

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Escuela Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**“COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE TRES  
MOMENTOS DE COSECHA, EN CORONTA Y BRÁCTEA DE MAÍZ  
MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.)”**

Para Optar el Título Profesional de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por Bachiller:  
**RAUL DANIEL SÁNCHEZ PEÑA**

Asesores:  
**Dr. WILFREDO POMA ROJAS**  
**Ing. M. Sc. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS**

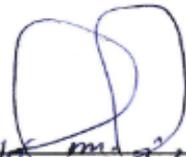
**CAJAMARCA - PERÚ**

**-2025-**

**CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. **Investigador:** Raul Daniel Sánchez Peña  
**DNI:** 70195462  
**Escuela Profesional/Unidad UNC:** Agronomía
  2. **Asesor:**
  3. Dr. Wilfredo Poma Rojas
  4. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
  5. **Grado académico o título profesional:**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
  6. **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 MOMENTOS DE COSECHA, EN CORONTA Y BRÁCTEA DE MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.)"
7. **Fecha de evaluación:** 26/09/2025
  8. **Software antiplagio:**  TURNITIN    URKUND (OURIGINAL) (\*)
  9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 14%
  10. **Código Documento:** oid: 3117:503631138
  11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 14%  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 26/09/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 _____ Dr. Wilfredo Poma Rojas 26719942

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

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

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



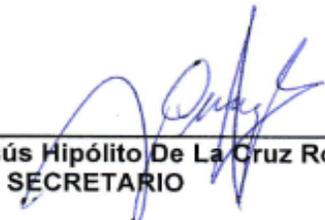
## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciocho días del mes de setiembre del año dos mil veinticinco, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 421-2025-FCA-UNC, de fecha 22 de julio del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**COMPARATIVO DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS DE TRES MOMENTOS DE COSECHA, EN CORONTA Y BRÁCTEA DE MAÍZ MORADO INIA 601 (*Zea mays* L.)**", realizada por el Bachiller **RAUL DANIEL SÁNCHEZ PEÑA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las once horas y cero 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, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal  
PRESIDENTE

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

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Wilfredo Poma Rojas  
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos  
ASESORA

## DEDICATORIA

*A mis padres, por su amor incondicional y apoyo constante. Su sacrificio y dedicación han sido mi mayor inspiración.*

*A mis maestros y asesores, por compartir su sabiduría y experiencia.*

*A la Universidad Nacional de Cajamarca y al Instituto Nacional de Innovación Agraria, por brindarme la oportunidad de crecer académicamente.*

*Y a todos aquellos que han contribuido a mi crecimiento personal y profesional.*

## AGRADECIMIENTO

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a:*

*Dios por darme la vida y la salud, sin su amor y misericordia, esta meta no habría sido posible.*

*Mis asesores de tesis, Dr. Wilfredo Poma Rojas y a la Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos, por su dirección y apoyo en este proyecto.*

*El Instituto Nacional de Innovación Agraria, por brindarme la oportunidad de realizar esta investigación y por el apoyo logístico proporcionado.*

*Mis padres, José Sánchez Ruiz y Teresa Peña Mendives, por su paciencia y comprensión durante este proceso.*

*Mis colegas y amigos, por su apoyo y aliento en momentos difíciles.*

## RESUMEN

La industria farmacéutica y alimentaria ha incrementado el uso de pigmentos antociánicos en sus procesos debido a sus diversos beneficios nutraceuticos para la salud. En este contexto, el presente experimento se realizó en el lote N° 2 del área agrícola de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ubicada en el distrito de Los Baños del Inca, provincia y región Cajamarca, a una altitud de 2667 m s. n. m., bajo un clima cálido templado. El objetivo fue promover el cultivo de maíz morado INIA 601 y determinar el momento óptimo de cosecha que permita obtener productos de alta calidad, con elevado contenido de antocianinas y libres de toxinas fúngicas. El estudio tuvo como finalidad evaluar el contenido de antocianinas en coronta y bráctea de maíz morado INIA 601, aplicando tres tratamientos según el momento de cosecha: T1: 15 días antes de la madurez fisiológica (157 días después de la siembra), T2: en la madurez fisiológica (172 días después de la siembra), T3: 15 días después de la madurez fisiológica (187 días después de la siembra). Se empleó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones en una sola localidad. El análisis estadístico se realizó mediante el software Statistical Analysis System (SAS V9.4). Los resultados indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el contenido de antocianinas en la coronta entre los tratamientos. Sin embargo, el mayor contenido se registró en T1 (15 días antes de la madurez fisiológica) con 69.42 mg. g<sup>-1</sup>, seguido de T3 (15 días después) con 67.58 mg. g<sup>-1</sup>, y finalmente T2 (en madurez fisiológica) con 60.88 mg. g<sup>-1</sup>. Por otro lado, en la bráctea sí se encontraron diferencias estadísticas significativas. El tratamiento T2 (en madurez fisiológica) presentó el mayor contenido de antocianinas con 73.74 mg. g<sup>-1</sup>, superando a T1 con 67 mg. g<sup>-1</sup> y a T3 con 62.58 mg. g<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** antocianinas, bráctea, calidad nutraceutica, coronta, madurez fisiológica, pigmentos antociánicos, seguridad alimentaria.

## ABSTRACT

The pharmaceutical and food industries have increased the use of anthocyanin pigments in their processes due to their various nutraceutical health benefits. In this context, the present experiment was conducted in plot No. 2 of the agricultural area of the Agrarian Experimental Station Baños del Inca of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), located in the district of Los Baños del Inca, province and region of Cajamarca, at an altitude of 2,667 meters above sea level, under a warm temperate climate. The objective was to promote the cultivation of the purple corn variety INIA 601 and to determine the optimal harvest stage to obtain high-quality products with a high anthocyanin content and free of fungal toxins. The study aimed to evaluate the anthocyanin content in the cob and bract of purple corn INIA 601, applying three treatments according to the harvest stage: T1: 15 days before physiological maturity (157 days after sowing), T2: at physiological maturity (172 days after sowing), T3: 15 days after physiological maturity (187 days after sowing). A randomized complete block design with five replications in a single location was used. Statistical analysis was performed using the Statistical Analysis System (SAS V9.4) software. The results indicated no statistically significant differences in the anthocyanin content of the cob among the treatments. However, the highest content was recorded in T1 (15 days before physiological maturity) with 69.42 mg. g<sup>-1</sup>, followed by T3 (15 days after) with 67.58 mg. g<sup>-1</sup>, and finally T2 (at physiological maturity) with 60.88 mg. g<sup>-1</sup>. On the other hand, significant statistical differences were found in the bract. Treatment T2 (at physiological maturity) presented the highest anthocyanin content with 73.74 mg. g<sup>-1</sup>, surpassing T1 with 67 mg. g<sup>-1</sup> and T3 with 62.58 mg. g<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *anthocyanins, bract, nutraceutical quality, cob, physiological maturity, anthocyanin pigments, food safety.*

## ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes de la Investigación	2
2.1.1 <i>A nivel internacional</i>	2
2.1.2 <i>A nivel nacional</i>	3
2.1.3 <i>A nivel local</i>	4
2.2 Bases teóricas	6
2.2.1 <i>Origen y expansión del maíz</i>	6
2.2.2 <i>Importancia del maíz</i>	7
2.2.3 <i>Importancia del maíz morado</i>	7
a Variedad INIA 601	8
2.3 Taxonomía	9
2.4 Morfología de la planta	9
2.4.1 <i>Raíz</i>	9
2.4.2 <i>Tallo</i>	9
2.4.3 <i>Hojas</i>	10
2.4.4 <i>Flor</i>	10
a Floración masculina	10
b Floración femenina	10
2.4.5 <i>Fruto y Semilla</i>	10
2.5 Fenología de la planta de maíz	11
2.6 Antocianinas	12
2.6.1 <i>Composición química</i>	12

2.6.2	<b><i>Funciones</i></b>	13
2.6.3	<b><i>Factores que condicionan la estabilidad de las antocianinas</i></b>	13
a	Temperatura	13
b	Luz solar	13
2.6.4	<b>Extracción de antocianinas</b>	14
2.6.5	<b>Métodos de extracción de antocianinas</b>	14
a	Espectro ultravioleta	14
b	Extracción Hidroalcohólica	15
c	pH diferencial	15
2.7	<b>Definición de términos</b>	16
2.7.1	<b><i>Pigmento antocianínico</i></b>	16
2.7.2	<b><i>Madurez fisiológica</i></b>	16
2.7.3	<b><i>Bráctea</i></b>	16
2.7.4	<b><i>Coronta</i></b>	16
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>		17
3.1	<b>Ubicación del Ámbito de estudio</b>	17
3.2	<b>Características climáticas</b>	19
3.2.1	<b>Datos meteorológicos del periodo transcurrido (noviembre 2023 – julio 2024)</b>	19
a	Temperatura	19
b	Precipitación	20
c	Humedad y viento	21
3.4	<b>Características edáficas</b>	23
3.4.1.	<b>Materiales</b>	24
3.4.2.	<b><i>Material biológico</i></b>	24
3.4.3.	<b><i>Materiales de escritorio</i></b>	24
3.4.4.	<b><i>Materiales de campo</i></b>	24
3.4.5.	<b><i>Materiales de laboratorio</i></b>	24
3.5.	<b>Equipos</b>	24
3.6.	<b>Insumos</b>	24
3.7.	<b>Metodología</b>	25
3.8.	<b>Tratamientos</b>	25
3.9.	<b>Diseño experimental</b>	26
3.10.	<b>Análisis de varianza</b>	26
3.11.	<b>Hipótesis</b>	26

