusti, M.M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology*. Palo Alto, California 1: 163-187.
- Heras, I.; Alvis, A.; Arrazola, G. (2013). Optimización del proceso de extracción de antocianinas y evaluación de la capacidad antioxidante de berenjena (*Solana melongena L.*). *Información Tecnológica* 24(5):93-102.
- IEPARC. (2020) *Proyecto: "Incremento de los Ingresos Económicos de los Pequeños Productores Agrarios en la Región Cajamarca – IEPARC" 2018 Valor Comercial de Matiz Morado*, 5 pág.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2004d). *Maíz INIA 601. Variedad mejorada de maíz morado para la sierra norte del Perú*. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Plegable N° 3. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/65>
- Jing, P.; Giusti, M.M. (2007). Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays L.*) color extract. *Journal Food Science* 72(7): 363-368.
- Jing, P.; Noriega, V.; Schwartz, S.S.; Giusti, M.M. (2007). *Effects of growing conditions on purple corncob (Zea mays L.) anthocyanins*. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8625-8629.
- Jones, K. (2005). The Potencial Health Benefits of Purple Corn. *American Botanical Council*, 46-49. Recuperado de <http://cms.herbalgram.org/herbalgram/issue65/article2779.html?ts=1594954287&signature=abea63615bc9e0000751b4d063575698>
- Jones, M. E., & Hall, A. J. (2020). Stress-induced responses in maize: Effects on anthocyanin synthesis. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(2), 178-189. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.015>
- Khoo, H. E., A. Azlan, S. T. Tang, and S. M. Lim. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and potential health benefits. *Review. Food Nutr. Res.* 61 (1361779): 1-21. doi: 10.1080/16546628.2017.1361779.

- Konczak L. Zhang W. (2004). *Las antocianinas – más de colores de la naturaleza. J Biomed biotechnology, 2004: 239 – 40.* Citado por Fei Lao, Gregory T. Sigurdson, M Monica Giusti.
- Linné, Carl von; Salvius, Lars. (1753). *Caroli Linnaei ... Species plantarum :exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas...* 2. Impensis Laurentii Salvii. p. 971. Consultado el 29 de enero de 2023.
- Llanos, C.M. (1984). *“El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento”*. Edit. Mundi – Prensa. Castello, 318 pág.
- MAROTO, J. (1998). *“Horticultura herbácea especial”*. 4ta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. 589-593 pp.
- Medina, A., (2016). Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). *Guía de Producción Comercial de Maíz Morado*. Revisado en línea el 10 de octubre del 2023.
http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/421/1/Medina-Guia_de_produccion_comercial.pdf
- Miller, D. R., & Davis, L. K. (2015). Resource allocation and secondary metabolite production in maize. *Crop Science*, 55(1), 102-112.
<https://doi.org/10.2135/cropsci2014.04.0332>
- Ministerio de Agricultura y Riego – Sierra y Selva Exportadora. (2021). *Análisis de Mercado - Maíz Morado 2015 - 2021*. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2690525/Analisis%20de%20Mercado%20-%20Maiz%20Morado%202015-2021.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI - Sierra y selva exportadora. (2021). *Análisis de mercado*. Revisado en línea el 10 de octubre de 2023.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2690525/Analisis%20de%20Mercado%20-%20Maiz%20Morado%202015-2021.pdf>
- Moreno-Loaiza, O.; Paz-Aliaga, A. (2010). Efecto vasodilatador mediado por óxido nítrico del extracto hidroalcohólico de *Zea mays* L. (maíz morado) en anillos aórticos de rata. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, Lima 27(4): 527-531.

- Pedraza, M., Idrogo, G. & Pedraza, S. (2017). *Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres razas de maíz morado (Zea mays L.)*. Rev. ECIPerú 14: 20- 40. <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2017.0003/>.
- Salvador-Reyes, R. y Pedrosa Silva Clereci, M. T. (2019). Peruvian Andean Maize: general characteristics, nutritional properties, bioactive compounds, and culinary uses. Food Research International.
- SENAMHI. (2023). *Descarga de datos hidrometeorológicos*. SENAMHI. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe>
- Smith, T. P. (2019). Metabolite redistribution in maize under different pollination techniques. Plant Biology, 17(4), 311-322. <https://doi.org/10.1111/plb.12986>
- Solomon, E., Berg, L., Martin, D. (2015). Biología. Novena edición. “Estructura y función de la hoja” pp. 739.
- Suketoshi T., S., y Twumasi A. (2008). Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Guías para la regeneración de germoplasma: maíz. https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/maize/Maize_SP.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Takhtajan, A (1980). *Outline of classification of flowering plants (Magnoliophyta)*. *The Botanical Review*. New York, Estados Unidos. 46: 225 – 226, 316 – 318.
- Torres-Escamilla, F.; Chavez.Servia, J.L.; Diego-Flores, D. y Carrillo-Rodriguez, J.C. (2019). *Variabilidad agromorfológica entre poblaciones de maíz azul y rojo de la mixteca Oaxaqueña, México*. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Exhacienda Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
- Vásquez, A.V. (2014). Diseños experimentales con SAS. Edita CONCYTEC FONDECYT. Cajamarca, Perú. p. 703.
- Vásquez, V., Piña, P., Medina, A., Cabrera, H., Seminario, A., Jiménez L., Seminario, J. (2020). Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (Zea mays L.) del Perú. Revista Manglar. Universidad Nacional de Tumbes. Revisado en línea el 19 de octubre del 2023. <file:///D:/INIA/PROSEM/Campa%C3%B1a%202021%20-%202022/Publicaciones/articulo%20cientifico%20indexado.pdf>

Virginia, G. (2014). Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL)
- Brasil. Revalorización de estigmas de maíz negro Millo Corvo. Revisado en
línea el 13 de octubre del 2023. <http://hdl.handle.net/10261/152027>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo I: Sistematización de datos y análisis estadístico

7.1 Rendimiento de antocianinas en coronta

Tabla 15

Promedio del contenido de antocianinas de coronta, en tres tratamientos y 5 repeticiones.

Tratamientos	Repeticiones					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
T ₁ : Despanojado	65.10	62.70	53.20	63.90	56.60	301.50	60.30
T ₂ : Jiloteo	95.70	98.00	80.90	82.80	80.60	438.00	87.60
T ₃ : Poliniz. libre	66.60	63.90	61.60	60.20	52.20	304.50	60.90
Total	227.40	224.60	195.70	206.90	189.40	1044.00	69.60

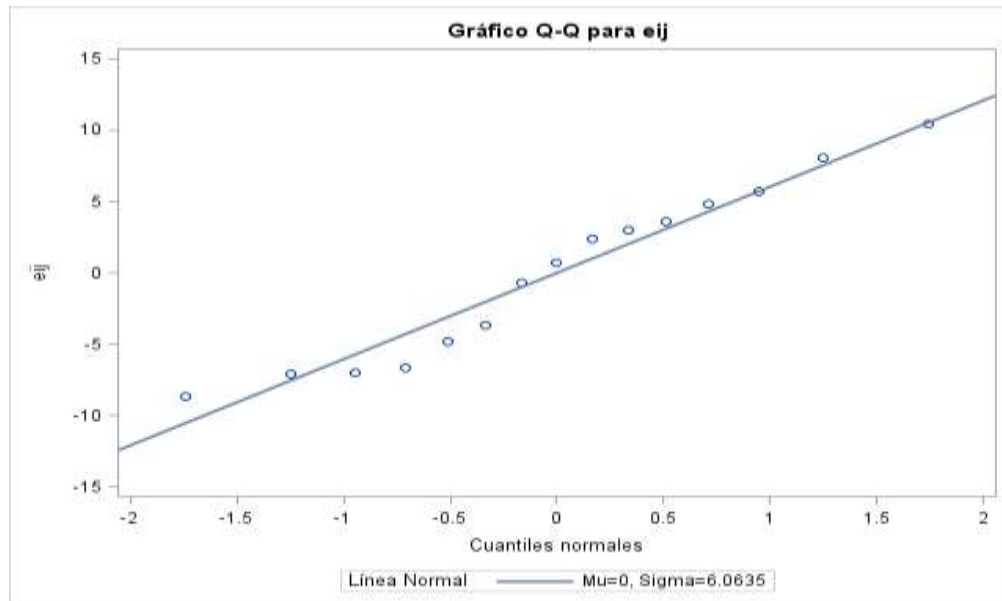
Tabla 16

Test de normalidad para rendimiento de antocianinas en coronta.

Test para normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Shapiro-Wilk	W	0.944755	Pr < W	0.4459

Figura 5

Normalidad de errores.



7.1.1 Prueba de Homogeneidad de varianzas

$$F_{MAX} = \frac{72.67}{26.46} = 2.74 < F_{MAX(0.95)}^{3,4} = 15.5 \text{ se acepta la } H_0$$

7.1.2 Prueba de Independencia

Estadístico D-W= 1.948

Tabla 17

Prueba de independencia

Variable dependiente: eij	
D de Durbin-Watson	1.948
Número de observaciones	15

Tabla 18*Rendimiento promedio de antocianinas en coronta expresado mg g⁻¹*

Tratamientos	Repeticiones					Total	promedio
	I	II	III	IV	V		
T ₁ : Despanojado	65.10	62.70	53.20	63.90	56.60	301.50	60.30
T ₂ : Jiloteo	95.70	98.00	80.90	82.80	80.60	438.00	87.60
T ₃ : Poliniz. libre	66.60	63.90	61.60	60.20	52.20	304.50	60.90
Total	227.40	224.60	195.70	206.90	189.40	1044.00	69.60