3.12	Análisis de datos	27
3.13.	Conducción del experimento	28
3.13.1.	Prueba de germinación	28
3.13.2.	Muestreo de suelo	28
3.13.3.	<i>Preparación del terreno</i>	29
3.13.4.	<i>Siembra y primera fertilización</i>	29
3.13.5.	<i>Desahije</i>	29
3.13.6.	<i>Deshierbo</i>	29
3.13.7.	<i>Aporque y segunda fertilización</i>	30
3.13.8.	<i>Control de plagas</i>	30
3.13.9.	<i>Pre cosecha</i>	30
a	Numero de plantas	30
b	Días a la floración femenina	30
c	Días a la floración masculina	30
d	Altura de planta	30
e	Altura de mazorca	30
3.13.10	<i>Cosecha</i>	31
a	Peso de campo	31
b	Pudrición	31
3.13.11	<i>Post cosecha</i>	32
a	Muestreo de coronta para cuantificación de antocianinas	32
b	Muestreo de bráctea para cuantificación de antocianinas	32
3.14	Método de Fuleki Francis (1968) para la extracción de antocianinas Laboratorio PRONEX S.A.	32
3.15	Fórmula de porcentaje de pureza	33
3.16	Conversión a mg. g-1	33
3.17	Conversión a kg. ha-1	33
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>		34
4.1	Contenido de antocianinas <i>en coronta expresado en mg· g<sup>-1</sup></i>	34
4.2	Contenido de antocianinas <i>en brácteas expresado en mg· g<sup>-1</sup></i>	37
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		41
5.1.	Conclusiones	41
5.2.	Recomendaciones	41
<b>CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA</b>		42
<b>ANEXOS</b>		47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	<i>Principales características agronómicas.</i>	8
2	<i>Clasificación taxonómica del maíz (Zea mays L.).</i>	9
3	<i>Fenología de la planta de maíz.</i>	11
4	<i>Composición química del maíz morado.</i>	12
5	<i>Métodos de extracción, cuantificación de antocianinas y su eficiencia.</i>	15
6	<i>Localización geográfica en un polígono con coordenadas UTM.</i>	17
7	<i>Análisis de suelo de la parcela experimental.</i>	23
8	<i>Tratamientos en estudio.</i>	25
9	<i>Análisis de varianza generalizado para un diseño bloques completos al azar.</i>	26
10	<i>Tratamientos en estudio.</i>	27
11	<i>Características del experimento.</i>	28
12	<i>Escala de evaluación de la pudrición de la mazorca.</i>	31
13	<i>Análisis de varianza para contenido de antocianinas en coronta (mg· g<sup>-1</sup>).</i>	34
14	<i>Rendimiento de antocianinas en mg. g<sup>-1</sup> y en kg. ha<sup>-1</sup>.</i>	35
15	<i>Análisis de varianza para contenido de antocianinas en bráctea (mg· g<sup>-1</sup>).</i>	38
16	<i>Comparación de medias (LSD).</i>	38
17	<i>Datos de evaluaciones realizadas en la parcela experimental.</i>	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	<i>Ubicación de la parcela de investigación.</i>	18
2	<i>Registro de temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales.</i>	19
3	<i>Registro de la precipitación medias mensuales.</i>	20
4	<i>Registro de la velocidad del viento y humedad media mensuales.</i>	21
5	<i>Randomización del campo experimental.</i>	27
6	<i>Gráfico del contenido de antocianinas en coronta de maíz INIA 601</i>	35
7	<i>Gráfico del contenido de antocianinas en coronta de maíz INIA 601</i>	37
8	<i>Prueba de germinación.</i>	48
9	<i>Muestreo de suelo.</i>	48
10	<i>Preparación y surcado de terreno.</i>	49
11	<i>Siembra y primera fertilización.</i>	49
12	<i>Desahije 17 días después de la siembra.</i>	50
13	<i>Deshierbo químico (atrazina 150ml/15L /agua) y manual.</i>	50
14	<i>Aporque y segunda fertilización.</i>	51
15	<i>Colocación de cucuruchos y aplicación de aceite vegetal.</i>	51
16	<i>Etiquetado de tratamientos en la parcela de investigación.</i>	52
17	<i>Registro de datos biométricos en pre cosecha.</i>	52
18	<i>Retiro de cucuruchos, labor de cosecha y carguío en sacos.</i>	53
19	<i>Molienda, tamizado y empaque de coronta y bráctea.</i>	53
20	<i>Extracción de antocianinas en laboratorio.</i>	54
21	<i>Clasificación de mazorcas y registro de grados de pudrición, T1.</i>	54
22	<i>Clasificación de mazorcas y registro de grados de pudrición, T2.</i>	55
23	<i>Clasificación de mazorcas, T3.</i>	55
24	<i>Cosecha en conjunto con el equipo técnico del P. Nacional de Maíz</i>	56
25	<i>Cosecha 15 días antes de madurez fisiológica, T1.</i>	56
26	<i>Cosecha en madurez fisiológica, T2.</i>	57
27	<i>Cosecha 15 días después de madurez fisiológica, T3.</i>	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	<b>Sistematización de datos</b>	<b>47</b>
<b>2</b>	<b>Cálculo de la mínima diferencia significativa (LSD) entre medias de antocianina en brácteas de maíz morado INIA 601</b>	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>Galería fotográfica</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>Hoja de certificación de empresa PRONEX S.A para análisis de antocianinas</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>Resultado de análisis de fertilidad de suelo</b>	<b>59</b>

## INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cultivo ancestral del Perú que destaca por su alto contenido de antocianinas, pigmentos naturales responsables de su característico color púrpura. Estas sustancias poseen propiedades antioxidantes de gran interés para la salud humana y presentan un amplio potencial de uso en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética. En los últimos años, el maíz morado ha despertado creciente atención debido a sus beneficios nutricionales y a la posibilidad de desarrollar productos con valor agregado a partir de sus compuestos bioactivos. Dentro de las variedades desarrolladas en el país, el maíz morado INIA 601, liberado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), se caracteriza por su buena adaptación a las condiciones de la sierra norte y por concentrar altos niveles de antocianinas. Sin embargo, pese a su importancia económica y cultural, existen aún vacíos de información sobre los factores que influyen en la concentración de antocianinas, en especial respecto al momento de cosecha, variable determinante para obtener un producto de calidad y maximizar la rentabilidad de los productores.

De acuerdo con Vásquez et al. (2020), la concentración de antocianinas varía en las diferentes estructuras del maíz morado, siendo mayor en la coronta y la bráctea. No obstante, hasta el momento no se han desarrollado estudios específicos que evalúen cómo se comporta este contenido en diferentes etapas de cosecha en la variedad INIA 601. Con este propósito, la investigación se plantea tres objetivos: cuantificar el porcentaje de antocianinas en coronta y brácteas cosechadas 15 días antes de la madurez fisiológica, en estado de madurez fisiológica; y 15 días después de la madurez fisiológica.

Los resultados obtenidos permitirán identificar el momento de cosecha más adecuado para maximizar el contenido de antocianinas en esta variedad, lo que contribuirá al fortalecimiento del conocimiento científico, la generación de prácticas agrícolas más eficientes y el incremento de la rentabilidad de los productores.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. A nivel internacional

Aguilar-Hernández (2019) evaluó el efecto de las condiciones ambientales de producción de semilla sobre la acumulación de antocianinas en el grano y coronta de maíz morado (*Zea mays L.*) proveniente de una población peruana, sembrada en dos localidades de Jalisco, México: Tepatitlán y La Huerta. Las semillas producidas en Tepatitlán (19,1 °C) desarrollaron un mayor contenido de antocianinas en el grano (496,3 mg equivalentes de cianidina 3-glucósido por 100 g de muestra seca), superando en un 57,6 % al contenido registrado en las semillas procedentes de La Huerta (25,4 °C). Asimismo, se constató que la coronta presentó entre un 48 y 70 % más antocianinas que el grano, con perfiles cromatográficos similares en ambas estructuras. durante el ciclo primavera-verano 2015. Se identificó una correlación negativa altamente significativa ( $r = -0,5484^{**}$ ) entre el valor de croma y el contenido de antocianinas en la coronta, lo que sugiere que este parámetro podría utilizarse como estimador indirecto del contenido de antocianinas en dicha estructura.

Mendoza (2012) investigó la dinámica de acumulación de antocianinas en siete poblaciones pigmentadas de maíz durante dos ciclos de producción, primavera-verano 2009 y 2010, en el Campo Agrícola Experimental Montecillo del Colegio Postgraduados en Texcoco, México. La pigmentación se intensificó a partir de 77 días después de la siembra, alcanzando su mayor concentración de antocianinas totales entre los 98 y 118 días después de la siembra. Las brácteas y vainas foliares destacaron como los órganos de mayor acumulación, logrando un rendimiento máximo de antocianinas de 48.7 kg. ha<sup>-1</sup> en poblaciones completamente pigmentadas, 40.5 kg. ha<sup>-1</sup> en plantas pigmentadas con grano no pigmentado y 2.0 kg. ha<sup>-1</sup> en

plantas verdes con grano pigmentado. Se determinó que a los 118 días después de la siembra representan el momento óptimo de cosecha para maximizar la producción de antocianinas, especialmente en el estado masoso-lechoso de la mazorca.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Justiniano (2010) realizó la evaluación de la cantidad de color y contenido de antocianinas en corontas del maíz morado (*Zea mays L.*), realizando cosechas en diferentes momentos de su estado reproductivo. en el Área Campos Libres II del fundo experimental (UNALM), distrito de La Molina, provincia de Lima, departamento Lima, a una altitud de 255 m.s.n.m. Se emplearon semillas de Maíz morado variedad PMV- 581. Utilizando el diseño experimental de Bloques Completamente al Azar, con 8 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados mostraron que la mayor intensidad de color (59,250) se obtuvo al cosechar en estado de grano dentado (T1), seguido de la madurez fisiológica (T2) con 56,250. Sin embargo, la cosecha tardía (30 días después de la madurez fisiológica) redujo significativamente la intensidad de color a 34,750. En cuanto al peso de coronta, los tratamientos T7 y T4 (25 y 10 días después de la madurez fisiológica) presentaron los valores más altos (16,25 g), mientras que el T1 obtuvo corontas de menor peso (9,75 g). Estos resultados sugieren que la etapa de cosecha influye directamente en la calidad pigmentaria y peso de la coronta, siendo el estado de grano dentado óptimo para maximizar el contenido de antocianinas.

Asimismo, Ccalahuille (2023) realizó un estudio en la asociación agroindustrial comercial “Pozo 4” del distrito La Yarada Los Palos, provincia y departamento de Tacna, con el objetivo de evaluar el efecto de la inoculación con un complejo micorrízico en el rendimiento productivo y el contenido de antocianinas en cuatro variedades de maíz morado (INIA 601, PMV 581, INIA 615 y Canteño). La investigación empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial 2 x 4, considerando dos niveles de inoculación (con y sin complejo micorrízico) y cuatro variedades, dando un total de veinticuatro tratamientos con tres repeticiones. Los resultados mostraron que la emergencia ocurrió a los 7 días después de la siembra, la floración masculina

y femenina a los 86 y 92 días, respectivamente, y la madurez fisiológica a los 142 días. Las plantas alcanzaron en promedio una altura de 218 cm y produjeron 1,94 mazorcas por planta. La variedad PMV 581 obtuvo el mayor peso de mazorca (166,10 g) y mayor peso de grano por mazorca (145,78 g), mientras que el mayor contenido de antocianinas se observó en la variedad INIA 615 con 304,91 mg/100 g de grano.

Por otro lado, Orizano-Ponce (2024) evaluaron las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de dos variedades de maíz morado procedentes de Huánuco, Perú, enfocándose en el contenido de antocianinas y la presencia de mohos. Los análisis mostraron que la muestra M1 presentó mayor contenido de humedad (actividad de agua 0.71) y menor materia seca en comparación con M2. En cuanto a compuestos bioactivos, se determinó un contenido de antocianinas de 17.92 mg de cianidina-3-glucósido  $g^{-1}$  de muestra en la coronta de M1, destacándose esta estructura como la principal fuente de dichos pigmentos. Asimismo, se detectó una mayor carga microbiana en M1 ( $1.43 \times 10^7$  UFC  $g^{-1}$ ), identificándose géneros fúngicos como *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Rhizopus*, asociados a la posible producción de micotoxinas. Estos resultados evidencian la importancia del manejo postcosecha y almacenamiento para preservar la calidad e inocuidad del maíz morado, así como el potencial de la coronta como fuente concentrada de antocianinas.

### **2.1.3. A nivel local**

León (2024) desarrolló el estudio en parcelas de la Estación Experimental Baños del Inca del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) con el objetivo de determinar el contenido de antocianinas en coronta y bráctea de maíz morado variedad INIA 601. Evaluó tres tratamientos: T1 (plantas despanojadas), T2 (jiloteadas) y T3 (polinización libre). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 5 repeticiones. El análisis estadístico se realizó utilizando el software IBM SPSS versión 25. Los resultados muestran que existe una diferencia estadística significativa entre el tratamiento T2 (jiloteadas) y los otros dos tratamientos, obteniendo la mayor concentración de antocianinas 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<sup>-1</sup> y 65.9 mg. g<sup>-1</sup> y por último el T1 plantas (despanojadas) con 6.03 mg g<sup>-1</sup> y 6.53 mg. g<sup>-1</sup> respectivamente.

Asimismo, Moya (2018) desarrolló una investigación cuyo propósito fue identificar una variedad de maíz morado (*Zea mays* L.) que garantizara un alto rendimiento promedio anual, así como un contenido elevado de antocianinas en coronta y brácteas. El estudio comprendió la comparación de seis variedades de maíz morado: INIA 601, Canteño, UNC 47, Morado Mejorado, INIA 615 y PMV 581, evaluadas durante tres campañas agrícolas consecutivas en la provincia de San Marcos, región Cajamarca. El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticas significativas en cuanto al rendimiento entre las variedades INIA 601, Morado Mejorado y UNC 47; sin embargo, dichas variedades presentaron promedios superiores de rendimiento que oscilaron entre 3,5 y 3,9 t/ha. En lo referente al contenido de antocianinas en coronta, la variedad UNC 47 destacó con valores de 6 mg/g, mientras que en las brácteas la variedad INIA 601 mostró el mayor contenido con 17 mg/g, indicando su potencial uso para fines nutraceuticos e industriales.

Por otro lado, Piña (2018) desarrolló un estudio con el respaldo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en el que evaluó seis variedades de maíz morado cultivadas en diferentes pisos altitudinales que oscilaban entre los 2300 y 3170 m.s.n.m., en los caseríos del distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca. Se empleó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Las variedades estudiadas fueron: INIA 601 (Cajamarca), INIA 615 Negro Canaán (Ayacucho), UNC-47 (Universidad Nacional de Cajamarca), Canteño, PMV 581 (Universidad Nacional Agraria La Molina) y una variedad experimental de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca-INIA. Las parcelas experimentales consistieron en ocho surcos, evaluándose únicamente los datos de los cuatro surcos centrales en un área neta de 844 m<sup>2</sup>. El objetivo del trabajo fue determinar el rendimiento de grano seco al 14% de humedad y cuantificar el contenido de antocianinas en función del piso

altitudinal. Las determinaciones de antocianinas se realizaron en el laboratorio de PRONEX mediante el método de Fulekis y Francis. Los resultados indicaron que la variedad INIA 601 obtuvo el mayor rendimiento con 2562,70 kg. ha<sup>-1</sup>. Además, esta variedad mostró un contenido superior de antocianinas, registrando 6,38% en coronta y 2,93% en bráctea.

Así también, Vásquez (2020) evaluó el contenido de antocianinas presentes en la coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.), específicamente las variedades INIA 601, INIA 615, PMV-581, UNC 47, Canteño y Morado Mejorado, en seis localidades diferentes de Cajamarca. El experimento se diseñó bajo un esquema de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por cultivar. Para la determinación de antocianinas, se utilizaron muestras de 0,30 g de coronta y 0,40 g de brácteas molidas, aplicando el método de Fulekis y Francis, (1968). El análisis de varianza (ANOVA) reveló diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los cultivares para ambos órganos evaluados. Los cultivares INIA 601, UNC 47 y Morado Mejorado destacaron por presentar los mayores contenidos de antocianinas, con rangos de 6,10% a 6,38% en coronta y de 2,01% a 2,92% en bráctea.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Origen y expansión del maíz**

Dados sus orígenes, se puede decir que es una planta de origen americano, cultivada por los primeros colonos, donde alcanzó un alto nivel de especialización evolutiva, particularmente en Perú y México (Gruneberg, 1966).

El maíz morado (*Zea mays* L.) se originó en la región andina del actual Perú. Se cultivó y consumió en toda la región andina de Sudamérica, especialmente en Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Fei *et al.*, 2016).

Perú ofrece condiciones geográficas y climáticas favorables para el cultivo de maíz morado y es uno de los principales productores y exportadores de maíz morado del mundo (Chicbizola *et al.* 2007).

### **2.2.2. Importancia del Maíz**

El maíz es una planta que aprovecha de forma diversa las posibilidades que ofrece su entorno. La humanidad ha aprovechado esta característica para desarrollar variedades adaptadas a condiciones muy diversas. Actualmente, existen numerosas especies y variedades de maíz aptas para el cultivo en condiciones naturales que difieren considerablemente de las de su hábitat nativo (Llanos, 1984). Su alta adaptabilidad, alto rendimiento y potencial futuro de mejoramiento genético hacen de este grano uno de los cultivos más prometedores para combatir el hambre en el mundo (Llanos, 1984).

### **2.2.3. Importancia del Maíz Morado**

Debido a su intenso color púrpura, pigmento característico del maíz morado, se ha utilizado desde hace mucho tiempo para dar color a alimentos y bebidas. En Sudamérica, los extractos de maíz morado se utilizan a menudo para dar color a postres y bebidas caseras como la chicha morada y la mazamorra morada (FAO, 2013).

Investigadores de todo el mundo prestan cada vez más atención a esta rica fuente de fitoquímicos. Se cree que las antocianinas, los principales pigmentos del maíz morado, tienen el potencial de reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular, obesidad, diabetes, cáncer y enfermedades crónicas (Konczak y Zhang, 2004; He y Giusti, 2010).

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

- a. Variedad INIA 601.** 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<sup>-1</sup> 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 tn/ha, mejores al promedio nacional de maíz amiláceo, y un contenido promedio de antocianinas en las corontas y brácteas de 9.36 %. (INIA, 2004).

**Tabla 1**

*Principales características agronómicas.*

<b>Altura de planta</b>	2.16 m
<b>Altura de mazorca</b>	1.24 m
<b>Días a la floración femenina</b>	98
<b>Días a la madurez fisiológica</b>	172
<b>Longitud de mazorca</b>	17.5
<b>Diámetro de mazorca</b>	4.6
<b>Número de hileras</b>	10 a 12
<b>Número de granos por hilera</b>	26
<b>Porcentaje de desgrane</b>	78%
<b>Peso de 1000 semillas</b>	456.2 g
<b>Potencial de rendimiento</b>	6 tn/ha
<b>Rendimiento en campo de agricultor</b>	3 tn/ha

*Nota.* Adaptado de Repositorio INIA, 2004.

## 2.3. Taxonomía

**Tabla 2**

*Clasificación taxonómica del maíz (Zea mays L.).*

<b>Reyno</b>	Vegetal
<b>División</b>	Tracheophyta
<b>Subdivisión</b>	Pterapsidae
<b>Clase</b>	Angiosperma.
<b>Sub Clase</b>	Monocotiledoneae.
<b>Orden</b>	Graminales.
<b>Familia</b>	Graminea.
<b>Tribu</b>	Maydeae.
<b>Género</b>	Zea.
<b>Especie</b>	<i>Zea mays L.</i>

*Nota.* Adaptado de Reyes, 1990.

## 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. Flor**

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas panoja o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (Takhtajan, 1980).

**a. Floración masculina.** La inflorescencia masculina es una panícula formada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas (Risco, 2007).

**b. Floración 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 (Risco, 2007).

### **2.4.5. Fruto y Semilla**

El fruto del maíz es un cariopse. La pared del ovario está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas 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).

## 2.5. Fenología de la planta de maíz

**Tabla 3**

*Fenología de la planta de maíz.*

<b>Etapas</b>	<b>Días</b>	<b>Características</b>
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 la parte baja).
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina, el polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	<b>Etapas de ampolla.</b> Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	<b>Etapas lechosa.</b> Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	<b>Etapas masosa o pastosa.</b> Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	<b>Etapas dentada.</b> 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	<b>Madurez fisiológica.</b> Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.

*Nota.* Adaptado de CIMMYT, 1984.

## 2.6. 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 para describir el pigmento azul de la col (*Brassica oleracea*).

### 2.6.1. 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 4**

*Composición química del maíz morado.*

Compuesto	Fragmento			
	Factor de retención	Concentración de 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

*Nota.* Adaptado de Chen *et al.*, 2016. Rf = factor de retención; AR (%) = abundancia relativa en

%; [M]<sup>+</sup> = concentración del ion molecular; m/z = relación masa/carga.

### **2.6.2. Funciones**

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).

El pigmento antocianínico representa 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 nutracéuticos) dirigidos al consumo humano (Jones, 2005).

### **2.6.3. Factores que condicionan la estabilidad de las antocianinas**

La estabilidad de la antocianina depende del tipo de pigmento antocianínicos, 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).

**a. Temperatura.** Factor que afecta la estabilidad de las antocianinas, y son menos estables con el incremento de la temperatura. 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  $\alpha$ -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).

**b. 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).

#### **2.6.4. 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).

#### **2.6.5. 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. 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). 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 (Ortega, 2006).

**b. Extracción Hidroalcohólica.** Los extractos hidroalcohólicos, según lo realizado por (Terrones, 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.

**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 5**

*Métodos de extracción, cuantificación de antocianinas y su eficiencia.*

<b>Método</b>	<b>Característica</b>
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 <sub>2</sub>	La extracción es mejor que la obtenida por el uso de la extracción tradicional las cuales implica sistemas de etanol: ácido acético: agua.

*Nota.* Adaptado de Delgado *et al.*, 2000.

## **2.7. Definición de términos**

### **2.7.1. Pigmento antocianínico**

Son pigmentos hidrosolubles ubicados en las vacuolas de las células vegetales, proporcionando el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutas. En términos químicos, las antocianinas pertenecen al grupo de flavonoides y son glucósidos de las antocianidinas. Esto significa que están formadas por una molécula de antocianidina, conocida como aglicona, a la que se le acopla un azúcar a través de un enlace glucosídico. Sus funciones en las plantas son variadas, desde la defensa contra la radiación ultravioleta o la atracción de insectos polinizadores.

### **2.7.2. Madurez fisiológica**

Se refiere al punto en desarrollo de un fruto u hortaliza en el que, alcanzado su máximo tamaño y desarrollo, y las semillas si las tiene, están en su estado más vigoroso, listas para la germinación.

### **2.7.3. 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).

### **2.7.4. Coronta**

Es el residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz, es decir su tronco o eje central.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del Ámbito de estudio

El área de estudio se localiza el Lote número 2 del área agrícola de la Estación Experimental Agraria, en el distrito de Los Baños del Inca, provincia y región Cajamarca en la sierra norte del Perú a 2667 m.s.n.m.

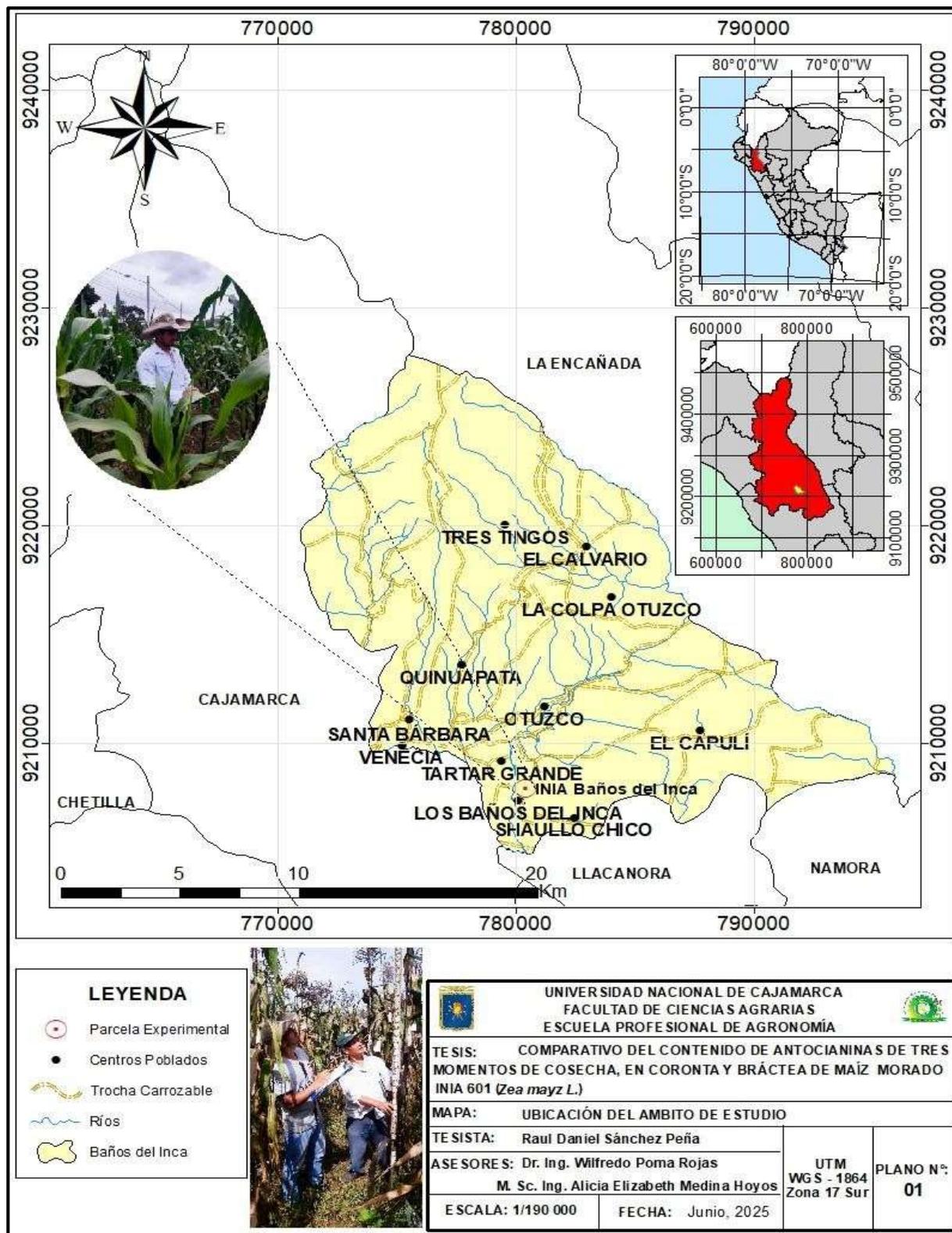
**Tabla 6**

*Localización geográfica en un polígono con coordenadas UTM*

PUNTO	ESTE	NORTE
A	780374 m E	9207867 m N
B	780364 m E	9207867 m N
C	780364 m E	9207876 m N
D	780374 m E	9207876 m N

Figura 1

Ubicación de la parcela de investigación



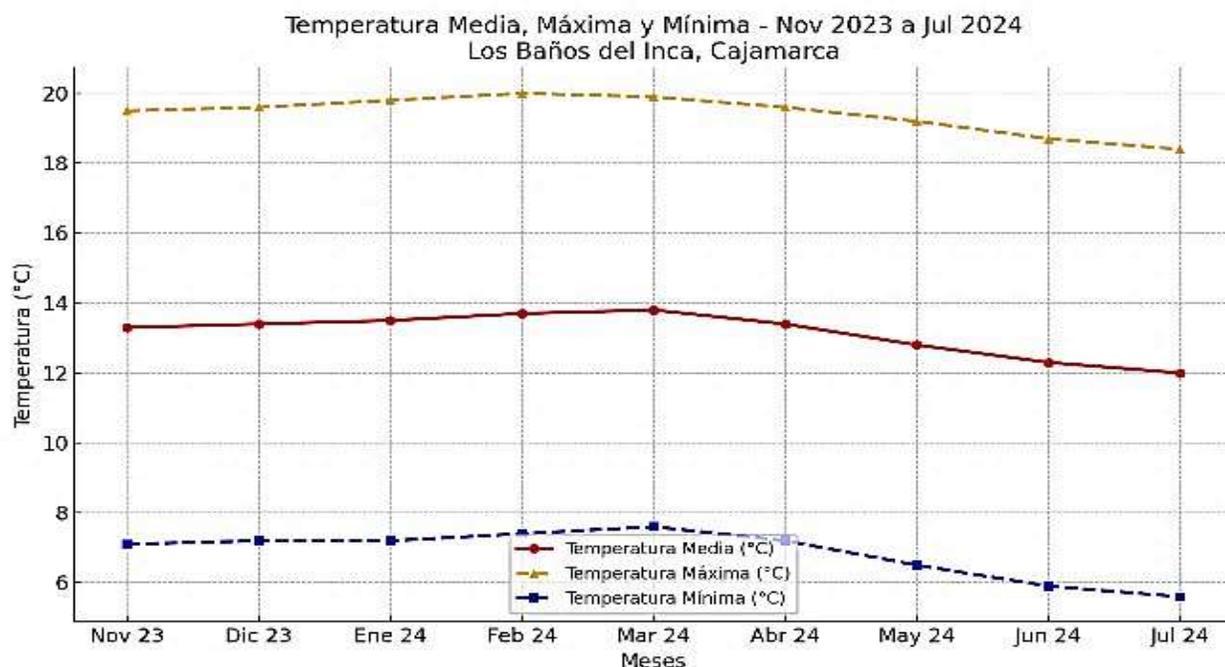
## 3.2. Características climáticas

### 3.2.1. Datos meteorológicos del periodo transcurrido (noviembre 2023 – julio 2024)

#### a. Temperatura

#### Figura 2

Registro de temperaturas medias, máximas y mínimas mensuales



Nota. Adaptado de Climate-Data.Org, 2025.

La temperatura Media (línea roja), se mantiene relativamente estable entre 13,3 °C y 13,8 °C desde noviembre 2023 hasta marzo 2024. A partir de abril 2024 comienza un descenso progresivo, llegando a 12,0 °C en julio 2024. Esto indica que los primeros meses corresponden a la temporada más cálida, mientras que hacia mitad de año se observa el enfriamiento típico de la estación seca y de invierno en la sierra.

La temperatura Máxima (línea amarilla), oscila entre 19,5 °C y 20,0 °C entre noviembre 2023 y marzo 2024. Desde abril 2024 inicia un descenso continuo, alcanzando 18,3 °C en julio 2024. Esto refleja que, aunque el clima se mantiene templado durante casi todo el año, las máximas también bajan en temporada seca.

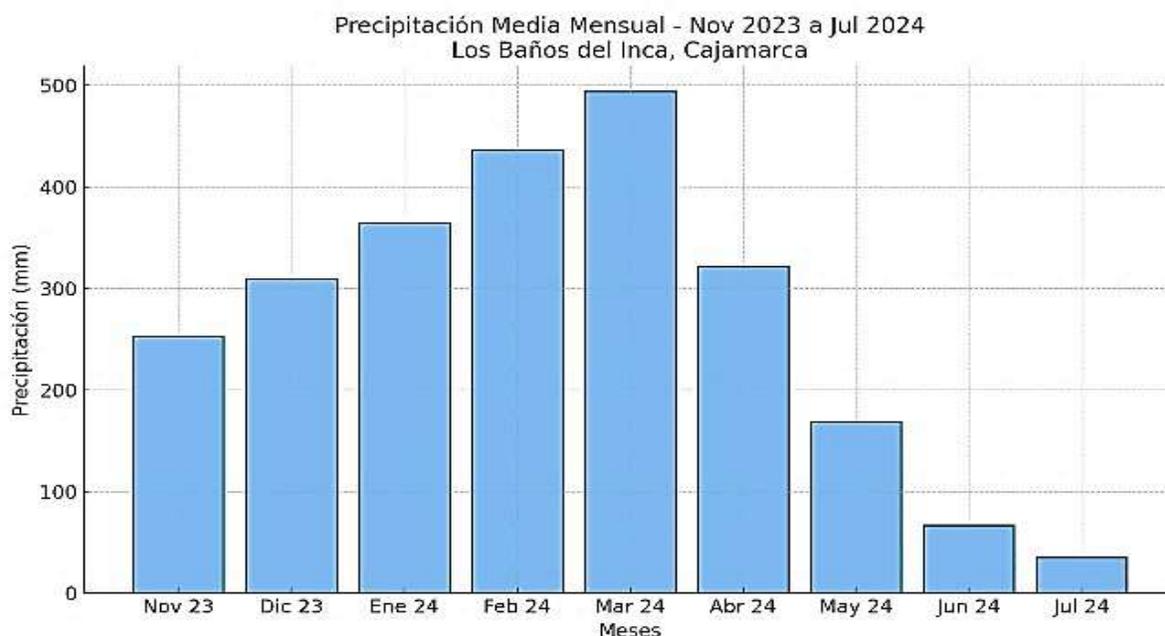
La temperatura Mínima (línea azul), entre noviembre 2023 y marzo 2024 varía de 7,1 °C a 7,6 °C. A partir de abril cae de manera más marcada, llegando a 5,6 °C en julio 2024. Esta caída en las mínimas es característica de los meses de invierno andino, cuando se presentan madrugadas y noches frías.

El gráfico evidencia un patrón estacional: temperaturas más estables y altas en los meses de verano (diciembre a marzo), seguidas de un descenso gradual en otoño e invierno (abril a julio). La amplitud térmica (diferencia entre máximas y mínimas) se hace más notoria en los meses fríos, con días templados, pero noches frías.

### b. Precipitación

#### Figura 3

*Registro de la precipitación medias mensuales*



*Nota.* Adaptado de Climate-Data.Org, 2025.

El gráfico muestra una marcada estacionalidad en las precipitaciones. Entre noviembre y abril se observa la temporada de lluvias, mientras que de mayo a julio ocurre una disminución drástica, correspondiente a la estación seca de la región andina.

En noviembre 2023 la precipitación media mensual fue de aproximadamente 250 mm. Desde diciembre hasta marzo se da un aumento progresivo, alcanzando el máximo en marzo 2024 con cerca de 495 mm, lo que representa el pico de lluvias del periodo.

En abril 2024 la precipitación disminuye a unos 320 mm, marcando el inicio del descenso, en mayo 2024 se reduce significativamente a unos 170 mm.

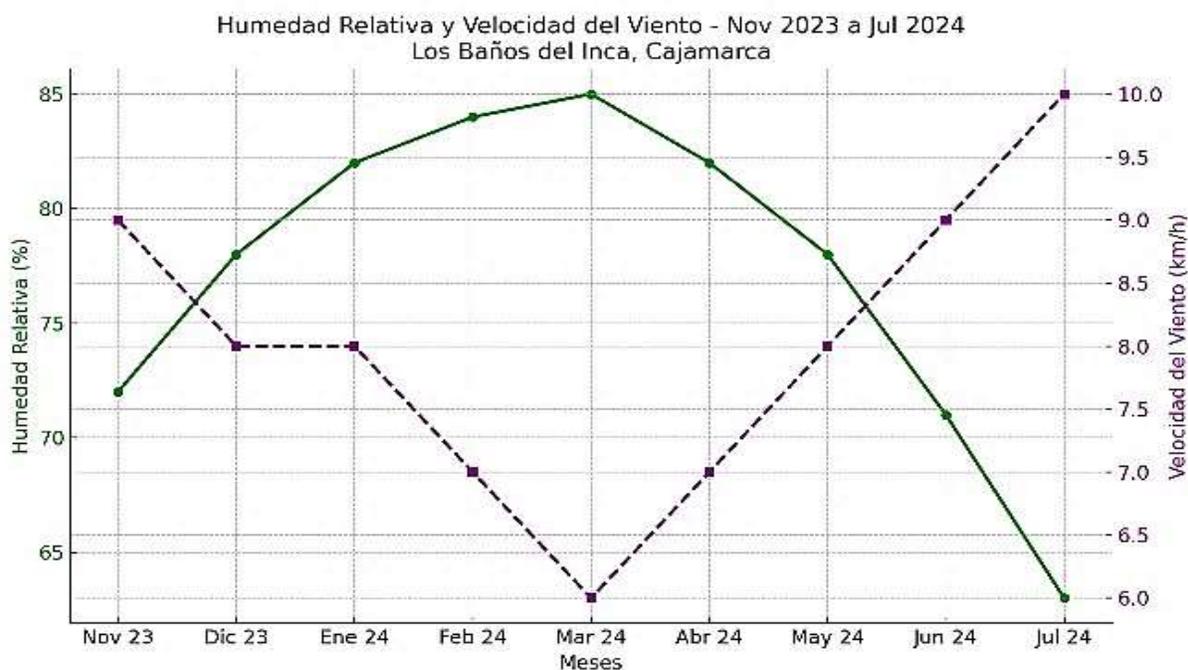
En los meses de junio y julio 2024 se presentan los valores más bajos, con apenas 65 mm y 35 mm respectivamente, propios de la estación seca.

El régimen de lluvias corresponde al patrón típico de la sierra norte del Perú, con una temporada húmeda que va de noviembre a abril y una temporada seca de mayo a agosto. La mayor disponibilidad de agua superficial y recarga hídrica ocurre entre enero y marzo, mientras que los meses de junio y julio son críticos por la escasez de precipitaciones.

### c. Humedad y viento

#### Figura 4

*Registro de la velocidad del viento y humedad medias mensuales*



*Nota.* Adaptado de Climate-Data.Org, 2025.

La Humedad Relativa (%) – línea verde, en el inicio de periodo (nov. 2023): fue alrededor de 72 %, se dio un incremento progresivo entre diciembre y marzo, alcanzando el máximo en marzo 2024 con 85 %, coincidiendo con el pico de precipitaciones en la zona, comenzó el descenso gradual desde abril hasta julio, llegando a 63 % en julio 2024, lo que refleja el inicio y consolidación de la estación seca.

La humedad está directamente relacionada con las lluvias: más alta en temporada de lluvias (diciembre–marzo) y más baja en época seca (junio–julio).

La Velocidad del Viento (km/h) – línea morada, en noviembre 2023: inicia con una velocidad de 9 km/h, presenta un descenso paulatino hasta marzo, cuando llega a su mínimo de 6,2 km/h.

Desde abril comienza a incrementarse nuevamente, alcanzando el valor más alto en julio 2024 (10 km/h).

El viento es más débil en los meses lluviosos y se intensifica en la estación seca, cuando disminuye la humedad atmosférica.

Existe una relación inversa: cuando la humedad relativa aumenta (noviembre a marzo), la velocidad del viento disminuye.

En cambio, cuando la humedad disminuye (abril a julio), la velocidad del viento aumenta.

Este patrón es típico de zonas andinas, donde los vientos son más fuertes en la estación seca debido a la mayor estabilidad atmosférica y ausencia de lluvias

### 3.3. Características edáficas

**Tabla 7**

*Análisis de suelo de la parcela experimental*

<b>Ensayo</b>	<b>pH</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Materia orgánica</b>	<b>Fósforo</b>	<b>Potasio</b>	<b>Conductividad Eléctrica</b>
<b>Unidades</b>	unid. pH	Cmol/Kg	%	mg/kg	mg/kg	mS/m
<b>Resultados</b>	7.4	-	4.4	24.7	78	9.0

*Nota.* Adaptado de Labsaf INIA-EEA B.I, 2023.

El pH 7.4 (medianamente alcalino), indica la presencia de carbonato cálcico, normalmente este nivel de pH es adecuado para la mayoría de cultivos.

El contenido de materia orgánica 4.4% se encuentra en un nivel alto, favoreciendo la estructura del suelo y retención de nutrientes.

El fósforo (24.7 mg/kg) y el potasio (78 mg/kg) están en niveles medios a buenos, beneficiando el crecimiento radicular y la resistencia a estrés.

La conductividad eléctrica muestra un valor de 9 mS/m, clasificándose en un nivel normal, lo cual sugiere un suelo sin riesgo de salinidad ni restricción para el cultivo.

### **3.4. Materiales**

#### **3.4.1. Material biológico**

Semilla categoría básica de maíz morado INIA 601

#### **3.4.2. Materiales de escritorio**

Lapicero

Libreta de apuntes

Papel bond

#### **3.4.3. Materiales de campo**

Libro de campo

Regla graduada (3m)

Etiquetas

Cucuruchos de papel reciclado

Goteros

Costales tipo malla

#### **3.4.4. Materiales de laboratorio**

Espectrofotómetro

### **3.5. Equipos**

Balanza electrónica

Molino de mano

Mochila pulverizadora

### **3.6. Insumos**

Urea (46-0-0), 4.71kg

Fosfato diamónico (18-46-0), 2.94kg

Cloruro de potasio (0-60-0) 2.7kg

Herbicida pre emergente Rayo (atrazina)

Aceite vegetal (1litro)

### 3.7. Metodología

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de diciembre a junio de la campaña agrícola 2023 - 2024. Se utilizó semilla básica de la variedad INIA 601, se tuvo un manejo agronómico adecuado por igual a todos los tratamientos para su eficiente desarrollo, evaluándose de esta manera el comportamiento de cada tratamiento. Cada tratamiento constó de 4 surcos de 5.5 m de largo por 0.8 m de ancho, siendo un total de 3 tratamientos con 5 repeticiones, las evaluaciones se realizaron de los dos surcos centrales; los análisis de porcentaje de antocianina fueron determinados en laboratorio de la empresa PRONEX S.A.

El primer tratamiento consistió en la cosecha de mazorcas de maíz morado INIA 601, 15 días antes de madurez fisiológica (157 días después de la siembra). El segundo tratamiento en Madurez fisiológica (172 días después de la siembra) y el tercer tratamiento, 15 días después de madurez fisiológica (187 días después de la siembra). De cada tratamiento se tomó muestras al azar de los surcos centrales y posterior molienda y tamizaje se envió a laboratorio con el fin de determinar el porcentaje de antocianina de cada una de ellas, siendo un total de 30 muestras.

### 3.8. Tratamientos

**Tabla 8**

*Tratamientos en estudio*

<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	15 días antes de madurez fisiológica	Primer momento de cosecha (157 dds)
<b>T2</b>	En madurez fisiológica	Segundo momento de cosecha (172 dds)
<b>T3</b>	15 días después de madurez fisiológica	Tercer momento de cosecha (187 dds)

*Nota.* dds=días después de la siembra.

### 3.9. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres tratamientos y cinco repeticiones. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

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

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

$\mu$  = el verdadero efecto medio

$\tau_i$  = el verdadero efecto del  $j$  – ésimo bloque

$\beta_j$  = el verdadero efecto del  $i$ –ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental

### 3.10. Análisis de varianza

**Tabla 9**

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

Fuente de variación	Grados de libertad	ECM Modelo
Bloques (r)	(r-1)	$\sigma^2 + p \sum(B)j^2 \quad \mathbf{1(r - 1)}$
Tratamientos	(t-1)	$\sigma^2 + r \sum(B)i^2 \quad \mathbf{1(t - 1)}$
Error	(r-1)(t-1)	$\sigma^2$
Total	(rt-1)	

*Nota.* Adaptado de Vásquez, 2014.

### 3.11. Hipótesis

Respecto a tratamientos

$$H_0: \mu = \mu_2 = \dots = \mu_{10}$$

$H_a$ : Al menos la media de un tratamiento es diferente

### 3.12. Análisis de datos

Recolectada la información, se creó una base de datos en hojas de Excel y luego se llevó a cabo el análisis estadístico. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software Statistical Analysis System (SAS V9.4) utilizando técnicas descriptivas como tablas, diagramas y medidas estadísticas. Se empleó estadística inferencial para contrastar la hipótesis: análisis de varianza para un diseño bloque y la prueba de comparación múltiple LSD de Fisher.

**Figura 5**

*Randomización del campo experimental*

			TRATAMIENTOS					
<b>REPPETICIONES</b>	I		T2		T1		T3	3.2 m
	II		T3		T2		T1	3.2 m
	III		T1	calle	T3	calle	T2	3.2 m
	IV		T2		T1		T3	3.2 m
	V		T3		T2		T1	3.2 m
			5.5m	1m	5.5m	1m	5.5m	

**Tabla 10**

*Tratamientos en estudio*

Tratamientos	Descripción
T1	15 días antes de madurez fisiológica (157 dds).
T2	En madurez fisiológica (172 dds).
T3	15 días después de madurez fisiológica (187 dds).

*Nota.* dds; días después de la siembra.

**Tabla 11***Características del experimento*

<b>Número de parcelas/repetición</b>	03
<b>Número total de parcelas</b>	15
<b>Número de variedades</b>	01
<b>Número de repeticiones</b>	05
<b>Ancho de calles</b>	1,0 m.
<b>Número de calles</b>	02
<b>Número de golpes/surco</b>	11
<b>Largo de los surcos</b>	5,5 m.
<b>Ancho de los surcos</b>	0,80 m.
<b>Número de surcos por unidad experimental</b>	4
<b>Área de cada unidad experimental</b>	17.6 m <sup>2</sup>
<b>Área por ensayo (total)</b>	296 m <sup>2</sup>
<b>Área neta del experimento</b>	264 m <sup>2</sup>

**3.13. Conducción del experimento**

La conducción de los experimentos incluyó diversas actividades desde la siembra, realizada el 01 de diciembre de 2023, hasta el tercer momento de cosecha, el 05 de junio de 2024. 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.

**3.13.1. Prueba de Germinación**

Se colocaron 100 semillas categoría básica de la variedad INIA 601 en sustrato de arena de río, en una bandeja plástica de 25 cm de ancho por 40 cm de largo.

**3.13.2. Muestreo de suelo**

Se realizó un día anterior a la preparación del terreno, se envió una muestra de un kilogramo de suelo en una bolsa hermética, correctamente identificada. La recepción de la muestra al laboratorio de aguas suelos y foliares de la Estación Agrícola Baños del Inca fue el 06

de noviembre de 2023, el análisis en el mencionado laboratorio se llevó el 13 de noviembre de 2023 a partir de las 11: 15 am. la finalidad del muestreo radica en la determinación de las características físico-químicas y definir la cantidad de fertilizantes a utilizar.

### **3.13.3. Preparación del terreno**

Consistió en las labores de limpieza y roturación del terreno a nivel de la capa arable 0.3 m de profundidad por acción físico mecánica del arado de discos accionado por el tractor agrícola. Se realizó el 18 de octubre de 2023.

### **3.13.4. Siembra y primera fertilización**

Se realizó en suelo bien preparado a capacidad de campo, colocando 3 semillas en la parte lateral del surco a un distanciamiento de 0.5 m entre golpes a una profundidad adecuada, empleando palana para la apertura del suelo. De la misma manera se realizó la fertilización química intercalada entre golpes de siembra. Se realizo el 01 de diciembre de 2023.

### **3.13.5. 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 17 días después de la siembra, cuando las plantas tuvieron de dos a tres hojas extendidas.

### **3.13.6. Deshierbo**

Se realizó el primer control de malezas a los 11 dds (días después de la siembra) con herbicida pre emergente (atrazina 150 ml/15 L agua) y a los 17 dds (días después de la siembra) el deshierbo con lampa, posteriormente se realizó la segunda aplicación de herbicida pre emergente.

### 3.13.7. 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. Se realizó el 17 de enero de 2024.

### 3.13.8. Control de plagas

Para disminuir el daño generado por mosca de la mazorca (*Euxesta sp.*) y 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 %). Se realizó 26 de febrero, 06 y 14 de marzo de 2024 respectivamente. También se inició la colocación de cucuruchos, para evitar el daño por aves.

### 3.13.9. Pre cosecha

**a. Número de plantas.** Se realizó contando la cantidad de plantas de los dos surcos centrales. Se realizó el 26 de febrero de 2024.

**b. Días a la floración femenina.** Se evaluó los surcos centrales de cada tratamiento, registrando los días transcurridos desde la siembra hasta el estado fenológico cuando más del 50 por ciento de plantas comienzan a florear (Paucarima, 2007).

**c. Días a la floración masculina.** Se evaluó los surcos centrales de cada tratamiento, registrando los días transcurridos desde la siembra hasta el estado fenológico cuando más del 50 por ciento de las plantas presentaron las panojas desprendiendo polen (Paucarima, 2007).

**d. Altura de planta.** Se midió 5 plantas al azar de los surcos centrales, desde el cuello de la planta, hasta el nudo de la última hoja, expresado en cm (Estrada, 2006).

**e. Altura de mazorca.** Se midió 5 plantas al azar de los surcos centrales, desde el nivel del suelo de planta hasta la posición de la mazorca superior en cm (Estrada, 2006).

### 3.13.10. Cosecha

Se realizó la cosecha de los 2 surcos centrales, el cual consistió en desprender la mazorca de la planta sin despancar. El momento de cosecha se determinó según la ficha técnica del maíz INIA 601 y la asistencia de los especialistas y técnico del Programa Nacional de Maíz.

**a. Peso de campo.** Consistió en colocar las mazorcas cosechadas de los surcos centrales de cada unidad experimental en baldes y con la ayuda de una balanza electrónica, se obtuvo el peso correspondiente de cosecha en fresco, que servirá luego para determinar el rendimiento al corregir 14% de humedad (INIA, 2004).

**b. Pudrición.** Se trasladó las mazorcas cosechadas de los 2 surcos centrales de cada unidad experimental a la manta de evaluación para clasificarlas en forma ordenada de menor a mayor según los grados de pudrición. Luego se registra el número de mazorcas por cada grado.

**Tabla 12**

*Escala de evaluación de la pudrición de la mazorca*

<b>Grado</b>	<b>Porcentaje de Pudrición</b>	<b>Promedio</b>
<b>1</b>	Mazorcas sanas	<b>0</b>
<b>2</b>	1-10	<b>5.5</b>
<b>3</b>	11-25	<b>18</b>
<b>4</b>	26-50	<b>38</b>
<b>5</b>	51-75	<b>63</b>
<b>6</b>	76-100	<b>88</b>

*Nota.* Adaptado de INIA,2020.

### 3.13.11 Post cosecha

El contenido de antocianinas en coronta y bráctea se determinó mediante el método de Fuleki Francis (1968), por el laboratorio de la empresa PRONEX S.A en la ciudad de Lima.

**a. Muestreo de coronta para cuantificación de antocianinas.** Las muestras de las mazorcas de los tres tratamientos fueron desgranadas en su totalidad. Se integró todas las tusas de tonalidad morado intenso de cada repetición y tratamiento, posteriormente se trituró y tamizó, hasta llegar al peso de 30 g de coronta molida.

**b. Muestreo de bráctea para cuantificación de antocianinas.** Se seleccionó una muestra representativa de bráctea o panca, de tonalidad morado intenso, se disgregó con el empleo de tijeras, se secó bajo sombra o luz difusa durante 8 días, al cabo de los cuales se procedió a moler con molino de mano y tamizar hasta llegar al peso de 30 g de bráctea molida.

### 3.14. Método de Fuleki Francis (1968), para extraer antocianinas-Lab. PRONEX S.A.

Pesar 0.30 g de coronta molida y 0.40 g de bráctea, con balanza de precisión digital, luego se colocó 100 ml de hidrógeno cloruro 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 hidrógeno cloruro, 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 hidrógeno cloruro 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 hidrógeno cloruro 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.

### 3.15. Fórmula de porcentaje de pureza

$$\% \text{ de antocianinas} = \left( \frac{Abs_{535} * 2000}{982 * P_{(g)}} \right) * 1000$$

$Abs_{535}$  = Absorbancia a 535 nm

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

### 3.16. Conversión a mg. g<sup>-1</sup>

Se realizó la conversión de porcentaje de antocianinas a mg·g<sup>-1</sup>. Mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Concentración en mg. g}^{-1} = \left( \frac{\text{concentración en \%}}{100} \right) * 1000$$

### 3.17. Conversión a kg. ha<sup>-1</sup>

Se realizó la conversión de porcentaje de antocianinas a kg·ha<sup>-1</sup>. Mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Concentración en kg. ha}^{-1} = (\text{mg. g}^{-1} - 1) * \text{Biomasa (t. ha}^{-1}) * 0.25 (\% \text{ de coronta en mazorca})$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Contenido de antocianinas en coronta de maíz INIA 601 expresado en $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

**Tabla 13**

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

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor-p (significancia)
Repeticiones	4	232.5560000	58.1390000	0.3113 (ns)
Tratamientos	2	202.0120000	101.006000	0.1464 (ns)
Error	8	327.6680000	40.9585000	
Total	14	762.2360000		
CV (%)	9.7			
R <sup>2</sup> (%)	0.5701			
Media	65,96 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$			

*Nota.* CV= coeficiente de variación; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación de los tratamientos; (ns)= no significativo.

El valor  $p = 0.1464 > \alpha = 0.05$ , indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación, 9.7% es un valor que indica una baja dispersión, es decir se trata de una población homogénea (Vásquez y Núñez, 2025). El coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) es 0.5701, el cual indica que la proporción de la variabilidad es explicada por los tratamientos y por los bloques. La eficiencia relativa (ER), es mayor que 100%, lo que indica que se ha usado eficientemente el diseño de bloques al azar. La repetitividad (H), es del 0.9249, esto indica que hay una alta precisión del experimento, es decir que, el 92.49% de las antocianinas se debe al efecto de la variable coronta.

(No hay significación, pero expliqué en términos de promedios mediante la tabla 14).

**Tabla 14**

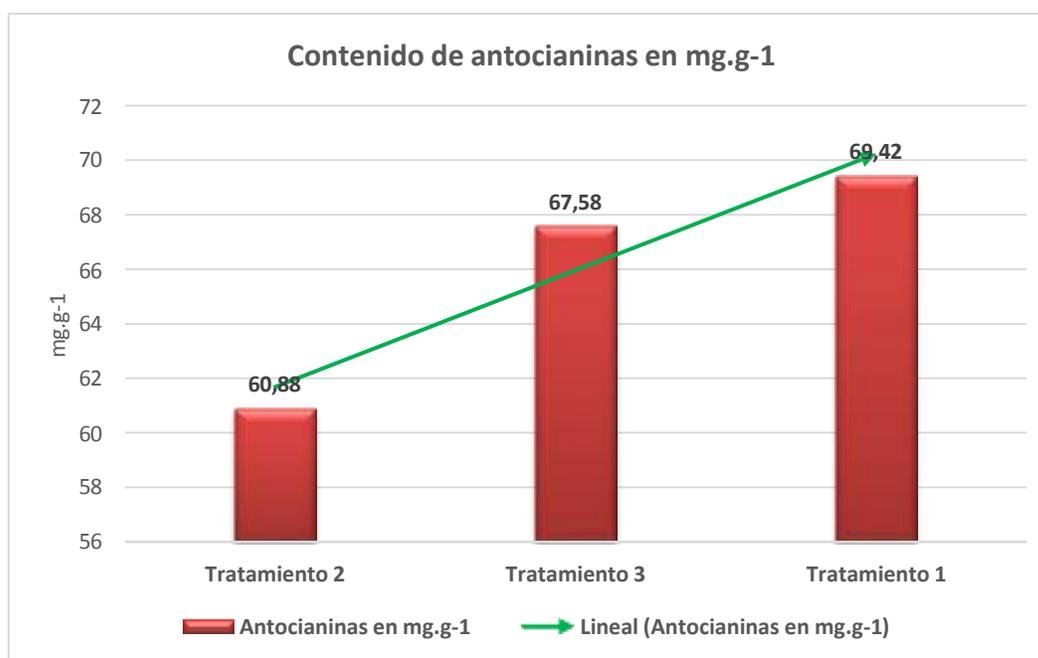
*Rendimiento de antocianinas en mg. g<sup>-1</sup> y en kg. ha<sup>-1</sup>*

Tratamientos	Rendimiento en mg. g <sup>-1</sup>	Rendimiento en kg. ha <sup>-1</sup>
T1	69.42	84.90
T3	67.58	83.87
T2	60.88	76.25

*Nota.* El tratamiento en 15 días antes de madurez fisiológica (T1), no muestra diferencias estadísticas con los demás tratamientos, pero muestra rendimientos similares, superiores a los 60.88 mg. g<sup>-1</sup> con el tratamiento 15 días después de madurez fisiológica (T3) y el tratamiento en madurez fisiológica (T2) en coronta de maíz morado INIA 601

**Figura 6**

*Gráfico del contenido de antocianinas en coronta de maíz INIA 601*



Los resultados obtenidos en el presente estudio con el tratamiento T1 (cosecha realizada 15 días antes de la madurez fisiológica) evidenciaron una concentración de antocianinas en coronta, similar a la reportada en estudios previos. En comparación con los valores obtenidos por Medina et al. (2020) mediante el método de Fuleki Francis (1968), quien alcanzó 61.20 mg·g<sup>-1</sup> de antocianinas en coronta de maíz morado cosechadas 169 días después de la siembra,

cultivado en la zona altoandina, el presente trabajo muestra una mejora significativa, lo que sugiere que la estrategia de cosecha anticipada (T1) puede favorecer una mayor acumulación de estos compuestos bioactivos.

De manera similar, los valores obtenidos superaron a los reportados por Piña (2018), quien obtuvo una concentración de  $63.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , mediante el método Fuleki Francis (1968) en corontas de maíz morado INIA 601 cosechadas en madurez fisiológica. Si bien este valor es relativamente alto en comparación con otros estudios previos, el tratamiento T1 de la presente investigación logró superarlo, lo que refuerza la importancia de considerar el momento de cosecha como un factor determinante en la síntesis y acumulación de metabolitos secundarios como las antocianinas.

Asimismo, los resultados obtenidos superaron los alcanzados por Vásquez et al. (2020), quien registró un contenido de  $63.8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  mediante el método de Fuleki Francis (1968) en corontas cosechadas en estado de madurez fisiológica en la coronta de la variedad INIA 601, y los de Moya (2024), quien informó un rendimiento de  $59.88 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  mediante el método de Fuleki Francis (1968) en corontas cosechadas en estado de madurez fisiológica en la misma variedad evaluada durante tres campañas agrícolas en Cajamarca. Esta superioridad podría explicarse por la interacción de diversos factores como la variedad utilizada, el manejo agronómico aplicado, la altitud y las condiciones climáticas particulares del área experimental de este estudio, así como por la oportunidad de cosecha, aspecto que habría favorecido la acumulación máxima de antocianinas en la fase previa a la madurez fisiológica.

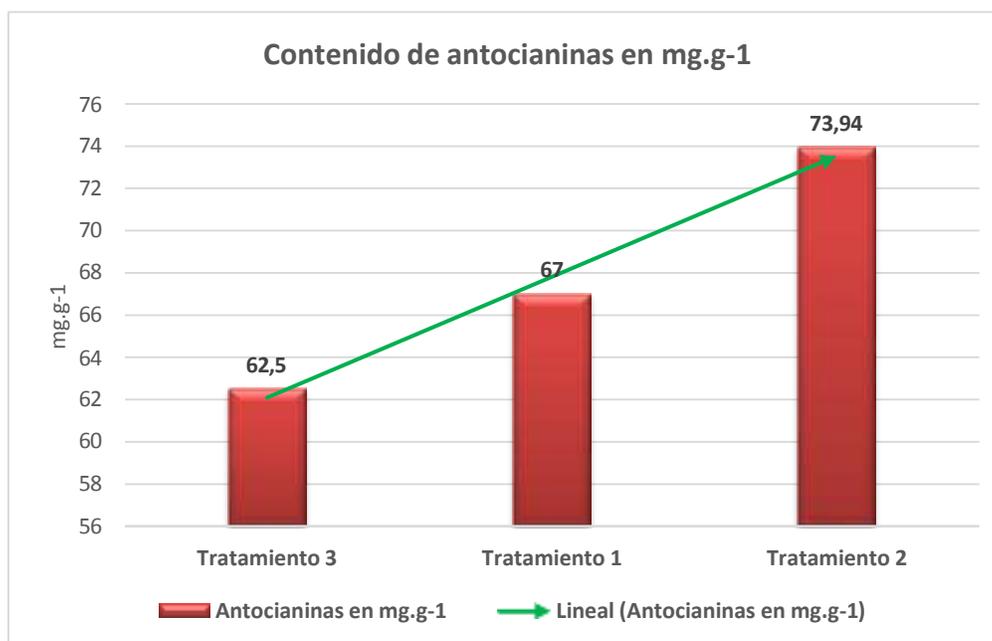
Diversos estudios señalan que la síntesis de antocianinas puede incrementarse en respuesta a factores de estrés moderado, como variaciones térmicas o lumínicas propias de las últimas fases del desarrollo del grano, lo cual podría haber contribuido a los altos valores observados en el tratamiento T1. En este sentido, la decisión de cosechar 15 días antes de la madurez fisiológica parece haber sido determinante para maximizar la concentración de estos

metabolitos secundarios.

#### 4.2. Contenido de antocianinas en brácteas de maíz INIA 601 expresado en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$

**Figura 7**

*Gráfico del contenido de antocianinas en brácteas de maíz INIA 601*



*Nota.* El gráfico muestra el contenido de antocianinas ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) en brácteas de maíz morado INIA 601, evaluado en tres tratamientos correspondientes a diferentes momentos de cosecha. Tratamiento 1 ( $67 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ): Representa un valor intermedio de concentración de antocianinas. Tratamiento 2 ( $73.94 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ): Registra el valor más alto de contenido de antocianinas. Tratamiento 3 ( $62.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ): Presenta el menor valor de concentración de antocianinas, evidenciando una disminución respecto a los tratamientos anteriores. La tendencia representada por la línea muestra claramente un aumento en el contenido de antocianinas hasta el Tratamiento T2. Esto sugiere que el momento óptimo de cosecha para obtener la mayor concentración de antocianinas en las brácteas de maíz morado INIA 601 se encuentra en el Tratamiento 2, que correspondería a la etapa de madurez fisiológica.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para contenido de antocianinas en bráctea (mg· g<sup>-1</sup>)*

Fuente de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor-p (significancia)
Repeticiones	4	129.0293333	32.2573333	0.3827
Tratamientos	2	315.8493333	157.9246667	0.0271*
Error	8	215.6506667	26.9563333	
Total	14	660.5293333		
CV (%)	7.6			
R <sup>2</sup> (%)	0.6735			
Media	67,77mg· g <sup>-1</sup>			

*Nota.* CV= coeficiente de variación; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación de los tratamientos.

El valor  $p = 0.0271 < \alpha = 0.05$ , indica diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación, 7.66% muestra una baja dispersión de las observaciones alrededor de la media. El coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) es 0.6735, el cual indica que el modelo explica el 67.35% de la variabilidad de los bloques y tratamientos. La eficiencia relativa (ER), del diseño bloque al azar es mayor que la unidad (1.20), indicando que los bloques se han ubicado en forma correcta. La repetitividad (H) es 0.9652, es decir que, el contenido de las antocianinas se debe en un 96.52% al efecto de las brácteas y el 3.48% se debe al efecto ambiental (Vásquez y Núñez, 2025).

**Tabla 16**

*Comparación de medias (LSD)*

Tratamientos	Promedios en mg· g <sup>-1</sup>
T2	73.94 a
T1	67.00 ab
T3	62.58 b

El tratamiento en madurez fisiológica (T2), no muestra diferencias estadísticas con el tratamiento T1, pero sí supera estadísticamente al tratamiento 15 días después de madurez fisiológica (T3)

en brácteas de maíz INIA 601.

Los resultados obtenidos en el presente estudio con el tratamiento T2 (cosecha en madurez fisiológica) evidenciaron una mayor concentración de antocianinas en brácteas de maíz morado en comparación con investigaciones previas realizadas en diferentes regiones del Perú. En primer lugar, la concentración alcanzada en este tratamiento superó a la reportada por Medina et al. (2020), quien informó un contenido de  $31,8 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de antocianinas mediante el método de Fuleki Francis (1968) en brácteas de maíz morado cosechadas 169 días después de la siembra cultivado en zonas altoandinas. Este resultado sugiere que las condiciones agroecológicas y el manejo aplicado en este ensayo favorecieron de manera más eficiente la síntesis y acumulación de antocianinas.

Asimismo, los valores obtenidos superaron a los reportados por Piña (2018), quien documentó un contenido de  $29,4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de antocianinas mediante el método de Fuleki Francis (1968) en brácteas cosechadas en estado de madurez fisiológica, diferencia que podría explicarse tanto por el uso de diferentes genotipos como por las condiciones agroclimáticas y de manejo agronómico empleadas en cada estudio.

De manera similar, los resultados también fueron superiores a los reportados por Vásquez et al. (2021), quien evaluó el contenido de antocianinas en la variedad de maíz morado INIA 601, obteniendo un valor de  $29,4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  mediante el método de Fuleki Francis (1968) en brácteas cosechadas en estado de madurez fisiológica. Este hallazgo confirma la variabilidad genética existente entre diferentes cultivares de maíz morado y resalta la importancia del genotipo y de las prácticas de manejo agronómico para maximizar la síntesis de compuestos bioactivos como las antocianinas.

Estas diferencias también podrían estar relacionadas con factores ambientales específicos de cada localidad, tales como la altitud, la temperatura, la intensidad lumínica y la radiación ultravioleta, los cuales influyen de manera determinante en la expresión de los genes

responsables de la biosíntesis de antocianinas (Medina *et al.*, 2020; Vásquez *et al.*, 2021).

Del mismo modo, la etapa fenológica de cosecha utilizada en este estudio (la madurez fisiológica) podría haber coincidido con el punto máximo de acumulación de estos metabolitos secundarios, a diferencia de otros trabajos que no especifican o varían el momento de recolección.

En conjunto, estos resultados destacan la eficacia del tratamiento T2 en potenciar la concentración de antocianinas en las brácteas de maíz morado, lo cual tiene implicancias positivas tanto para el valor nutracéutico del producto como para su aprovechamiento en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. Además, refuerzan la necesidad de considerar factores como el momento óptimo de cosecha y el manejo agronómico específico en futuros programas de mejoramiento genético y tecnológico para este cultivo.

Los resultados de este estudio sugieren que la cosecha en madurez fisiológica es la más indicada 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 (Manzano *et al.*, 2017).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

En cuanto al contenido de antocianinas en coronta el tratamiento T1 fue superior con un total de  $69.42 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , seguido del tratamiento T3, con  $67.58 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , y el tratamiento T2 con un equivalente a  $60.88 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , respectivamente. Los resultados indican que el tratamiento T1 es el más óptimo para maximizar el contenido de antocianinas.

El contenido de antocianinas en brácteas fue superior en el tratamiento T2 (en Madurez Fisiológica). Los valores obtenidos fueron  $73.74 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  (T2),  $67.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  (T1) y  $62.58 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  (T3), respectivamente. Los resultados indican que la madurez fisiológica es el punto más adecuado para la cosecha de brácteas de maíz INIA 601 si se busca maximizar el contenido de antocianinas, mientras que cosechas adelantadas o atrasadas generan menores concentraciones, lo que impactaría en la calidad y rentabilidad del producto.

#### 5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios adicionales con respecto a la determinación de antocianinas en coronta de maíz morado INIA 601, en otros momentos de cosecha, pisos altitudinales, dosis e incorporación de abonos orgánicos.

Se recomienda considerar el tratamiento T2 (en Madurez Fisiológica) como la opción más adecuada para maximizar el contenido de antocianinas en brácteas de maíz morado, en la variedad INIA 601. Asimismo, se sugiere realizar estudios complementarios que evalúen el efecto de este tratamiento en otras características de calidad, así como su viabilidad y aplicación a escala comercial.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Hernández, Á. D., Salinas-Moreno, Y., Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-de-la-Torre, I., Bautista-Ramírez, E., & Flores-López, H. E. (2019). Antocianinas y color en grano y olote de maíz morado peruano cultivado en Jalisco, México. 10(5), 1071-1082. Recuperado de <https://scispace.com/papers/antocianinas-y-color-en-grano-y-olote-de-maiz-morado-peruano-5ajof5atd0?utmsource=>
- Block G, Patterson B, Subar A. (1992). Fruit, vegetables, and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence, *Nutr Cancer*, 50, 207-213. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-4887.1992.tb01329.x>
- Castañeda-Sánchez, A. y Guerrero-Beltrán, J. A. (2015). Pigmentos en frutas y hortalizas rojas: antocianinas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 9, 25- 33. Recuperado de [https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108988/Tesis\\_JGR\\_11jun2020.pdf?sequence=1](https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108988/Tesis_JGR_11jun2020.pdf?sequence=1)
- Ccalahuille, C. (2023). Comportamiento productivo y nivel antociánico de cuatro variedades de maíz morado inoculado con un complejo micorrízico en condiciones del distrito de La Yarada- Tacna. Recuperado de <https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/2117/Celestinotesistitulo2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CIMMYT. (1984). Programa de Maíz del CIMMYT. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. México, D.F.: CIMMYT. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/bbe809ff-f55f-4c67-bf70-468ef3973285/content>
- 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. Recuperado de <http://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/273917?show=full>

- Climate-Data.org. (2025). Weather Cajamarca & temperature by month – Peru. En Climate-Data.org. Recuperado el 11 de mayo de 2025, de <http://enclimate-data.org./south-america/peru/cajamarca/cajamarca-3402/>
- 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. Recuperado de <http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/108505526/>
- Estrada, Rigoberto; Medina, Tulio; Roldan, Agripina. 2006. Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. Conceptos y procedimientos. Lima: INIA. 167. Recuperado de <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/409/1/INIEAManualcaracterizaci%C3%B3n...cultivosnativos.pdf>
- FAO. (2013). Alta cocina tradicional andina, 1° ed. Organización para la agricultura y la alimentación de las naciones unidas. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/i1466e/i1466e.pdf>.
- Fei, L. (2016). Beneficios para la salud de maíz morado (*Zea mays* L.) compuestos fenólicos. comprehensive reviews in food science and food safety, 00, 2017, 1-15. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/312861372\\_Health\\_Benefits\\_of\\_Purple\\_Corn\\_Zea\\_mays\\_L\\_Phenolic\\_Compounds](https://www.researchgate.net/publication/312861372_Health_Benefits_of_Purple_Corn_Zea_mays_L_Phenolic_Compounds)
- 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. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18616524/>
- 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.
- Giusti, M. and R. Wrolstad. (2001). Anthocyanins. characterization and measurement with UV–visible spectroscopy. Unit F1.2. In: Wrolstad, R. and S. Schwartz (eds.). Current protocols in food analytical chemistry. John Wiley and Sons, Inc. New York. pp. F1.2.1-F.1.2.13. Recuperado de <https://currentprotocols.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471142913.faf0102s00>

- Gruneberg, 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. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22129334/>
- INIA. (2004). Maíz INIA 601. Variedad mejorada de maíz morado para la sierra norte del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Plegable N° 3. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/65>
- 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>
- Justiniano, A. (2010). Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. UNALAM. Lima.
- Konczak, I. and Zhang, W. (2004). Anthocyanins—More Than Nature's Colours. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 5, 239-240. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1155/S1110724304407013>
- León, E. C. (2024). Comparativo del contenido de antocianinas de tres tratamientos, en coronta y bráctea de maíz morado variedad INIA 601 (*Zea mays* L.). Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7741>
- Llanos, C.M (1984). "El Maíz su Cultivo y Aprovechamiento". Edit. Mundi – Prensa. Castello, 318 pág. Recuperado de [http://biblioteca.unschedu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8672&query\\_desc=Provider%3AMundi-Prensa](http://biblioteca.unschedu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=8672&query_desc=Provider%3AMundi-Prensa)
- Manzano, P.; Hernández, J.; Quijano-Avilés, M.; Barragán, A.; Chóez-Guaranda, I. (2017). Polyphenols extracted from *Theobroma cacao* waste and its utility as antioxidant. Emirates Journal of Food and Agriculture 29(1): 45-50. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/312270400PolyphenolsextractedfromTheobromacacaowasteanditsutilityasantioxidantforfood-gradevegetaloil>

- Medina, A; Narro, L; Chávez, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291-299. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- MINAGRI. Sistema Integrado de Estadística Agraria – SIEA. (2021). Calendario de siembras. Recuperado de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/calendario>.
- Mendoza, C. G. M. (2012). Las antocianinas del maíz: su distribución en la planta y producción. Tesis de maestría, Montecillo, Texcoco, Estado de México. Recuperado de <https://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1709/>
- Moya, V. M. (2024). Comparativo del rendimiento, y contenido de antocianina en seis variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) evaluadas durante tres campañas agrícolas, en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/7073/TESIS%20VICTOR%20MOYA.pdf?sequence=1&isAllowed=>
- Orizano-Ponce, E., (2024). Análisis fisicoquímico y géneros de mohos en ecotipos cultivados de maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(1), 7-17. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/380202859>
- Ortega, G. M., & Guerra, M. (2006). Separación, caracterización estructural y cuantificación de antocianinas mediante métodos químico-físicos. Parte II. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 40(3), 3-11. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2>
- Paucarima, E. 2007. Respuesta de maíz morado a cuatro fórmulas de abonamiento y tres densidades de siembra. Ayacucho, Perú. Recuperado de [https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte\\_Santiaguino/article/download/181/572/2](https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/download/181/572/2)
- Piña-Díaz, P. C. (2018). Comparativo de rendimiento y contenido de antocianinas en 6 variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2874>

- Reyes C., P. (1990). El Maíz y su cultivo. Primera Edición. AGT Editor S.A México 460 Pág. Recuperado de <https://cbiblioteca.uraccan.edu.ni/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2237>
- Risco, Mendoza y otros (2007), SOLID-Perú, “Conociendo la cadena del maíz morado en Ayacucho”. Solid Perú. 88 p. Recuperado de <https://pablosaraviatasayco.files.wordpress.com/2015/01/conociendo-lacadenaproductiva-del-maiz-morado-en-ayacucho.pdf>
- Santacruz Cifuentes, L. A. (2011). Análisis químico de antocianinas en frutos silvestres colombianos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8678>
- Solomon, E., Berg, L., Martin, D. (2015). Biología. Novena edición. “Estructura y función de la hoja” pp. 739. Recuperado de <https://books.instituto-idema.org/node/35>
- Tapia, M. & Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO, ANPE - Perú. Recuperado de <https://runamaqui.fr/wp-content/uploads/2020/07/FAO-Los-cultivos-andinosdocumento-completo>.
- Takhtajan, A (1980). Esquema de la clasificación de plantas con flores (Magnoliophyta). The Botanical Review. New York, Estados Unidos. 46: 225 – 226, 316 – 318. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1007/BF02861558>
- Terrones, L. (s.f.). et al. Métodos de Extracción del Colorante de Zea Maíz L. (Maíz Morado) para la elaboración de una bebida saludable. Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/766/FIA196.pdf?sequence=1&>
- Vásquez y Núñez, F. M. (2025). Biometría Aplicada a Ciencias Agrarias y a Ciencias Afines usando SAS. UNACH. p. 420
- Vásquez, V., Piña, P., Medina, A., Cabrera, H., Seminario, A., Jiménez L., Seminario, J. (2021). Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú. Revista Manglar. Universidad Nacional de Tumbes. Recuperado de <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1251>

## ANEXOS

## Anexo 1. Sistematización de datos

Tabla 17

*Datos de evaluaciones realizadas en la parcela experimental*

Parcela	Trat.	Rep.	Floración		Nº		Peso			Contenido de Antocianinas				
							de	Humedad	Rdto.	Coronta		Bráctea		
										campo	%	t. ha <sup>-1</sup>	%	mg. g <sup>-1</sup>
			F	M	Pta.	Mzca.								
101	1	1	87	86	34	42	8,71	43,85	5,17	5,76	<b>57,60</b>	7,70	<b>77,00</b>	
102	2	1	82	87	37	51	7,35	37,24	4,88	5,86	<b>58,60</b>	7,65	<b>76,50</b>	
103	3	1	91	87	32	45	6,14	25,61	4,83	7,40	<b>74,00</b>	6,04	<b>60,40</b>	
201	1	2	88	86	25	39	8,67	45,46	5,00	6,59	<b>65,90</b>	6,40	<b>64,00</b>	
202	3	2	87	83	36	42	6,09	20,23	5,14	6,43	<b>64,30</b>	5,74	<b>57,40</b>	
203	2	2	93	89	40	51	6,83	37,8	4,49	6,25	<b>62,50</b>	7,46	<b>74,60</b>	
301	3	3	86	83	40	49	6,66	23,25	5,40	7,60	<b>76,00</b>	7,25	<b>72,50</b>	
302	1	3	87	83	37	50	8,95	46,39	5,07	7,42	<b>74,20</b>	6,63	<b>66,30</b>	
303	2	3	89	86	31	41	7,08	39,56	4,52	6,80	<b>68,00</b>	7,33	<b>73,30</b>	
401	3	4	87	84	42	50	5,36	22,3	4,40	6,59	<b>65,90</b>	6,52	<b>65,20</b>	
402	2	4	90	84	37	47	7,98	36,83	5,33	6,05	<b>60,50</b>	7,03	<b>70,30</b>	
403	1	4	87	83	35	46	7,93	45,42	4,58	7,70	<b>77,00</b>	6,78	<b>67,80</b>	
501	2	5	88	84	42	49	8,54	35,46	5,83	5,48	<b>54,80</b>	7,40	<b>74,00</b>	
502	3	5	87	85	39	51	6,06	21,10	5,05	5,77	<b>57,70</b>	5,74	<b>57,40</b>	
503	1	5	91	85	39	53	8,65	49,29	4,64	7,24	<b>72,40</b>	5,99	<b>59,90</b>	

**Anexo 2. Cálculo de la mínima diferencia significativa (LSD) entre medias de antocianina en brácteas de maíz morado INIA 601**

$$LSD = t_{\alpha/2, df_{error}} \times \sqrt{\frac{2 \times MSE}{n}}$$

$$LSD = 2.306 \times \sqrt{\frac{2 \times 28.9563}{5}} \dots \dots \dots LSD = 7.58 \text{ mg. g}^{-1}$$

Datos del ANOVA:

MSE = **29.9563**

Raíz MSE = **5.1919**

Error gl = **8**

n = **5** repeticiones por tratamiento

t = **2.306** (para gl =8,  $\alpha = 0.05$ , bilateral)

### Anexo 3. Galería fotográfica.

**Figura 8**

*Prueba de germinación (96%)*



**Figura 9**

*Muestreo de suelo*



**Figura 10**

*Preparación y surcado de terreno*

**Figura 11**

*Siembra y primera fertilización*



**Figura 12**

*Desahije 17 días después de la siembra*

**Figura 13**

*Deshierbo químico (atrazina 150ml/15L /agua) y manual*



**Figura 14**

*Aporque y segunda fertilización*

**Figura 15**

*Colocación de cucuruchos y aplicación de aceite vegetal*



**Figura 16**

*Etiquetado de tratamientos en la parcela de investigación*

**Figura 17**

*Registro de datos biométricos en pre cosecha*



**Figura 18**

*Retiro de cucuruchos, labor de cosecha y carguío en sacos*

**Figura 19**

*Molienda, tamizado y empaque de coronta y bráctea*



**Figura 20**

*Extracción de antocianinas en laboratorio.*

**Figura 21**

*Clasificación de mazorcas y registro según grados de pudrición, T1.*



**Figura 22**

*Clasificación de mazorcas y registro según grados de pudrición, T2*

**Figura 23**

*Clasificación de mazorcas, T3*



**Figura 24**

*Cosecha en conjunto con el equipo técnico del P. Nacional de Maíz*

**Figura 25**

*Cosecha 15 días antes de madurez fisiológica*



**Figura 26**

*Cosecha en madurez fisiológica*

**Figura 27**

*Cosecha 15 días después de madurez fisiológica*



## Anexo 4. Hoja de certificación de empresa PRONEX S.A para análisis de antocianinas



**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ANTOCIANINAS EN CORONTA Y  
BRÁCTEA DE MAÍZ MORADO INIA 601**

Nº	IDENTIFICACIÓN			CONTENIDO DE ANTOCIANINAS (%)
	TRATAMIENTO	ESTRUCTURA	REPETICIÓN	
1	15 DÍAS ANTES DE MADUREZ FISIOLÓGICA	TUSA O CORONTA	I	5,76
2			II	6,59
3			III	7,42
4			IV	7,70
5			V	7,24
6		PANCA O BRÁCTEA	I	7,70
7			II	6,40
8			III	6,63
9			IV	6,78
10			V	5,99
11	EN MADUREZ FISIOLÓGICA	TUSA O CORONTA	I	5,86
12			II	6,25
13			III	6,80
14			IV	6,05
15			V	5,48
16		PANCA O BRÁCTEA	I	7,65
17			II	7,46
18			III	7,33
19			IV	7,03
20			V	7,40
21	15 DÍAS DESPUÉS DE MADUREZ FISIOLÓGICA	TUSA O CORONTA	I	7,40
22			II	6,43
23			III	7,60
24			IV	6,59
25			V	5,77
26		PANCA O BRÁCTEA	I	6,04
27			II	5,74
28			III	7,25
29			IV	6,52
30			V	5,74

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

**HEAD OFFICE & FACTORY:** Jr. Los Titanes 236, La Campiña, Chorrillos, Lima 9 - Perú  
Telephone: (51-1) 251-6630 (51-1) 251-6800 Fax: (51-1) 251-3696  
e-mail: pronex@pronex.com.pe

## Anexo 5. Resultado de análisis de fertilidad de suelo.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



## INFORME DE ENSAYO

N° 01075-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : PROGRAMA NACIONAL DE MAIZ  
 Propietario / Productor : PROGRAMA NACIONAL DE MAIZ  
 Dirección del cliente\* : JR. WIRACOCHA S/N - BAÑOS DEL INCA  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 01 muestras  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Procedencia de muestra(s)\* : EEA BAÑOS DEL INCA / BAÑOS INCA / CAJAMARCA / CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo\* : 18/10/2023  
 Fecha de recepción de muestra(s)\* : 06/11/2023  
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare - LABSAF Baños del Inca  
 Fecha(s) de análisis : 13/11/2023  
 Cotización del servicio : 384-23-BI  
 Fecha de emisión : 15/01/2024

### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1496-BI-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo*	18/10/2023					
Hora de inicio de Muestreo (h)*	11:15					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Lote 02					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH		0,1	7,4			
Acidez intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	—			
Aluminio intercambiable (**)	(Cmol/Kg)	0,5	—			
Carbonatos de Calcio equivalente (**)	%	0,5	1,5			
Materia Orgánica	%	0,1	4,4			
Fósforo disponible (**)	mg/kg	0,5	24,7			
Potasio disponible (**)	mg/kg	0,5	78			
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	9,0			



Firmado digitalmente por:  
 FLORIAN ALCANTARA  
 Avarante Nicolas FAU 20131385004  
 soft  
 Motivo: Por encargo  
 Fecha: 18/01/2024 10:51:46-0500

## INFORME DE ENSAYO

### N° 01075-24/SU/ LABSAF - BAÑOS DEL INCA

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH.
Conductividad Eléctrica	ISO 11265, First Edition, 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity
Acidez Intercambiable y Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29 AS-33 2000. Determinación de la Acidez y Aluminio Intercambiable
Carbonatos de Calcio equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29 2000. Determinación de Carbonatos de Calcio
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 Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10 AS-10 / ítem 7.1.11 AS-11, 2000. Determinación de Fósforo (Validado)
Potasio Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12 AS-12, 2000. Determinación de Potasio (Validado)

#### 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.
- El laboratorio no realizó el muestreo de suelos.
- Este documento es válido sólo 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
- Medición de C. e. realizada a 25 °C

(\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

(\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(\*\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el <LC. Por debajo del Límite de Cuantificación

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Mariela Cervantes Perilla - Responsable del laboratorio del LABSAF Baños del Inca.

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Firmado digitalmente por:  
 FLORIAN ALCANTARA  
 Acreditado con la Norma  
 Amaranite Nicolas FAU 20131365004  
 soft  
 Motivo: Por encargo  
 Fecha: 18/01/2024 10:51:58-0500

### 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	Modestamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos físicos mínimos
7.4 - 8.3	Modestamente alcalino	Existencia de carbonatos cálcicos. 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)

CLASIFICACIÓN	CE (mS/m)	Efectos
Normal	< 100	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Muy ligeramente salino	100 - 200	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Modestamente salino	200 - 400	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos.
Suelo salino	400 - 800	El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Fuertemente salino	800 - 1600	Sólo los cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Muy fuertemente salino	> 1600	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

Nota: 1 dS/m = 100 mS/m

#### MATERIA ORGÁNICA

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

#### FÓSFORO

Clasificación	mg/kg de P
Baja	<5.5
Medio	6.5 - 13
Alto	>13

#### CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

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

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

#### 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
Medio	5.0 - 10	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alto	>10	>3.0	>0.6

Nota: 1 Cmol/Kg = meq/100 g

#### SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Baja	< 35	Suelo muy ácido. Adecuado para agricultura tolerante.
Medio	35 - 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNA-T-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002)

### RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaL	ESTIERCOL
SU1486-BI-23	MAIZ BDA 501	100	50	60	-	1.50

#### PLAN DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra		Programa de Fertilización				
Urea		Siembra	Aporque			
		N				
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
		K <sub>2</sub> O				
Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque		Fuente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Azufre
Urea						

#### PLAN DE ABONO ORGÁNICO

Abonamiento Kg/Ha - Siembra
Incorporar Materia Orgánica Procesada

#### COMENTARIOS:

---



---



---



Firmado digitalmente por:  
 FLORIAN ALCANTARA  
 Asociado Técnico FAO/2013100504  
 rol  
 Motivo: Por encargo