7.1.3 Coeficiente de determinación de los tratamientos

$$R_{\tau_i}^2 = \frac{SC_{Trata(\tau_i)}}{SC_{Total}} = \frac{2430.90}{2945.62} = 0.8253$$

7.2 Rendimiento de antocianinas en bráctea**Tabla 19***Antocianinas en Brácteas mg. g-1 de tres tratamientos y 5 repeticiones.*

Tratamientos	Repeticiones					Total	promedio
	I	II	III	IV	V		
T ₁ : Despanojado	52.70	63.70	73.30	61.90	75.10	326.70	65.34
T ₂ : Jiloteo	86.30	101.50	92.70	108.50	92.30	481.30	96.26
T ₃ : Polimiz. libre	66.60	74.60	69.60	60.40	61.20	332.40	66.48
Total	205.60	239.80	235.60	230.80	228.60	1140.40	76.03

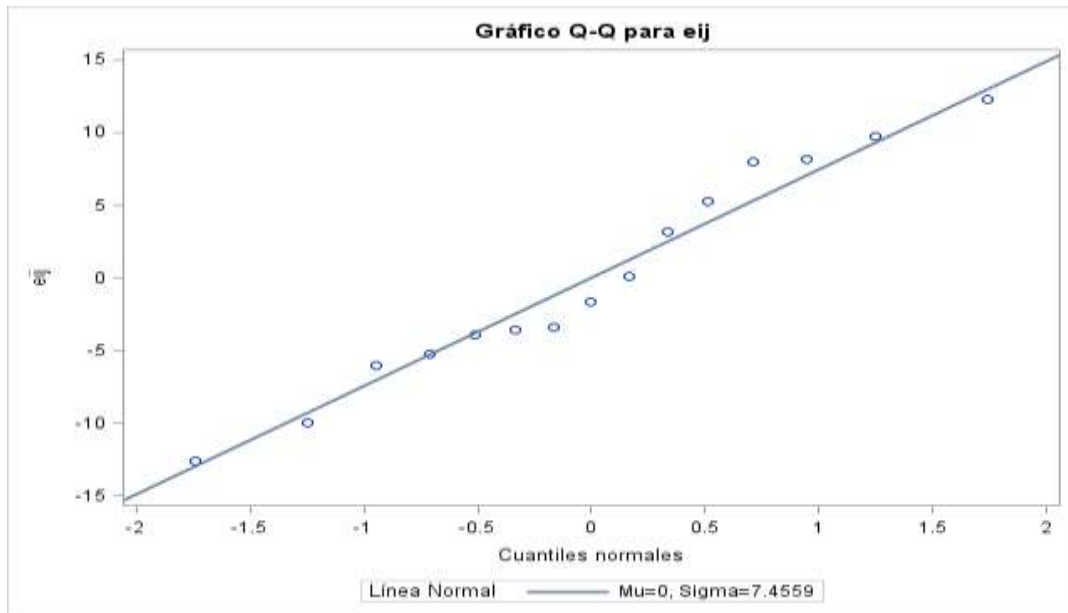
Tabla 20

Test de normalidad para rendimiento de antocianinas en bráctea.

Test para normalidad				
Test	Estadístico		p valor	
Shapiro-Wilk	W	0.961211	Pr < W	0.7134
Kolmogorov-Smirnov	D	0.144403	Pr > D	>0.1500

Figura 6

Normalidad de errores.



7.2.1 Prueba de Homogeneidad de varianzas

$$\sigma_1^2 = 83.23 \quad \sigma_2^2 = 76.21 \quad \sigma_3^2 = 34.72$$

$$F_{MAX} = \frac{83.23}{34.72} = 2.39 < F_{MAX(0.95)}^{3,4} = 15.5 \text{ se acepta la } H_0$$

7.2.2 Prueba de Independencia

Estadístico D-W= 2.477

Variable dependiente: eij

D de Durbin-Watson	2.477
Número de observaciones	15

Se acepta la Ho: No hay correlación entre los errores.

El valor está en el intervalo de 1,5 a 3,00 (Cuadros et al., 2014)

7.2.3 Coeficiente de determinación de los tratamientos

$$R_{\tau_i}^2 = \frac{SC_{Trata(\tau_i)}}{SC_{Total}} = \frac{3073.6553}{3851.9293} = 0.7928$$

Anexo II. Imágenes de las actividades realizadas en el desarrollo de la investigación.

Figura 7

Preparación y surcado de terreno con maquinaria agrícola (lote 2) Baños del Inca - INIA.



Figura 8

Siembra y primera fertilización de la parcela de investigación con maíz morado INIA 601.



Figura 9

Riego por gravedad, por ausencia de lluvias.



Figura 10

Desahije a los 30 días posterior a la siembra.



Figura 11

Deshierbo manual con lampa.



Figura 12

Elaboración de etiquetas y etiquetado de parcela experimental.



Figura 13

Jiloteo de tratamiento 2, antes de la emergencia de la flor femenina.



Figura 14

Despanojamiento del tratamiento 1, antes de la liberación de polen.



Figura 15

Vista del tratamiento testigo, con polinización libre



Figura 16

Cosecha del experimento en madurez fisiológica.



Figura 17

Tratamiento 2, jiloteado posterior a la cosecha, se aprecia la coronta sin granos.



Figura 18

Mazorcas con tratamientos jiloteados



Figura 19

Tratamiento 1, plantas despanojadas posterior a la cosecha, coronta no llena por completa de granos.



Figura 20

Tratamiento con polinización libre (testigo) posterior a la cosecha, con llenado total de granos.



Figura 21

Trabajo de gabinete, selección, despancado y desgranado de mazorcas.



Figura 22

Coronta picada e identificada para secado bajo sombra.



Figura 23

Identificación de material para traslado a laboratorio



Figura 24

Pesado de muestras para determinación de porcentaje de antocianinas en el laboratorio de empresa PRONEX.



Figura 25

Muestras pesadas con hidrácido para extracción de antocianinas.



Figura 9

Determinación de la absorbancia en el espectrofotómetro.



Anexo III: Análisis de laboratorio de suelos



INFORME DE ENSAYO N° 060304-22/SU/BAÑOS DEL INCA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : PNI
 Propietario / Productor : BIM ZEPITA
 Dirección del cliente : EEA BAÑOS DEL INCA
 Solicitado por : Cliente
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsas de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA
 Fecha(s) de muestreo : No proporcionado por el cliente
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19/05/2022
 Lugar de ensayo : LABSAF Baños del Inca
 Fecha(s) de análisis : 20/05/2022
 Colización del servicio : 0131-EEAB-2022
 Fecha de emisión : 15/06/2022

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1				
Código de Laboratorio	SU0483-EEBI-22				
Matriz Analizada	Suelo				
Fecha de Muestreo	--				
Hora de inicio de Muestreo (h)	--				
Condición de la muestra	Conservada				
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	L -1				
Ensayo	Unidad	LC	Resultados		
pH	unid. pH	--	7.41		
Aluminio	%	--	--		
Materia Orgánica	%	--	5.35		
Fósforo	ppm	--	32.44		
Potasio	ppm	--	300		

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10. 2000. Determinación de Fósforo.
Potasio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.2.8 AS-19. 2000. Determinación de Potasio (Validado).
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09. 2000. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Bouyoucos.
Aluminio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. ítem 7.3.29 AS-33. 2000. Aluminio intercambiable.

IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido solo para el producto mencionado anteriormente
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados
- Medición de pH realizada a 25 °C

LABORATORIO REGIONAL DE INVESTIGACION AGRICOLA
 ORGANISMO EXPERIMENTAL SUTANA BAÑOS DEL INCA

J. J. Lopez
 Director General

FIN DE INFORME DE ENSAYO

LABSAF BAÑOS DEL INCA
 Dirección: Jr. Wiracocha S/N Baños del Inca-Cajamarca
 Telf. 076-617045
 Email: labsaf_inform@inia.gob.pe

INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables.
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Mediamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)

CLASIFICACION	CE (ds/m)	Efectos
Normal	<1.0	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles puedan ser afectados en sus rendimientos.
Muy Ligeramente salino	1.1 - 2.0	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	2.1 - 4.0	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	4.1 - 8.0	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	8.1 - 16	Solo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 16	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

MATERIA ORGANICA

Clasificación	%MO
Muy Bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 - 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

FÓSFORO

Clasificación	mg/kg de P
Bajo	<5
Medio	6.5 - 11
Alto	>11

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Clasificación	CIC (Cmol/Kg suelo)	Efectos
Muy Bajo	< 5.0	Suelo muy pobre
Bajo	5.0 - 15	Suelo pobre
Medio	15 - 25	Suelo medio
Alto	25 - 40	Suelo rico
Muy Alto	>40	Suelo muy rico


CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy Baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alta	>10	> 3.0	>0.6

SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Bajo	< 35	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
Medio	35 - 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.

RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente			CAL		ESTIERCOL	
		N2	P2O5	K2O	T/ha	T/ha	T/ha	T/ha
SUR410-ETSI-22	MAIZ	120	90	60				



PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA									

PLAN DE ABONO ORGANICO

COMENTARIOS:
