

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

### ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



## TESIS

**“DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE  
ANTOCIANINAS EN TRES VARIEDADES DE MAÍZ MORADO  
(*Zea mays L.*) EN DOS PROVINCIAS DE LA REGIÓN CAJAMARCA”**

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

Presentado por el Bachiller:  
**OSCAR NILTON RAFAÉL MONTES VÁSQUEZ**

Asesores:

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

**CAJAMARCA - PERÚ**

**-2026-**

### CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Oscar Nilton Rafaél Montes Vásquez

DNI: 71874971

**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:** "DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN TRES VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays L.*) EN DOS PROVINCIAS DE LA REGIÓN CAJAMARCA"

7. **Fecha de evaluación:** 01/02/2026

8. **Software antiplagio:**  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)

9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 15%

10. **Código Documento:** oid: 3117:550931447

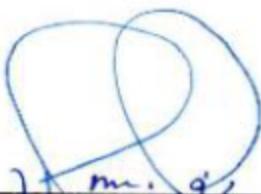
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 15%

APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O

DESAPROBADO

Fecha Emisión: 02/02/2026

*Firma y/o Sello  
Emisor Constancia*



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 veintidós días del mes de enero del año dos mil veintiséis, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 577-2025-FCA-UNC**, de fecha 15 de octubre del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: “**DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN TRES VARIEDADES DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN DOS PROVINCIAS DE LA REGIÓN CAJAMARCA**”, realizada por el Bachiller **OSCAR NILTON RAFAEL MONTES VÁSQUEZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

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

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia  
PRESIDENTE

Ing. José Lizandro Silva Mego  
SECRETARIO

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

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
ASESOR

Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos  
ASESORA

## DEDICATORIA

A mi madre Martha Vásquez Carranza  
quien ha sido el soporte y la fuerza constante en  
mi formación profesional.

A mis queridos hermanos quienes son  
el motivo de mi superación como profesional,  
y a mis familiares que me brindaron sus  
sabios consejos y me inculcaron por la senda  
de la justicia y verdad.

A mis amigos y amigas que en los  
tiempos difíciles estuvieron conmigo y me  
brindaron su amistad, apoyo incondicional,  
palabras de ánimo para convertir mis problemas  
en retos y mis miedos en fuerzas inagotables  
para alcanzar mis objetivos trazados.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y ser mi guía en el rumbo de este mundo, por enseñarme a levantarme de cada caída, superar cada obstáculo que se me presente y así alcanzar mis sueños trazados.

Al Ing. M.Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos, y al Dr. Wlifredo Poma Rojas por el asesoramiento, orientación, dedicación y valiosos aportes académicos brindados durante la realización de la presente tesis.

Asimismo, agradezco al ingeniero José Wilmer Manosalva Chugdén, por su apoyo y disposición para compartir sus conocimientos, los cuales fueron fundamentales para la culminación de este trabajo de investigación, a los docentes de la Facultad de Agronomía por los conocimientos impartidos y la formación académica recibida durante mi etapa universitaria y finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de la presente investigación.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el rendimiento de grano seco ( $t\ ha^{-1}$ ) y el contenido de antocianinas en coronta y bráctea de 3 variedades de maíz morado en dos provincias de la región Cajamarca. Se evaluaron las variedades INIA 601 ( $T_1$ ), Canteño ( $T_2$ ) y una Variedad Experimental de Maíz Morado (VEMM) ( $T_3$ ) en dos localidades: Tartar Chico (distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca) y Chala (distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc). Se empleó un diseño de bloques completos al azar con 5 repeticiones en cada localidad. Las variables evaluadas fueron el rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) y el contenido de antocianinas ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta y bráctea. Los resultados indicaron que las variedades INIA 601 ( $2.86\ t\ ha^{-1}$ ) y VEMM ( $2.7\ t\ ha^{-1}$ ) presentaron los mayores rendimientos, sin diferencias significativas entre ellas, mientras que Canteño obtuvo el menor rendimiento ( $1.65\ t\ ha^{-1}$ ). A nivel de localidades, Chala registró un rendimiento promedio superior ( $3.42\ t\ ha^{-1}$ ) en comparación con Tartar Chico ( $1.39\ t\ ha^{-1}$ ). En cuanto al contenido de antocianinas en la coronta, INIA 601 presentó la mayor concentración ( $54.35\ mg\ g^{-1}$ ), seguido de VEMM ( $45.54\ mg\ g^{-1}$ ) y Canteño ( $41.91\ mg\ g^{-1}$ ). La localidad de Chala mostró un mayor contenido de antocianinas en coronta con promedio de ( $57.68\ mg\ g^{-1}$ ) en comparación con Tartar Chico ( $36.85\ mg\ g^{-1}$ ). En la bráctea, INIA 601 también destacó con la mayor concentración de antocianinas ( $38.77\ mg\ g^{-1}$ ), superando a VEMM ( $18.15\ mg\ g^{-1}$ ) y Canteño ( $2.75\ mg\ g^{-1}$ ). En C.P. Chala se registró un contenido superior en contenido de antocianinas en bráctea con ( $22.65\ mg\ g^{-1}$ ) en comparación con Tartar Chico ( $17.13\ mg\ g^{-1}$ ).

*Palabras claves:* Antocianinas, maíz morado, pigmento morado, producción.

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the dry grain yield ( $t\ ha^{-1}$ ) and the content of anthocyanins in coronta and bracts of 3 purple corn varieties in two provinces of the Cajamarca region. The varieties evaluated were INIA 601 ( $T_1$ ), Canteño ( $T_2$ ), and an Experimental Purple Corn Variety (VEMM) ( $T_3$ ) in two locations: Tartar Chico (district of Los Baños del Inca, province of Cajamarca) and Chala (district of Bambamarca, province of Hualgayoc). A randomized complete block design with 5 repetitions in each location was used. The variables evaluated were yield ( $t\ ha^{-1}$ ) and anthocyanin content ( $mg\ g^{-1}$ ) in coronta and bracts. The results indicated that the varieties INIA 601 ( $2.86\ t\ ha^{-1}$ ) and VEMM ( $2.7\ t\ ha^{-1}$ ) presented the highest yields, with no significant differences between them, while Canteño showed the lowest yield ( $1.65\ t\ ha^{-1}$ ). At the location level, Chala registered a higher average yield ( $3.42\ t\ ha^{-1}$ ) compared to Tartar Chico ( $1.39\ t\ ha^{-1}$ ). Regarding the anthocyanin content in the coronta, INIA 601 showed the highest concentration ( $54.35\ mg\ g^{-1}$ ), followed by VEMM ( $45.54\ mg\ g^{-1}$ ) and Canteño ( $41.91\ mg\ g^{-1}$ ). The Chala locality showed a higher content of anthocyanins in coronta, with an average of  $57.68\ mg\ g^{-1}$  compared to Tartar Chico ( $36.85\ mg\ g^{-1}$ ). In the bracts, INIA 601 also stood out with the highest concentration of anthocyanins ( $38.77\ mg\ g^{-1}$ ), surpassing VEMM ( $18.15\ mg\ g^{-1}$ ) and Canteño ( $2.75\ mg\ g^{-1}$ ). In C.P. Chala, a higher content of anthocyanins in bracts was recorded ( $22.65\ mg\ g^{-1}$ ) compared to Tartar Chico ( $17.13\ mg\ g^{-1}$ ).

*Keywords:* Anthocyanins, purple corn, purple pigment, production.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>RESUMEN</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	v
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	vii
<b>ÍNDICE FIGURAS</b>	x
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	1
1.1        Descripción del problema	2
1.2        Formulación del problema	3
1.3        Justificación	3
1.3.1    Justificación científica	3
1.3.2    Justificación teórica – práctico	4
1.3.3    Justificación institucional y personal	4
1.4        Objetivos	5
1.5        Hipótesis	5
<b>CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA</b>	6
2.1        Antecedentes	6
2.1.1    A nivel internacional	6
2.1.2    A nivel nacional	6
2.1.3    A nivel local	7
2.2        Bases teóricas	10
2.2.1    Maíz amiláceo	10
2.2.2    Taxonomía del cultivo de maíz	10
2.2.3    Morfología	11
2.2.3.1  Sistema radicular	11
2.2.3.2  Tallo	11
2.2.3.3  Hojas	12
2.2.3.4  Inflorescencia masculina	12
2.2.3.5  Inflorescencia femenina	12
2.2.4    Bráctea o panca	12
2.2.5    Coronta o tusa	13
2.2.6    Maíz morado	13
2.2.7    Color del maíz morado	13
2.2.8    Variedades de maíz morado	14
2.2.8.1  INIA 601	14
2.2.8.2  Canteño	15
2.2.8.3  Variedad experimental de maíz morado	15
2.2.9    Rendimiento agrícola	16
2.2.10   Antocianinas	16
2.2.11   Propiedades funcionales de las antocianinas	16
2.2.12   Cuantificación de las antocianinas	17
2.2.13   Método de cuantificación de las antocianinas	17
2.2.14   Definición de términos	18
<b>CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS</b>	19
3.1        Ubicación	19

<b>3.2</b>	Materiales	<b>21</b>
<b>3.2.1</b>	Material genético	<b>21</b>
<b>3.2.2</b>	Agroquímicos	<b>21</b>
<b>3.2.3</b>	Materiales de campo	<b>21</b>
<b>3.2.4</b>	Materiales y equipos de laboratorio	<b>21</b>
<b>3.2.5</b>	Tipo de investigación	<b>22</b>
<b>3.2.6</b>	Población	<b>22</b>
<b>3.2.7</b>	Muestra	<b>22</b>
<b>3.2.8</b>	Características del experimento	<b>22</b>
<b>3.2.9</b>	Distribución de los tratamientos	<b>23</b>
<b>3.2.10</b>	Determinación de variables	<b>23</b>
<b>3.3</b>	Metodología	<b>24</b>
<b>3.3.1</b>	Conducción de los experimentos	<b>24</b>
<b>3.3.2</b>	Preparación de terreno	<b>24</b>
<b>3.3.3</b>	Siembra	<b>24</b>
<b>3.3.4</b>	Desahije	<b>24</b>
<b>3.3.5</b>	Control de malezas	<b>24</b>
<b>3.3.6</b>	Aporque y segunda fertilización	<b>25</b>
<b>3.3.7</b>	Control de plagas	<b>25</b>
<b>3.3.8</b>	Cosecha	<b>25</b>
<b>3.4</b>	Evaluación de datos biométricos	<b>25</b>
<b>3.4.1</b>	Peso de campo	<b>25</b>
<b>3.4.2</b>	Humedad de grano	<b>25</b>
<b>3.4.3</b>	Determinación de rendimiento	<b>26</b>
<b>3.4.3.1</b>	Preparación de muestras para laboratorio	<b>26</b>
<b>3.4.4</b>	Determinación de antocianinas	<b>27</b>
<b>3.4.4.1</b>	Método de Fulekis-Francis para la obtención de antocianinas	<b>27</b>
<b>3.4.4.2</b>	Variables a evaluar en antocianinas	<b>28</b>
<b>3.5</b>	Diseño experimental	<b>28</b>
<b>3.5.1</b>	Análisis de varianza	<b>28</b>
<b>3.6</b>	Análisis de datos	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>31</b>
<b>4.1</b>	Tartar Chico, distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca.	<b>31</b>
<b>4.2</b>	C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.	<b>40</b>
<b>4.3</b>	Análisis combinado de las dos localidades en estudio: Tartar Chico, distrito de Los Baños del Inca y C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>61</b>
<b>5.1</b>	Conclusiones	<b>61</b>
<b>5.2</b>	Recomendaciones	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>62</b>
<b>CAPÍTULO VII: ANEXOS</b>		<b>66</b>
<b>7.1</b>	Datos de evaluaciones	<b>66</b>
<b>7.2</b>	Promedio, prueba de supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia.	<b>67</b>
<b>7.3</b>	Fotografías del desarrollo del trabajo de investigación	<b>76</b>
<b>7.4</b>	Ánálisis de suelo	<b>84</b>
<b>7.5</b>	Tablas climatológicas	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	Tratamientos utilizados en el trabajo experimental	21
2	Análisis de varianza para el diseño bloques completos al azar, para cada localidad	28
3	Análisis de varianza para el diseño en bloques completos randomizados a través de localidades	29
4	Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	31
5	Promedio del rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de <i>Tartar Chico – Baños del Inca</i>	32
6	Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	33
7	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en coronta $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	34
8	Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en bráctea ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	37
9	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de los tratamientos (variedades) en contenido de antocianinas en bráctea $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	38
10	Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	40
11	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 %) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	41
12	Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	43
13	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en coronta $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	44
14	Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en bráctea ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en la localidad de C.P Chala - Bambamarca	46
15	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en bráctea $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	47
16	Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio	48
17	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de los tres tratamientos (variedades) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio	49
18	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de las dos localidades en estudio combinado, para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ )	51
19	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para la interacción rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) * localidad, combinado para las dos localidades en estudio	52
20	Análisis varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) combinado en las dos localidades en estudio	54
21	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para los tratamientos (variedades) en la interacción contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) * localidad, combinado para las dos localidades en estudio.	55

22	comparaciones múltiples con Tukey 5 % de las dos localidades para contenido de antocianinas en coronta (mg g <sup>-1</sup> )	57
23	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para la interacción contenido de antocianinas en coronta (mg g <sup>-1</sup> ) * localidad, combinado para las dos localidades en estudio	58
24	Analís varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en bráctea (mg·g <sup>-1</sup> ) combinado de las dos localidades en estudio.	60
25	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para contenido de antocianinas en bráctea (mg g <sup>-1</sup> ) combinado de las dos localidades en estudio	61
26	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para contenido de antocianinas en bráctea (mg g <sup>-1</sup> ), combinado para las dos localidades en estudio	63
27	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para la interacción de contenido de antocianinas en bráctea (mg g <sup>-1</sup> ) * localidad, combinado para las dos localidades en estudio	63
28	Libro de campo de toma de datos de las 2 localidades en estudio.	66
29	Promedio de rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	67
30	Prueba de supuestos de normalidad para datos de rendimiento t ha <sup>-1</sup> en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	67
31	Prueba de supuestos de homogeneidad para rendimiento t ha <sup>-1</sup> en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	67
32	Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento t ha <sup>-1</sup> en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	67
33	Promedio de contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	68
34	Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	68
35	Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	68
36	Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	68
37	Promedio de contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	69
38	Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	69
39	Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	69
40	Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina (mg g <sup>-1</sup> ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca	69
41	Promedio de rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	70
42	Prueba de supuestos de normalidad para datos de rendimiento t ha <sup>-1</sup> en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	70
43	Prueba de supuestos de homogeneidad para rendimiento t ha <sup>-1</sup> en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	70
44	Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento t ha <sup>-1</sup> en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	70

45	Promedio de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	71
46	Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	71
47	Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	71
48	Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	71
49	Promedio de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	72
50	Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	72
51	Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	72
52	Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	72
53	Promedio combinado de rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio	73
54	Prueba de supuestos de normalidad combinado para rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio	73
55	Prueba de supuestos de homogeneidad combinado para rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio	73
56	Prueba de independencia Durbin – Watson, combinado para rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio	73
57	Promedio combinado de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio	74
58	Promedio de supuestos combinado de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio	74
59	Prueba de supuestos de homogeneidad combinado para el contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio	74
60	Prueba de independencia Durbin – Watson, combinado para el contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio	74
61	Promedio combinado de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio	75
62	Prueba de supuestos de normalidad combinado de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio	75
63	Prueba de supuestos de homogeneidad combinado de contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio	75
64	Prueba de independencia Durbin – Watson, combinado para contenido de antocianina ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Ubicación de las dos parcelas experimentales	20
2	Distribución de los tratamientos. (Cada parcela tuvo su propia randomización)	23
3	Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en coronta $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	34
4	Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en bráctea $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca	35
5	Histograma de los tratamientos (variedades) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca	38
6	Histograma para los tratamientos en contenido de antocianinas en coronta $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	44
7	Histograma de los tratamientos en contenido de antocianinas en bráctea $\text{mg g}^{-1}$ en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca	47
8	Histograma de los tres tratamientos (variedades) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio	50
9	Histograma para la interacción tratamiento * localidad para la variable rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio	52
10	Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) combinado en las dos localidades en estudio	56
11	Histograma para la interacción tratamiento * localidad para la variable contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) * localidad, combinado para las dos localidades en estudio	58
12	Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en bráctea ( $\text{mg g}^{-1}$ ) combinado de las dos localidades en estudio	61
13	Histograma para los tratamientos (variedades) en la interacción contenido de antocianinas en bráctea ( $\text{mg g}^{-1}$ ) * localidad, combinado para las dos localidades en estudio	64
14	Desterronado y preparación de terreno	76
15	Siembra y primera fertilización (NPK)	76
16	Deshierbo manual a los 20 días posterior a la siembra	77
17	Parcela completamente deshierbada	77
18	Aporque y segunda fertilización en parcela experimental	78
19	Elaboración de etiquetas para identificación de tratamientos	78
20	Etiquetado de parcela experimental	79
21	Evaluaciones biométricas pre cosecha	79
22	Cosecha, despancado y pesado de mazorcas	80
23	Cosecha de maíz morado al evidenciar madurez fisiológica	80
24	Despanque y pesado de mazorcas	81
25	Selección de mazorcas por tratamiento y repetición	81
26	Picado de brácteas para determinación de antocianinas	82

<b>27</b>	Muestra de coronta y bráctea molidas e identificadas para laboratorio	<b>82</b>
<b>28</b>	Trabajos en laboratorio para determinación de antocianinas en coronta y bráctea	<b>83</b>
<b>28</b>	Calentado de muestras para diluir pigmento de maíz morado	<b>83</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Datos de evaluaciones	<b>66</b>
<b>2</b>	Promedio, prueba de supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia.	<b>67</b>
<b>3</b>	Fotografías del desarrollo del trabajo de investigación	<b>76</b>
<b>4</b>	Ánálisis de suelo	<b>84</b>
<b>5</b>	Tablas climatológicas	<b>88</b>

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cultivo emblemático del Perú, valorado no solo por su uso en la gastronomía y la industria alimentaria, sino también por su alto contenido de antocianinas, compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectoras (Khoo et al., 2017). Estas características han incrementado la demanda de este grano tanto en el mercado nacional como internacional. Sin embargo, la producción en la región Cajamarca enfrenta desafíos debido a la variabilidad en el rendimiento y contenido de antocianinas entre las diferentes variedades, lo que dificulta la selección del material genético más adecuado para condiciones agroecológicas específicas.

Factores ambientales como la temperatura, la radiación solar y la altitud influyen significativamente en la biosíntesis de antocianinas, lo que genera variabilidad en su concentración dentro de un mismo cultivo (RedAgricola, 2024). En este contexto, la evaluación de diferentes variedades en distintas provincias permite identificar aquellas con mayor potencial productivo y concentración de antocianinas. No obstante, en la región Cajamarca, existe una carencia de estudios comparativos que analicen el rendimiento y el contenido de antocianinas en distintas variedades de maíz morado bajo condiciones locales.

La presente investigación tiene como objetivo determinar el rendimiento y contenido de antocianinas de tres variedades de maíz morado en dos provincias de la región Cajamarca. Los resultados contribuirán al conocimiento científico sobre el comportamiento de estas variedades en diferentes ambientes, proporcionando información clave para los agricultores, investigadores y sectores agroindustriales interesados en la optimización del cultivo. Además, este estudio es respaldado por la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) con apoyo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), reforzando su compromiso con el desarrollo de tecnologías y estrategias para mejorar la producción de maíz morado en el país.

## 1.1 Descripción del problema

El maíz morado (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran relevancia en el Perú, especialmente valorado por su alto contenido de antocianinas, pigmentos naturales con propiedades importantes para la salud, como antioxidantes (Khoo et al., 2017) y múltiples aplicaciones en las industrias alimentaria y farmacéutica. A pesar de la creciente demanda, la producción de maíz morado ha mostrado un crecimiento limitado en los últimos años. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), la producción nacional de maíz morado aumentó de 18,0 mil toneladas en 2014 a 24,6 mil toneladas en 2020, lo que indica un crecimiento en comparación con otros cultivos (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2021).

Las empresas demandan este pigmento natural para diversos usos; sin embargo, los productores de la región Cajamarca a menudo no logran satisfacer la alta demanda de este cultivo. Una de las principales limitantes en la región es la falta de información específica sobre el rendimiento y el contenido de antocianinas en distintas variedades de maíz morado bajo diversas condiciones agroecológicas; factores ambientales como la temperatura y la luminosidad influyen significativamente en la biosíntesis de antocianinas (RedAgricola, 2024). Sin embargo, en la región Cajamarca, no se ha evaluado exhaustivamente cómo estas variables afectan a distintas variedades de maíz morado.

La falta de un mapeo de estudios comparativos que analicen el rendimiento y el contenido de antocianinas de diversas variedades en diferentes provincias de Cajamarca limita la capacidad de los agricultores para seleccionar la variedad más adecuada para sus condiciones locales. Esta información es crucial para optimizar la producción y mejorar la calidad del maíz morado, contribuyendo así a satisfacer la demanda creciente y a promover el desarrollo económico regional.

Por lo tanto, esta investigación se propone determinar el rendimiento y el contenido de antocianinas en tres variedades de maíz morado cultivadas en dos provincias de la región Cajamarca. Los resultados proporcionarán datos valiosos para los productores locales,

permitiéndoles tomar decisiones informadas sobre las variedades más adecuadas para sus condiciones específicas y, en última instancia, mejorar la competitividad del maíz morado en el mercado nacional e internacional. Frente a lo descrito se formula la siguiente interrogante.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el rendimiento en grano seco ( $t\ ha^{-1}$ ) y contenido de antocianinas en coronta y bráctea de las variedades de maíz morado en estudio en dos localidades de las provincias de Cajamarca y Hualgayoc en la región Cajamarca?

## **1.3 Justificación**

### **1.3.1 Justificación científica:**

El maíz morado (*Zea mays L.*) es reconocido por su alto contenido de antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes que ofrecen beneficios para la salud humana, como efectos anticancerígenos, antitumorales y antiinflamatorios (Khoo et al., 2017). Sin embargo, la producción y concentración de estas antocianinas pueden variar significativamente según la variedad de maíz y las condiciones agroecológicas en las que se cultiva. Estudios han demostrado que factores ambientales, como la temperatura y la luminosidad, influyen en la biosíntesis de antocianinas (RedAgricola, 2024). No obstante, existe una carencia de investigaciones que analicen comparativamente el rendimiento y el contenido de antocianinas de diferentes variedades de maíz morado en diversas provincias de la región Cajamarca. Esta investigación busca llenar ese vacío, proporcionando datos científicos que orienten a los agricultores en la selección de variedades óptimas para maximizar tanto la producción como la calidad nutracéutica del maíz morado en esta región.

### **1.3.2 Justificación teórico - práctica:**

Comprender cómo diferentes variedades de maíz morado responden a las condiciones específicas de las provincias de Cajamarca es esencial para desarrollar estrategias agrícolas eficientes. Los resultados permitirán a los productores locales identificar las variedades más adecuadas para sus parcelas, optimizando la productividad. Además, al incrementar la producción de maíz morado con alto contenido de antocianinas, se potenciará la oferta de este producto en mercados nacionales e internacionales, respondiendo a la creciente demanda de alimentos funcionales y nutracéuticos.

### **1.3.3 Justificación institucional y personal:**

Esta investigación se desarrolla en la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) con el respaldo del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), entidades comprometidas con el fortalecimiento del sector agrícola y la mejora de cultivos nativos. A nivel institucional, los resultados podrán contribuir a programas de mejoramiento genético y promoción del maíz morado en la región. Desde una perspectiva personal, esta investigación representa una oportunidad para aplicar conocimientos científicos en la solución de problemas agrarios locales, fortaleciendo la vinculación entre la academia y los productores rurales.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el rendimiento de grano seco ( $t ha^{-1}$ ) y contenido de antocianinas en coronta y bráctea de tres variedades de maíz morado, en dos provincias de la región Cajamarca.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Evaluar el rendimiento de grano seco ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) de tres variedades de maíz morado, en dos provincias de la región Cajamarca.

Determinar el contenido de antocianinas en coronta de las tres variedades de maíz morado, en dos provincias de la región Cajamarca.

Determinar el contenido de antocianinas en bráctea de las tres variedades de maíz morado, en dos provincias de la región Cajamarca.

#### **1.5 Hipótesis**

Existe una variedad de maíz morado que muestra un mayor rendimiento de grano seco ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) y contenido de antocianinas en la coronta y bráctea en comparación con las otras dos variedades en ambas provincias de la región Cajamarca.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. A nivel internacional**

Salinas et al. (2021) realizaron su estudio en México donde evaluaron germoplasma de maíz con grano morado nacional (13 accesiones) y exótico (20 accesiones de Perú, 13 de Ecuador y dos de Costa Rica), y como testigos las poblaciones de maíz morado (MCP) y Negro Ixtenco, con el objeto de identificar accesiones con alto contenido de antocianinas para formar variedades mejoradas para extracción de pigmentos. Las accesiones exóticas de Ecuador y Perú tuvieron ciclo de madurez, sanidad de planta, altura de planta y mazorca, y tolerancia al acame similar a las accesiones nativas de México. El pigmento en el grano de las accesiones exóticas se ubicó en el pericarpio y en las nacionales en pericarpio y capa de aleurona. La relación entre el CATp y el CATg fue positiva y más precisa cuando las antocianinas se encontraron sólo en el pericarpio que en pericarpio y capa de aleurona. Las poblaciones con mayor contenido de antocianinas tanto en pericarpio como en grano entero fueron las originarias de Ecuador y Perú (Salinas, et al., 2021).

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

Castañeda (2016) en su estudio realizado en Lima – Perú. evaluó el efecto de tres láminas de riego (L1: 420 mm, L2: 340 mm y L3: 260 mm) en el rendimiento y contenido de antocianinas de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). El objetivo fue determinar el rendimiento y la concentración de antocianinas en las distintas variedades de maíz bajo las diferentes láminas de riego. Utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), los resultados indicaron que la lámina de riego L1 (420 mm) generó el mayor rendimiento comercial de mazorcas (9,182 kg ha<sup>-1</sup>), superando en un 30.9% a L3 (7,013 kg ha<sup>-1</sup>), y alcanzó la mayor

concentración de antocianinas en las brácteas ( $717.1 \text{ mg g}^{-1}$ ), incrementando un 15.2% respecto a L2 ( $622.6 \text{ mg g}^{-1}$ ) y un 30.6% respecto a L3 ( $549.2 \text{ mg g}^{-1}$ ). En cuanto a las corontas, la concentración de antocianinas fue de  $660.3 \text{ mg g}^{-1}$  para L1, superior en un 18.5% a L2 ( $558.9 \text{ mg g}^{-1}$ ) y un 28.7% a L3 ( $513.2 \text{ mg g}^{-1}$ ). Entre las variedades de maíz, INIA-615 Negro Canaan destacó con el mayor rendimiento ( $8,241 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mientras que Canteño presentó la mayor concentración de antocianinas en las brácteas ( $642.6 \text{ mg g}^{-1}$ ) y en las corontas ( $590.4 \text{ mg g}^{-1}$ ), aunque no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos. Este estudio es relevante para la tesis en cuestión, pues permite comparar el comportamiento de las variedades en condiciones de riego, y proporciona una base sólida para evaluar el impacto de las condiciones ambientales en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado en distintas localidades.

El MIDAGRI (2019) menciona que el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) llevó a cabo una investigación sobre la variedad de maíz morado INIA-601, la cual fue galardonada con el premio SUMMUM a la Mejor Investigación Agrícola del 2019. Este estudio permitió identificar que dicha variedad presenta un mayor contenido de antocianinas en comparación con otras variedades en la región Cajamarca, lo que le otorga propiedades antioxidantes y beneficios para la salud. Además, se determinó que el INIA-601 posee un rendimiento superior, alcanzando hasta 5.2 toneladas por hectárea, frente a las 3.5 toneladas de otras variedades. La investigación se realizó durante dos años, evaluando el rendimiento y la concentración de antocianinas de seis variedades en diferentes pisos altitudinales.

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

En el estudio de Rabanal y Medina (2022), evaluaron el potencial de tres cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en cuatro localidades de Cajamarca, Perú, con el objetivo de

identificar variedades que combinen alto rendimiento agrícola y elevado contenido de antocianinas. Los resultados destacaron que el cultivar INIA-601 alcanzó el mayor rendimiento de grano ( $4.38 \text{ t ha}^{-1}$ ) y la mayor concentración de antocianinas en olate ( $7.9 \text{ mg g}^{-1}$ ) y brácteas ( $4.53 \text{ mg g}^{-1}$ ), seguido por el cultivar MM ( $3.75 \text{ t ha}^{-1}$  y  $7.2/2.1 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente), siendo la localidad de Chala el ambiente más favorable. Estos hallazgos sugieren que ambas variedades podrían optimizar la rentabilidad para los agricultores al integrar productividad y calidad nutracéutica en la región.

En su estudio realizado en el año 2024, Muñoz y Díaz (2024) evaluaron el rendimiento y el contenido de antocianinas en tres variedades de maíz morado en dos localidades de la región Cajamarca: Centro Poblado de Yatún y Fundo La Peña. El objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento agronómico y la concentración de antocianinas en las corontas y brácteas bajo diferentes condiciones agroecológicas. Para ello, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA) con tres repeticiones, considerando tres tratamientos para la fertilización (baja, media y alta) en ambas localidades. Los resultados mostraron que la variedad INIA-601 obtuvo el mayor rendimiento en ambas localidades, alcanzando un rendimiento de  $6,487 \text{ kg ha}^{-1}$  en La Peña y  $6,871 \text{ kg ha}^{-1}$  en Yatún. En cuanto al contenido de antocianinas, la variedad Canteño destacó con una concentración de 2.27% en corontas en La Peña, mientras que en Yatún, la variedad INIA-601 presentó la mayor concentración en corontas ( $17.7 \text{ mg g}^{-1}$ ) y brácteas (3.03%). El estudio concluyó que tanto el rendimiento como el contenido de antocianinas fueron influenciados positivamente por las condiciones de riego y fertilización, especialmente en la variedad INIA-601. Este estudio es relevante para la presente investigación, debido que se evalúan el rendimiento y la concentración de antocianinas en varias variedades de maíz morado.

Moya Iglesias (2024) En su estudio realizado en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca, evaluó el rendimiento y el contenido de antocianinas de seis variedades de maíz morado en tres campañas agrícolas consecutivas. El objetivo principal de la investigación fue determinar qué variedad de maíz morado presenta mayor rendimiento y concentración de antocianinas en corontas y brácteas, con el fin de recomendar la mejor opción para los productores locales. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron que la variedad *INIA 601* tuvo el mayor rendimiento con un promedio de  $3.9 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que la variedad *Canteño* presentó el menor rendimiento con  $1.8 \text{ t ha}^{-1}$ . En cuanto al contenido de antocianinas en corontas, la variedad *UNC 47* se destacó con  $67.23 \text{ mg g}^{-1}$ , y en brácteas, la variedad *INIA 601* presentó el mayor contenido con  $17.7 \text{ mg g}^{-1}$ . La investigación concluyó que *INIA 601* es la variedad con mejor rendimiento, mientras que *UNC 47* destacó en la concentración de antocianinas en corontas. Este estudio es relevante para mi investigación, ya que también se evalúa el rendimiento y el contenido de antocianinas en diferentes variedades de maíz morado. Sin embargo, mi tesis abarca el análisis de tres variedades en dos localidades adicionales, lo que proporcionará una visión más completa de las condiciones que afectan el rendimiento y la calidad del maíz morado.

Ramos (2024) realizó un estudio en la Estación Experimental Baños del Inca del INIA evaluó el efecto de campos magnéticos en semillas de maíz morado variedad INIA 601. Se compararon dos tratamientos: campo magnético estático (40 mT) (T1) y campo magnético pulsado (8 mT por 30 min) (T2), y un testigo absoluto (T3). Se analizaron el rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) obteniendo T1 ( $4.94 \text{ t ha}^{-1}$ ), T2 ( $4.67 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el testigo ( $4.49 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el contenido de antocianinas ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en coronta y bráctea. Los resultados indicaron que, en bráctea, el campo magnético estático mostró un incremento significativo en el contenido de antocianinas ( $89.48 \text{ mg g}^{-1}$ ), superando al testigo ( $76.72 \text{ mg g}^{-1}$ ) y al campo magnético pulsado ( $71.28 \text{ mg g}^{-1}$ ). Estos

hallazgos sugieren que la aplicación de campos magnéticos puede influir en la acumulación de compuestos bioactivos en brácteas, sin afectar el rendimiento del cultivo.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Maíz amiláceo**

El maíz amiláceo, según el Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI, 2020), se refiere a un grupo de variedades de maíz que destacan por presentar granos de textura harinosa, blandos y suaves, con tonalidades que varían entre blanco, morado y amarillo. Entre sus razas más representativas se encuentran el Cusco, Paro, Piscorunto, Huancavelicano, Kculli, Chullpi, Confitemorocco y San Gerónimo. Este tipo de maíz, al ser cosechado en estado seco, se emplea principalmente para preparaciones tradicionales como chicha morada, postres de maíz morado, la cancha (tostado) o el mote (sancochado). Por otro lado, cuando se recolecta en estado tierno (verde), se consume como choclo ambos consumidos directamente sin procesamiento industrial. Sin embargo, las potencialidades industriales del maíz morado son diversos (MINAGRI, 2020).

### **2.2.2 Taxonomía del cultivo de maíz**

Según Linneo (1753), en su publicación *Philosophia Botánica* refirió la siguiente clasificación taxonómica del maíz:

Reino	:	Plantae
Subdivisión	:	Magnoliophyta
Clase	:	Angiosperma
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae

Subfamilia	:	Panicoideae
Tribu	:	Andropogoneae
Subtribu	:	Tripsacinae
Género	:	<i>Zea</i>
Especie	:	<i>Zea mays</i> L.

### **2.2.3 Morfología**

#### **2.2.3.1 Sistema Radicular**

El sistema radicular del maíz (*Zea mays* L.) está compuesto por raíces primarias (seminales) que emergen durante la germinación y raíces adventicias (nodales) que se desarrollan a partir de los nudos inferiores del tallo. Estas raíces secundarias forman una red densa que absorbe agua y nutrientes, y brinda anclaje a la planta (International Maize and Wheat Improvement Center [CIMMYT], 2020).

#### **2.2.3.2 Tallo**

El tallo del maíz es cilíndrico, erecto y segmentado en nudos y entrenudos. Su altura varía entre 1.5 y 3 metros, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales. Funciona como soporte mecánico para las hojas y las inflorescencias, además de transportar agua y nutrientes (CIMMYT, 2020).

Es cilíndrico y hueco (constituido de un tejido suberoso o tipo corcho), proporciona soporte a la planta, transporta nutrientes y almacena carbohidratos. Está formado por nudos y entrenudos que varían entre 20 a 30, según la variedad (Figura 6A). La formación de los nudos y entrenudos ocurre en la etapa inicial de crecimiento y desarrollo de la plántula; el crecimiento del tallo se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos, por esta razón en

ambientes desfavorables como el de una sequía, este alargamiento es limitado reduciéndose el tamaño final de la planta (INIA, 2020).

### **2.3.3        Hojas**

Las hojas del maíz son alternas, lanceoladas y envainadoras. Cada hoja está compuesta por una lámina plana, una vaina que rodea el tallo y una ligula membranosa en la unión entre ambas estructuras. Estas hojas son clave para la fotosíntesis y la transpiración (Abendroth et al., 2021).

### **2.2.3.4 Inflorescencia masculina**

La inflorescencia masculina, llamada *tassel*, se ubica en el ápice del tallo. Está formada por ramas laterales que contienen espiguillas con estambres, los cuales liberan polen al madurar. Este polen es esencial para la fecundación de los óvulos en la inflorescencia femenina (Freeling & Walbot, 2022).

### **2.2.3.5 Inflorescencia femenina**

La espiga (*ear*) se desarrolla en las axilas de las hojas medias y está compuesta por un eje central (*coronta*) donde se disponen los óvulos en hileras. Estos óvulos, una vez fecundados, se transforman en granos. La espiga está protegida por brácteas modificadas llamadas chala (CIMMYT, 2020).

### **2.2.4    Bráctea o panca**

La panca o bráctea del maíz (*Zea mays L.*) se define botánicamente como un conjunto de hojas modificadas o especializadas que envuelven y protegen la inflorescencia femenina (la mazorca) durante su desarrollo. Estas estructuras se originan en los nudos de las ramas laterales y cumplen la función crítica de resguardar los granos y los estilos (estigmas o "barba de choclo")

contra factores ambientales, insectos y patógenos. A diferencia de las hojas del follaje común, las brácteas de la mazorca presentan variaciones en su textura y forma, adaptándose para cubrir estrechamente el eje floral. En el ámbito agrícola y gastronómico de diversos países andinos, este material es conocido comúnmente como "panca" (Canadian Food Inspection Agency [CFIA], 2021)

#### **2.2.5 Coronta o tusa**

La coronta, también conocida como tusa, es el raquis o eje central de la mazorca de maíz (*Zea mays*) que sostiene los granos. Después de desgranada la mazorca, la coronta queda como un residuo que ha encontrado diversos usos tradicionales y contemporáneos (RAE, 2024).

#### **2.2.6 Maíz morado**

Perú posee una amplia diversidad de cultivares de maíz, entre los que se encuentran variedades locales tradicionales como el Canteño, Cuzco, Caraz, Arequipeño y Negro de Junín. A estos se suman cultivares desarrollados por instituciones de investigación, como el INIA-601 e INIA-615 Negro Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), y el maíz experimental MM. Además, la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) ha aportado variedades como el PM-581 y PM-582 (INIA, 2020; UNALM, 2019). (Manrique, 1997; Pedraza et al., 2017). El maíz morado es el único en el mundo por presentar granos, oplete y brácteas de color morado a negro debido a la cantidad y tipo de antocianinas que poseen.

#### **2.2.7 Color del maíz morado:**

El color púrpura de la planta, la corona y la cáscara del grano de maíz es el resultado del trabajo complejo de muchos genes ubicados en diferentes cromosomas, lo que da como

resultado la formación de pigmentos de antocianina de diferentes colores, con el mismo pigmento unido. Forman púrpura (combinación de pigmentos rojos y azules) (Manrique, 2000).

## **2.2.8 Variedades de maíz morado**

### **2.2.8.1 INIA 601**

La Sierra peruana se caracteriza por su amplia diversidad de maíces con potencial industrial y de exportación, destacando el maíz morado, variedad reconocida por su pigmentación oscura en granos y coronta (ejemplo: Kulli, Cusco Morado, Morado Canteño). Este maíz, valorado por sus atributos nutracéuticos y antioxidantes, ha incrementado su demanda tanto en mercados locales como internacionales. La intensidad del color está condicionada por la interacción de múltiples genes, lo que históricamente ha representado un desafío para su incorporación en variedades de alto rendimiento y adaptabilidad. No obstante, la Estación Experimental Agraria (EEA) Baños del Inca desarrolló la variedad INIA 601, que combina eficientemente coloración, productividad y adaptación ambiental. Con una inversión moderada y manejo agronómico adecuado, los agricultores pueden obtener beneficios económicos adicionales al cultivar esta variedad (Narro y Piña, 2021).

La variedad de maíz INIA 601, desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú, está diseñada para adaptarse a las condiciones agroclimáticas de la Sierra y otros valles interandinos. Esta variedad destaca por su alto rendimiento, resistencia a enfermedades comunes como la roya (*Puccinia sorghi*) y tolerancia a factores adversos como heladas moderadas y sequías estacionales. Su ciclo vegetativo oscila entre 180 y 210 días, dependiendo de la altitud (entre 2,500 y 3,500 msnm), y produce mazorcas con granos de coloración morada o negra, ricos en antocianinas, compuestos asociados a beneficios antioxidantes y nutracéuticos (INIA, 2004).

El INIA 601 es resultado de programas de mejoramiento genético enfocados en combinar productividad con calidad nutricional, lo que lo convierte en una opción viable para agricultores

que buscan diversificar sus cultivos con fines comerciales. Además de su uso tradicional en preparaciones como la cancha o el mote, su potencial industrial (ejemplo: colorantes naturales) lo posiciona como un producto atractivo para mercados nacionales e internacionales. El INIA recomienda prácticas de manejo como siembra en surcos distanciados a 80 cm, fertilización balanceada y control integrado de plagas para maximizar su rendimiento, que puede alcanzar hasta 4.5 toneladas por hectárea bajo condiciones óptimas (INIA, 2004).

#### **2.2.8.2 Canteño**

Es una variedad nativa de 1,80 a 2,50 m de altura, con una precocidad de 110 a 120 días a la floración. Presenta plantas con tallo, hojas, panojas y barbas de color púrpura o morado y caracterizado por que, en las mazorcas, las tuzas o marlos presentan una fuerte concentración de pigmentos de color morado tanto en el exterior como en su interior, al igual que el pericarpio de los granos. Los granos son planos y presentan endospermo blanco amiláceo. Las mazorcas, son cilindro-cónicas de 15 cm de longitud y 5 cm de diámetro, con 8 a 14 hileras. Se le cultiva entre los 500 a 2 400 msnm, en la costa central del departamento de Lima, en especial en las provincias de Canta y Lima, así como en Caraz departamento de Ancash. (Manrique, 2000).

Sevilla y Valdez (1985), mencionan que la variedad Canteño derivada de la raza Cuzco, con características muy similares a la raza Cuzco Morado. Es más precoz y se cultiva en muchos lugares en la Sierra del Perú, especialmente en las partes altas del valle del Chillón del departamento de Lima hasta los 2 500 m s.n.m., es la variedad que más se consume en el mercado de Lima se desarrolla bien entre los 1800 a 2500 m s.n.m.

#### **2.2.8.3 Variedad experimental de maíz morado**

Variedad experimental (no liberada aun como variedad) del Instituto Nacional de Innovación Agraria, la cual en las pruebas de adaptabilidad y eficiencia presenta buen desarrollo en la parte sierra norte del Perú (INIA, 2021).

## **2.2.9 Rendimiento agrícola**

El rendimiento de un cultivo en kilogramos por hectárea ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) es la medida de la productividad del cultivo por unidad de área más utilizado (Camacho et al., 2020).

El rendimiento de los cultivos es la medida utilizada para determinar la cantidad de producción agrícola cosechada por unidad de superficie de tierra. En otras palabras, el rendimiento del cultivo se refiere a la cantidad de cultivo que se produce realmente y determina la eficiencia con la que se utiliza la tierra para producir estos cultivos (REDEKOP, 2025).

Según la revista Hayes (2024), para estimar el rendimiento del cultivo, los productores suelen contar la cantidad de un cultivo dado cosechado en un área de muestra representativa. El cultivo cosechado se pesa y el rendimiento del cultivo de todo el campo se extrae de la muestra. Hay muchas herramientas diferentes que se utilizan para recopilar datos de rendimiento.

## **2.2.10 Antocianinas**

Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles de tonalidad roja que se encuentran ampliamente en el reino vegetal. Desde el punto de vista químico, corresponden a glucósidos derivados de las antocianidinas, lo que implica que están formadas por una molécula de antocianidina, denominada aglicona, unida a un azúcar mediante un enlace  $\beta$ -glucosídico. La base estructural de estas agliconas es el ión flavilio (Badui, 2006).

## **2.2.11 Propiedades funcionales de las antocianinas**

Las antocianinas, término que se utiliza para referirse tanto a las antocianidinas (agliconas o geninas) como a sus glucósidos, son compuestos polifenólicos naturales responsables de la pigmentación en diversas frutas, flores e incluso algunas hortalizas. Se han identificado 12 antocianidinas en cultivos como arandanos, maíz morado, vegetales, etc., siendo de estas antocianidinas las más relevantes la cianidina, delfinidina, pelargonidina, peonidina,

malvidina y petunidina. Estas antocianidinas son las encargadas de generar una amplia gama de colores que abarca desde el rojo hasta el azul y el violeta (Aguilera, 2011).

Diversos estudios han indicado que las antocianinas pueden desempeñar un papel en la prevención del cáncer, ya que tienen la capacidad de inhibir la transformación celular mediante el bloqueo de proteínas quinasas activadas por mitógenos y la supresión de la expresión de proteínas activadoras. Además, contribuyen a la reducción de la inflamación al interferir con factores que favorecen la metástasis y pueden inducir la apoptosis en células cancerosas (Khoo et al., 2017).

### **2.2.12 Cuantificación de antocianinas**

Existen diferentes métodos de determinación de antocianinas en matrices alimenticias. La espectroscopía de UV-Vis es el método más utilizado para cuantificar antocianinas totales a una longitud de onda de 465 a 550 nm (He y Giusti, 2010).

### **2.2.13 Método de cuantificación de antocianinas**

Técnica basada en espectrofotometría UV-Vis (método pH diferencial) para medir la concentración de antocianinas en muestras vegetales (Lee et al., 2005).

En el Perú, la extracción más utilizada es la de sólido-líquido, empleando solventes como etanol, agua o sus combinaciones, a veces con acidulación en distintas concentraciones, proporciones, temperaturas y tiempos de agitación constante. Para la obtención de antocianinas, se utilizan solventes como etanol, metanol y agua, los cuales pueden acidularse con ácido cítrico al 1% o HCl 0.1 M. El etanol suele ser preferido debido a su baja toxicidad y su uso en ensayos alimenticios o clínicos. Sin embargo, una alta concentración de ácido puede provocar la hidrólisis de los grupos acilo, especialmente en presencia de ácidos dicarboxílicos como el ácido malónico, por lo que se recomienda el uso de ácidos débiles en bajas concentraciones (Rabanal y Medina, 2021).

## 2.2.14 Definición de términos

### a. Rendimiento agrícola

Cantidad de producto cosechado por unidad de área ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), influenciado por factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico (FAO, 2012).

### b. Antocianinas

Pigmentos hidrosolubles del grupo de los flavonoides responsables de la coloración roja, púrpura o azul en plantas, con actividad antioxidante (Castañeda et al., 2009).

### c. Maíz amiláceo

Especie perteneciente a la familia Poaceae, originaria de Mesoamérica y cultivada en los Andes peruano (FAO, 2020).

### d. Maíz morado

Variedad de maíz (*Zea mays L.*) caracterizada por su alto contenido de antocianinas en los granos y coronta, tradicionalmente cultivado en los Andes peruanos (Rabanal y Medina, 2022).

### e. Tusa

Se emplea la palabra "tusa" para describir la parte central de la mazorca de maíz después de desgranada (RAE, 2024).

### f. Bráctea

Hoja modificada que envuelve la mazorca del maíz (RAE, 2024).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y METODOLOGIA

#### 3.1 Ubicación

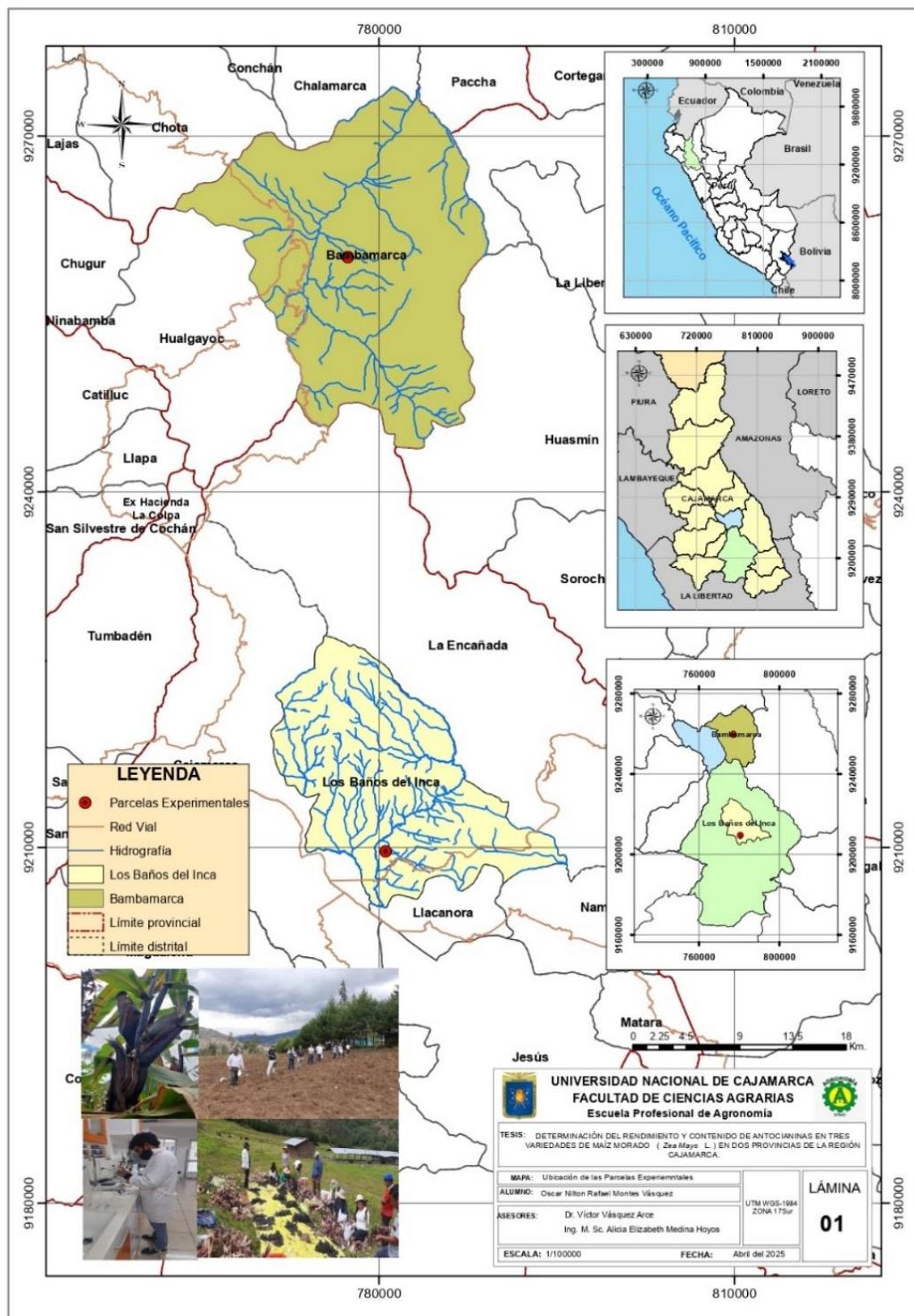
La presente investigación se localiza en parcelas de los productores de maíz morado en el departamento de Cajamarca, se detalla:

**Localidad 1.** C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, geográficamente se localiza en las coordenadas UTM: 777406 E, 9259546 S, a una altitud de 2912 m s.n.m.

**Localidad 2.** Se ubica en el caserío de Tartar, distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca, geográficamente se localiza entre las coordenadas UTM: 778753 E, 9209290 S, a una altitud de 2686 m s.n.m.

**Figura 1**

*Ubicación de las dos parcelas experimentales.*



## 3.2 Materiales

### 3.2.1 Material genético

- Semilla certificada de la variedad de maíz morado INIA 601
- Semilla de la variedad canteño
- Semilla de la variedad experimental de maíz morado

### 3.2.2 Agroquímicos

- Fertilizantes NPK (Urea 46 – 0 - 0, fosfato di amónico 18 – 46 – 0 y cloruro de potasio 0 – 0 - 60).

### 3.2.3 Materiales de campo:

- Palanas.
- Estacas.
- Cadena graduada.
- Balanza.
- Bolsas.
- Baldes.
- Wincha.
- Rafia.

### 3.2.4 Materiales y equipos de laboratorio

- Balanza analítica
- Estufa
- Cámara fotográfica

**Tabla 1**

*Tratamientos utilizados en el trabajo experimental.*

Nº	Descripción
T <sub>1</sub>	INIA 601
T <sub>2</sub>	Canteño
T <sub>3</sub>	Variedad Experimental de maíz morado (VEMM)

### **3.2.5 Tipo de investigación**

Por su orientación o finalidad: Aplicada, debido que consigue un fin aplicativo en determinar el rendimiento y contenido de antocianinas de 3 variedades distintas.

De acuerdo a la técnica de contrastación: Diseño Experimental, pues se basa en obtener resultados de pruebas de rendimiento y el contenido de antocianinas del maíz morado INIA 601, Canteño y variedad experimental de maíz morado.

### **3.2.6 Población**

Cultivo de maíz morado (var. INIA 601) con un área neta de 664m<sup>2</sup> (3 300 plantas). Esta cantidad de plantas se obtiene sembrando a una distancia de 0.8 m entre surco y 0.5 m entre golpe (2 plantas por golpe)

### **3.2.7 Muestra**

Se evaluaron los cuatro surcos centrales recomendados por especialistas del INIA, con un total de 1,320 plantas en 15 unidades experimentales (88 plantas por unidad).

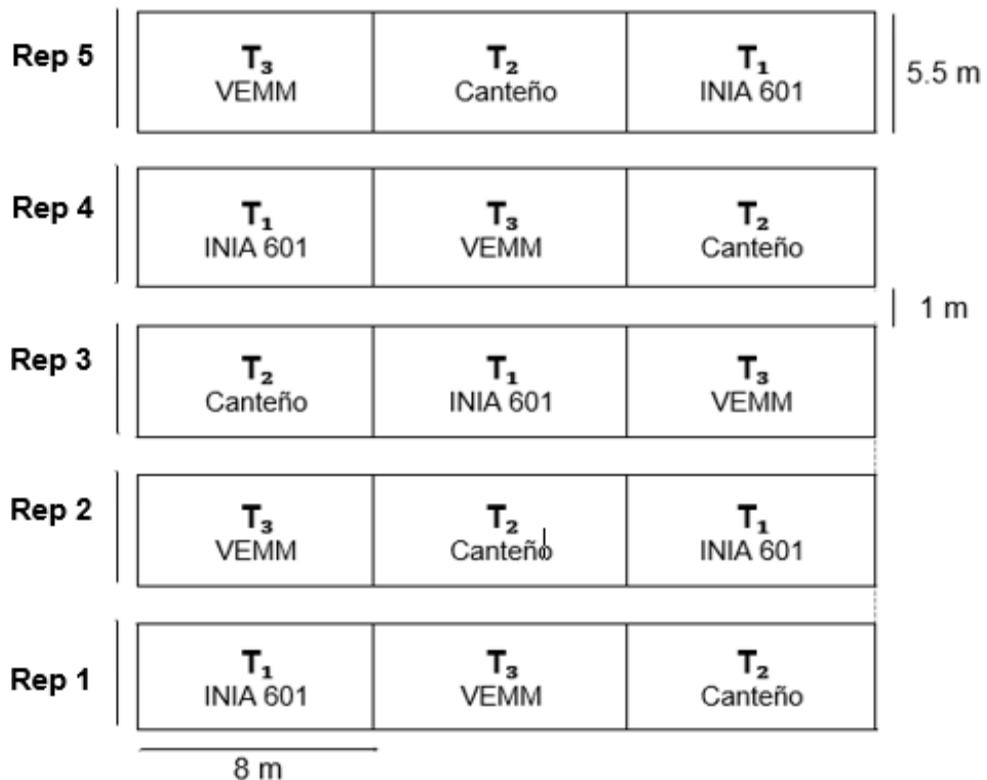
### **3.2.8 Características del experimento**

Diseño estadístico	: Bloque completo al azar
Número total de parcelas	: 2
Número de localidades	: 2
Número de variedades	: 3
Número de repeticiones	: 5
Total, unidades experimentales	: 15
Ancho de calles	: 1 m
Número de calles	: 2
Largo de los surcos	: 5.5 m
Ancho de surcos	: 0.8 m
Número de surcos por unidad experimental	: 10
Área de cada unidad experimental	: 44 m <sup>2</sup>
Área neta del experimento	: 664 m <sup>2</sup>
Área total del experimento (incluido calles)	: 674 m <sup>2</sup>

### 3.2.9 Distribución de los tratamientos

Figura 2

Distribución de los tratamientos. (Cada parcela tuvo su propia randomización).



### 3.2.10 Determinación de variables

- Variable dependiente:** Rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  y contenido de antocianinas  $\text{mg g}^{-1}$  en coronta y bráctea.
- Variable independiente:** 3 variedades de maíz morado (INIA 601, Canteño y variedad experimental de maíz morado).

### **3.3 Metodología**

#### **3.3.1 Conducción del experimento**

La ejecución de los experimentos abarcó múltiples actividades, el manejo agronómico del cultivo se realizó conforme a las recomendaciones de los especialistas del Programa Nacional de Maíz del INIA, detalladas a continuación.

#### **3.3.2 Preparación de terreno**

Se realizó la limpieza y roturación del suelo con un arado de discos tras la cosecha, buscando interrumpir el ciclo de plagas e incorporar malezas y rastrojos.

#### **3.3.3 Siembra**

La siembra se realizó Colocando 3 semillas por golpe distanciadas 0.5 m entre planta y 0.8 m entre surco. La semilla fue distribuida de acuerdo a la figura 2. Así mismo se realizó la primera fertilización. la dosificación se realizó de acuerdo a la recomendación del análisis de suelo (ver anexos) siendo para Chala (115 – 65 – 50) y Tartar Chico 110 – 30 – 60 de NPK.

#### **3.3.4 Desahije**

Se eliminaron plantas pequeñas, afectadas por insectos o con defectos fisiológicos, dejando dos por golpe. La labor se realizó a los 25 días de siembra, con plantas de dos a tres hojas.

#### **3.3.5 Control de malezas**

El control de malezas se realizó después de la siembra usando herbicida GESAPRIM 90 WG, seguido de un deshierbo manual a los 25 días después de la siembra.

### **3.3.6 Aporque y segunda fertilización**

Se acumuló tierra alrededor de la planta con una lampa para estimular raíces adventicias, reducir el acame y mejorar la absorción de nutrientes.

### **3.3.7 Control de plagas**

Para controlar *Spodoptera frugiperda*, se aplicó insecticida fosforado, para *Helicoverpa zea* se manejó con tres aplicaciones de aceite doméstico cada ocho días, iniciando al 10 % de emergencia de estigmas, para evitar daño de aves se utilizó conos de papel (cucuruchos) y colocados en las mazorcas en planta.

### **3.3.8 Cosecha**

La madurez fisiológica en maíz morado coincide con la formación de la capa negra, en la unión del grano con la coronta, aproximadamente 170 días después de la siembra (INIA, 2021). La cosecha de los cuatro surcos centrales consistió en desprender las mazorcas sin despancar, pesarlas y trasladarlas al gabinete para trabajos de postcosecha.

## **3.4 Evaluación de datos biométricos**

### **3.4.1 Peso de campo**

Se cosecharon las mazorcas despancadas de los cuatro surcos centrales de cada tratamiento, las cuales fueron pesadas utilizando una balanza de reloj. Posteriormente, se registró el peso correspondiente a cada tratamiento en el libro de campo.

### **3.4.2 Humedad de grano**

Se recolectaron 10 mazorcas al azar de cada unidad experimental. De estas mazorcas, se extrajeron 2 hileras de grano, y a partir de esta muestra se tomó un peso de 100 g (peso húmedo).

Se tomaron 100 g de peso húmedo, colocados en bolsas de papel identificadas y secados en estufa a 105 °C por 24 horas. Luego, se pesaron nuevamente para determinar el porcentaje de humedad al momento de la cosecha, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Pi: Peso inicial (100 g)

Pf: Peso final (después de ser sometido a estufa)

### 3.4.3 Determinación de rendimiento

Este procedimiento se realiza después de determinar la humedad. Se aplica la siguiente fórmula propuesta por el INIA (2020).

$$RGC = PC \left( \frac{100 - H^\circ}{86} \right) \left( \frac{10}{AEP} \right) * D$$

Donde:

<b>RGC</b>	: Rendimiento de grano corregido al 14% de humedad en t ha <sup>-1</sup> .
<b>PC</b>	: Peso de campo.
<b>H°</b>	: Porcentaje de humedad de grano.
<b>100-H°</b>	: Coeficiente de porcentaje de materia seca
<b>86</b>	: Coeficiente de corrección de humedad
<b>AEP</b>	: Área efectiva de la parcela (8.8 m <sup>2</sup> ).
<b>D</b>	: Porcentaje de desgrane equivalente al 0.8.

#### 3.4.3.1 Preparación de muestras para laboratorio

##### a. Coronta

Las mazorcas fueron desgranadas y las corontas trituradas con molino de mano hasta obtener partículas pequeñas. Luego, se secaron bajo sombra y, tras eliminar la humedad, se molieron con un molino eléctrico hasta su pulverización. Se extrajeron 50 g del producto, se

identificaron las muestras y se almacenaron en bolsas plásticas para su traslado al laboratorio PRONEX.

#### **b. Bráctea**

Las brácteas fueron secadas bajo sombra, seleccionadas y cortadas en trozos pequeños. Posteriormente, se molieron con un molino eléctrico y se extrajeron 50 g del producto. Las muestras fueron identificadas y almacenadas en bolsas plásticas para su envío al laboratorio PRONEX.

#### **3.4.4 Determinación de antocianinas**

##### **3.4.4.1 Método de Fulekis-Francis para la obtención de antocianinas**

El análisis se realizó en la empresa Productos Naturales de Exportación (PRONEX) mediante el método Fulekis-Francis, siguiendo estos pasos:

Se pesaron 0.30 g de coronta molida y 0.40 g de bráctea en una balanza de precisión digital. Luego, se colocaron en un vaso de precipitación de 250 mL con 100 mL de hidroácido, registrando el peso total. Para evitar la evaporación del alcohol presente en el hidroácido, el vaso se cubrió con papel aluminio y se llevó a un agitador magnético, manteniendo la mezcla homogénea durante 2 horas a 60 °C.

Si hubo pérdida de peso por evaporación, se ajustó con más hidroácido. Posteriormente, la muestra se retiró y reposó por 30 minutos. Luego, se extrajeron 5 mL de la solución con una pipeta y se transfirieron a una fiola de 100 mL, completando con hidroácido hasta alcanzar el volumen total. La solución se agitó para homogenizarla y se analizó en un espectrofotómetro.

El espectrofotómetro se calibró a una longitud de onda de 535 nm con celdas de 1 cm de lado. La absorbancia de la muestra se obtuvo digitalmente.

#### 3.4.4.2 Variables a evaluar en antocianinas

Contenido de antocianinas en coronta y bráctea, se realizó la conversión a  $\text{mg g}^{-1}$ , posteriormente a  $\text{kg ha}^{-1}$  mediante la formula siguiente:

$$\text{Concentración en } \text{mg g}^{-1} = (\text{Concentración en \%} / 100) \times 1000.$$

$$\text{Cantidad total de la sustancia (kg ha}^{-1}) = \text{Concentración (mg g}^{-1}) \times \text{Biomasa (t ha}^{-1})^*$$

$$0.25 \text{ (% de coronta en la mazorca)}$$

### 3.5 Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 3 tratamientos y cinco repeticiones en 2 localidad.

#### 3.5.1 Análisis de varianza

**Tabla 2**

Análisis de varianza para el diseño bloques completos al azar, para cada localidad.

F.V.	G.L.	C.M.E.
Repeticiones	$r-1$	$b \sum_i^v \tau_i^2$
Variedad	$v-1$	$\sigma_e^2 + \frac{i=1}{(v-1)}$
Error	$(v-1)(r-1)$	$\sigma_e^2$
<b>Total</b>	$vr - 1$	

#### a) Hipótesis

Respecto a poblaciones

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{10}$$

Ha: Al menos la media de una población es diferente.

**b) Análisis de varianza a través de localidades.**

El modelo estadístico a través de localidades:

$$y_{ijk} = \mu + l_i + r_{j(i)} + \tau_k + (l\tau)_{ik} + e_{ijk}$$

**Dónde:**  $l_i, \tau_k$ , representan los efectos de localidad y de tratamiento.  $(l\tau)_{ik}$ , la interacción de tratamiento por localidad.

**Tabla 3**

Análisis de varianza para el diseño en bloques completos randomizados a través de localidades.

F.V.	G.L.	C.M.E.
Localidades	l-1	$\sigma_e^2 + t\sigma_{r/l}^2 + pr\sigma_l^2$
Rep / Loc	l(r-1)	$\sigma_e^2 + t\sigma_{r/l}^2$
Variedades	t-1	$\sigma_e^2 + r\sigma_{lt}^2 + rl\sum\tau_i^2/(t-1)$
v x L	(l-1) (t-1)	$\sigma_e^2 + t\sigma_{lt}^2$
Error	l(t-1) (r-1)	$\sigma_e^2$
<b>Total</b>	lrt - 1	

**a) Hipótesis**

**b) Respecto a localidades**

$$H_0: \sigma_l^2 = 0$$

$$H_a: \sigma_l^2 \neq 0$$

Respecto a variedades

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_{10}$

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

c) **Comparaciones múltiples**

Se determinó mediante el procedimiento de comparaciones múltiples de Tukey al 5%

$$q = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{MS_E/n}}$$

Donde:

- $\bar{X}_i, \bar{X}_j$  son las medias de los niveles a comparar.
- $MS_E$  es la media de los cuadrados del error (residual).
- $n$  es el número total de observaciones.

d) **Eficiencia relativa del diseño bloques al azar respecto al diseño completamente al azar.**

$$RE = c + (1-c) \left( \frac{CM_{\text{Bloques}}}{CM_{\text{error}}} \right) \times 100$$

$$\text{Donde: } c = \frac{b(t-1)}{(bt-1)} = \frac{4(3-1)}{(4 \times 3 - 1)} = 0,73$$

### 3.6 Análisis de datos

Una vez recogido los datos se construyó una base de datos y se procedió al análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó haciendo uso de estadística descriptiva: tablas, figuras, medidas estadísticas. Para la contrastación de la hipótesis se utilizó estadística inferencial: análisis de varianza para un diseño bloque y la prueba de comparación múltiple Tukey Duncan.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### **4.1 Tartar Chico, distrito de Los Baños del Inca, provincia de Cajamarca.**

##### **4.1.1 Rendimiento**

**Tabla 4**

*Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento ( $t ha^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	0.0013	0.00067	0.02 ns	0.9801 ns
Rep.	4	0.15	0.04	1.14 ns	0.4053 ns
Error	8	0.27	0.03		
Total	14	0.42			
CV. (%)		13.13			
$R^2_r$		0.003			

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 4, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en cuanto al rendimiento ( $p = 0.9801$ ), ya que este valor es superior a 0.05, con un intervalo de confianza del 95%. De igual manera, las repeticiones no mostraron diferencias significativas ( $p = 0.4053$ ), siendo también mayor a 0.05. El coeficiente de variación ( $CV = 13.13 \%$ ) refleja una variabilidad moderada en los datos. Por otro lado, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.003$ ) es bajo, lo que sugiere que la variabilidad observada en el rendimiento está principalmente influenciada por factores no controlados en el experimento.

**Tabla 5**

Promedio del rendimiento ( $t ha^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.

Clave	Tratamiento	Promedio $t ha^{-1}$
1	INIA 601	1.4
2	Canteño	1.4
3	VEMM	1.4

Como se observa en la tabla 5 los promedios de rendimiento no presentan diferencias estadísticas obteniendo en promedio las tres variedades  $1.4 t ha^{-1}$ . Tabla de evaluaciones se adjunta en anexos I.

MIDAGRI (2021) reporta que el rendimiento promedio obtenido por los agricultores en Cajamarca para maíz amiláceo es de  $800 kg ha^{-1}$ , mientras que en nuestro estudio fue superior con  $1.4 t ha^{-1}$ . Sin embargo, este rendimiento es inferior al de otros estudios previos, como los de Castañeda (2016) y Rabanal y Medina (2022). Esto podría deberse a que la investigación se llevó a cabo en terrenos de productores que no cuentan con acceso a riego. Además, las labores culturales recomendadas por el personal técnico del INIA fueron ejecutadas a destiempo. La ausencia de lluvias durante 15 días en la etapa inicial del cultivo causó estrés hídrico, lo que afectó el desarrollo temprano de las plantas. Estos factores pudieron haber influido en el rendimiento observado el cual se evidencia en los anexos de tablas climatológica (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2023).

El bajo coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.003$ ) también sugiere que la variabilidad observada en el rendimiento no está suficientemente explicada por los tratamientos aplicados, lo que apunta a la influencia de factores externos en los resultados obtenidos.

Comparando con lo reportado por Castañeda (2016), quien encontró que las láminas de riego más altas ( $L1: 420 mm$ ) generaron un mayor rendimiento ( $9,182 kg ha^{-1}$ ), en comparación con el rendimiento más bajo obtenido en Tartar Chico ( $1.4 t ha^{-1}$ ). Este contraste sugiere que la

disponibilidad de agua, especialmente el riego adecuado, juega un papel crucial en la mejora del rendimiento de maíz morado, lo cual podría ser un factor limitante en Tartar Chico.

Además, el estudio de Ramos (2024), que investigó el efecto de campos magnéticos sobre el rendimiento del maíz morado, mostró que la aplicación de campos magnéticos no afectó negativamente el rendimiento, pero sí mejoró significativamente la concentración de antocianinas. Este hallazgo sugiere que otros factores, además de los tratamientos aplicados, como las condiciones ambientales o el manejo agronómico, podrían haber jugado un papel crucial en los resultados de Tartar Chico.

Además, los resultados del estudio de Rabanal y Medina (2022), realizados en la región Cajamarca, mostraron que la variedad INIA-601 alcanzó un rendimiento de  $4.38 \text{ t ha}^{-1}$ , superior al obtenido en Tartar Chico. En su estudio, las variedades de maíz morado, como INIA-601, mostraron un buen rendimiento en condiciones de mayor fertilización y manejo agrícola optimizado. Este contraste resalta la influencia de las condiciones locales, como el manejo agronómico, que parecen haber afectado el bajo rendimiento en Tartar Chico.

#### 4.1.2 Contenido de antocianinas en coronta.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	925.97	462.98	960.22	<0.0001 **
Rep.	4	5.75	1.44	2.98	0.0882 ns
Error	8	3.86	0.48		
Total	14	935.58			
CV. (%)	1.88				
$R^2$	0.98				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 6, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que indica un fuerte efecto de los tratamientos sobre el contenido de antocianinas en la coronta, con un intervalo de confianza del 95 %, debido que este valor es considerablemente menor a 0.05. Por otro lado, las repeticiones no presentaron diferencias significativas ( $p = 0.0882$ ), siendo mayor a 0.05. El coeficiente de variación (CV = 1.88 %) es extremadamente bajo, lo que refleja una alta precisión en las mediciones. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.98$ ) es alto, lo que sugiere que el 98 % de la variabilidad en el contenido de antocianinas es explicada por los tratamientos, mientras que solo el 2 % se debe a factores no controlados.

**Tabla 7**

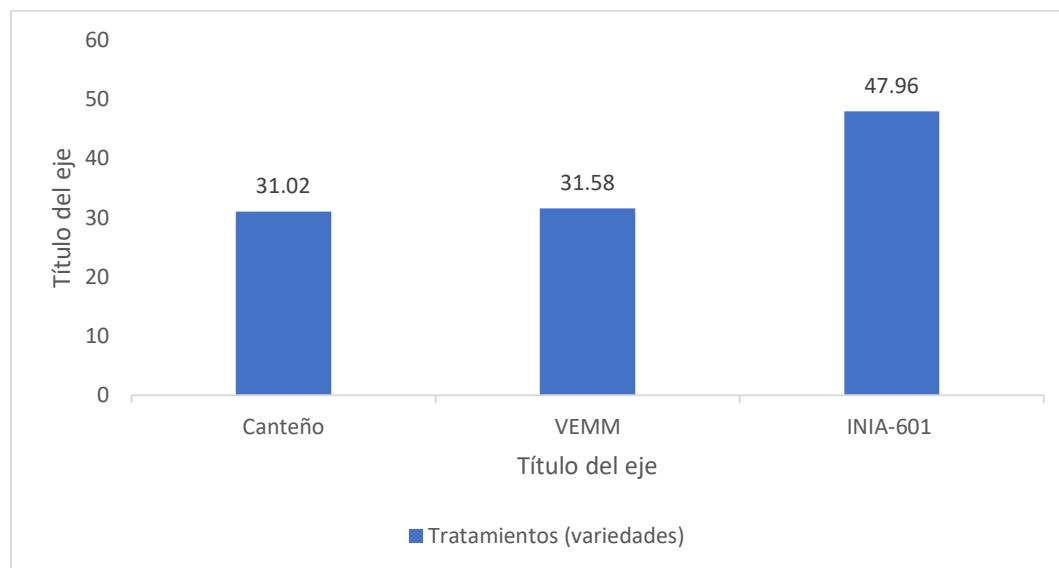
*Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en coronta mg g<sup>-1</sup> en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.*

Tratamientos	Medias mg g <sup>-1</sup>	<i>p &gt; 0.05</i>
INIA-601	47.96	A
VEMM	31.58	B
Canteño	31.02	B

*DMS=1.25489*

**Figura 3**

*Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en coronta mg g<sup>-1</sup> en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.*



En la Tabla 7 y la Figura 3, la variedad INIA-601 ( $47.96 \text{ mg g}^{-1}$ ) presentó el mayor contenido de antocianinas, diferenciándose significativamente de VEMM ( $31.58 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Canteño ( $31.02 \text{ mg g}^{-1}$ ), que forman un mismo grupo (B). Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 1.25489.

El mayor contenido de antocianinas observado en INIA-601 en comparación con VEMM y Canteño podría explicarse por varios factores. En primer lugar, la genética juega un papel crucial: INIA-601 ha sido desarrollada específicamente en la región y ha estado adaptada a las condiciones de la zona durante varios años, lo que le ha permitido expresar mejor sus características bioquímicas, como la concentración de antocianinas. En cambio, VEMM es una variedad experimental, producida en parte con material genético del INIA-601, pero aún está en fase de adaptación a las condiciones locales, lo que podría limitar su capacidad para expresar niveles óptimos de antocianinas. Además, el Canteño, aunque una variedad conocida, fue liberada y adaptada principalmente para la costa de Canta, Lima, por lo que podría no estar tan bien adaptada a las condiciones de altitud y clima en Tartar Chico, lo que también puede influir

en el contenido de antocianinas. La interacción entre factores genéticos, adaptabilidad local y condiciones ambientales probablemente influyó en los resultados observados. Asimismo, no descartar las labores culturales descritas anteriormente.

Comparando con Castañeda (2016), se observa que la variedad INIA-601 también mostró un alto contenido de antocianinas en las corontas en su estudio, alcanzando  $660.3 \text{ mg g}^{-1}$  bajo condiciones de riego (L1: 420 mm). Aunque las unidades de medida y las condiciones son diferentes (en mi estudio el valor obtenido fue de  $47.96 \text{ mg g}^{-1}$  en corontas), ambos estudios indican que *INIA-601* tiene un buen desempeño en términos de concentración de antocianinas, lo que sugiere que la genética de esta variedad está bien adaptada para acumular antocianinas, incluso en condiciones más controladas y específicas de riego.

En cuanto a los resultados obtenidos por Rabanal y Medina (2022), se observó que *INIA-601* presentó  $7.9 \text{ mg g}^{-1}$  de antocianinas en corontas en la localidad de Chala, Cajamarca, un valor mucho menor que el obtenido en Tartar Chico ( $47.96 \text{ mg g}^{-1}$ ). Sin embargo, la tendencia sigue siendo la misma: *INIA-601* tiene una gran capacidad para acumular antocianinas en las corontas. Este contraste sugiere que las diferencias en el contenido de antocianinas entre los estudios pueden deberse a las condiciones agroecológicas y de manejo, como la altitud, la disponibilidad de agua y el manejo de fertilización, lo cual puede influir significativamente en la síntesis de pigmentos en el maíz.

Por otro lado, el estudio realizado por Salinas et al. (2021) en México, que evaluó 13 accesiones de maíz morado de Perú y Ecuador, encontró que las accesiones originarias de estos países presentaron un alto contenido de antocianinas, con valores que oscilaron entre 17.3 y  $18.2 \text{ mg g}^{-1}$  en el grano, dependiendo de la variedad. Estos valores son comparables a los obtenidos en *INIA-601* en Tartar Chico, lo que refuerza la idea de que las variedades de maíz morado originarias de Perú tienen una alta capacidad para sintetizar antocianinas, no solo en el grano, sino también en las corontas y brácteas.

#### 4.1.3 Contenido de antocianinas en bráctea.

**Tabla 8**

*Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en bráctea (mg g<sup>-1</sup>) en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	2238.03	1119.02	92.64	<0.0001 **
Rep.	4	53.07	13.27	1.1	0.4198 ns
Error	8	96.63	12.08		
Total	14	2387.73			
CV (%)	20.29				
$R^2_r$	0.93				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 8, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que indica un fuerte efecto de los tratamientos sobre el contenido de antocianinas en las brácteas, con un intervalo de confianza del 95 %, ya que este valor es mucho menor a 0.05. En cambio, las repeticiones no presentaron diferencias significativas ( $p = 0.4198$ ), siendo mayor a 0.05. El coeficiente de variación ( $CV = 20.29\%$ ) es relativamente alto, lo que sugiere una mayor variabilidad en las mediciones. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.93$ ) indica que el 93 % de la variabilidad en el contenido de antocianinas se debe a los tratamientos, mientras que el 7 % se debe a factores no controlados.

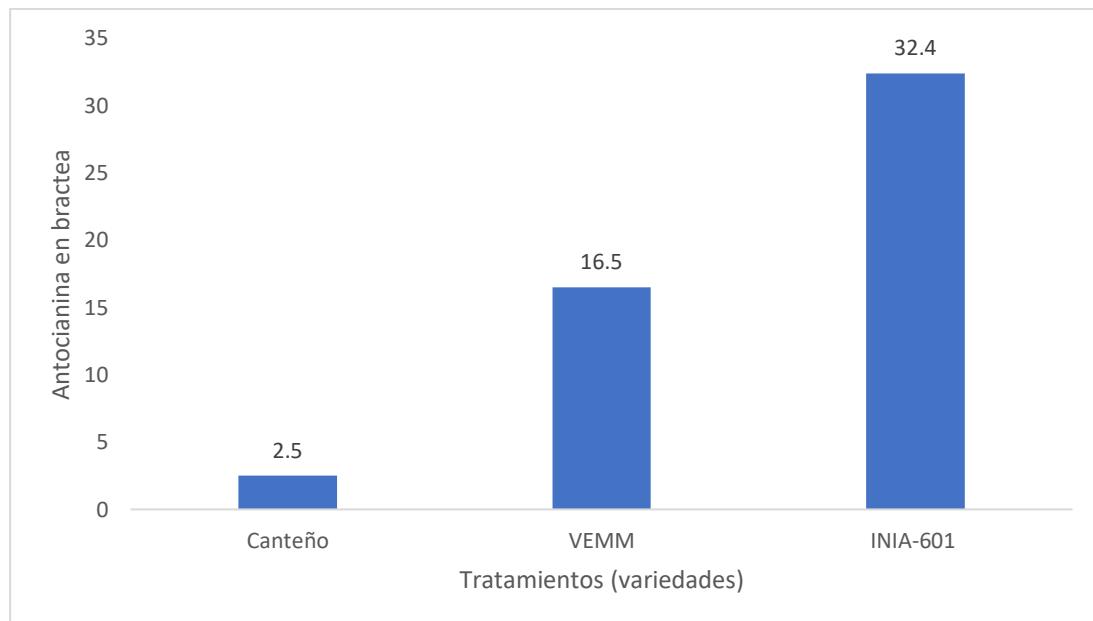
**Tabla 9**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de los tratamientos (variedades) en contenido de antocianinas en bráctea  $\text{mg g}^{-1}$  en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.

Tratamientos	Medias $\text{mg g}^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	32.4	A
VEMM	16.5	B
Canteño	2.5	C
<i>DMS=6.28096</i>		

**Figura 4**

Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en bráctea  $\text{mg g}^{-1}$  en la localidad de Tartar Chico – Baños del Inca.



En la Tabla 9 y la Figura 4, la variedad INIA-601 ( $32.4 \text{ mg g}^{-1}$ ) mostró el mayor contenido de antocianinas en bráctea, seguida por VEMM ( $16.5 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Canteño ( $2.5 \text{ mg g}^{-1}$ ), que se agruparon en categorías distintas. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 6.28096.

El mayor contenido de antocianinas en las brácteas de INIA-601 en comparación con VEMM y Canteño se debe a su genética y adaptación local. INIA-601 es conocida por su fuerte coloración morada en las brácteas, lo que es un indicador de su alto contenido de antocianinas. Aunque VEMM, al derivar de INIA-601, también presenta esta coloración morada, su contenido

de antocianinas es menor debido a que aún está en proceso de adaptación. En cambio, Canteño, al no mostrar una coloración morada y tener una tonalidad pajiza, tiene un contenido significativamente más bajo de antocianinas.

Además, Rabanal y Medina (2022), en su estudio sobre variedades de maíz morado en Cajamarca, reportaron una concentración de antocianinas de  $7.9 \text{ mg g}^{-1}$  en las brácteas de INIA-601, un valor más bajo que el obtenido en Tartar Chico. Sin embargo, la tendencia sigue siendo la misma: *INIA-601* se destaca en la acumulación de estos compuestos. Las diferencias entre los resultados pueden atribuirse a las variaciones en las condiciones de cultivo y manejo agronómico entre los estudios, lo que resalta la importancia de factores locales en la expresión genética de la variedad.

Comparando con los resultados de Castañeda (2016), en los cuales INIA-601 alcanzó  $660.3 \text{ mg g}^{-1}$  en corontas bajo condiciones de riego (L1: 420 mm), se observa una tendencia consistente en cuanto a la capacidad de la variedad para acumular antocianinas, aunque en mi estudio el valor fue notablemente menor. Esto sugiere que, a pesar de las diferencias en los tratamientos, INIA-601 sigue siendo una de las variedades más destacadas en términos de concentración de antocianinas.

## 4.2 C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.

### 4.2.1 Rendimiento

Tabla 10

Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	17.58	8.79	27.3	0.0003 **
Rep.	4	3.1	0.78	2.41	0.1348 ns
Error	8	2.58	0.32		
Total	14	23.26			
CV. (%)	16.59				
$R^2_r$	0.75				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 10, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p = 0.0003$ ), lo que indica un efecto significativo de los tratamientos sobre el rendimiento, con un intervalo de confianza del 95 %, ya que este valor es menor a 0.05. En cambio, las repeticiones no presentaron diferencias significativas ( $p = 0.1348$ ), siendo mayor a 0.05. El coeficiente de variación ( $CV = 16.59 \%$ ) sugiere una variabilidad moderada en los datos. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.75$ ) indica que el 75 % de la variabilidad en el rendimiento se debe a los tratamientos, mientras que el 25 % se debe a factores no controlados.

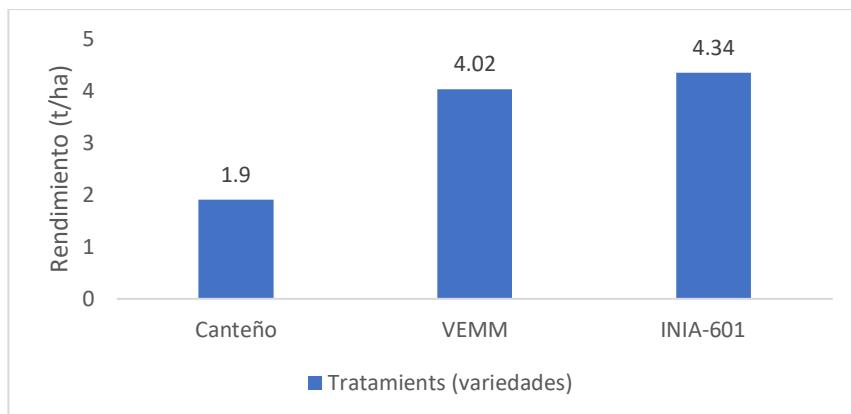
**Tabla 11**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 %) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca.

Tratamientos	Medias $t \text{ ha}^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	4.34	A
VEMM	4.02	A
Canteño	1.9	B
<i>DMS=1.02550</i>		

**Figura 5**

Histogramas de los tratamientos (variedades) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala – Bambamarca.



En la Tabla 11 y la Figura 5, las variedades INIA-601 ( $4.34 \text{ t ha}^{-1}$ ) y VEMM ( $4.02 \text{ t ha}^{-1}$ ) presentaron los mayores rendimientos, sin diferencias significativas entre ellas, mientras que Canteño ( $1.9 \text{ t ha}^{-1}$ ) mostró un rendimiento inferior. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 1.02550.

Los resultados obtenidos en C.P. Chala – Bambamarca, con rendimientos más altos que en Tartar Chico, se deben a una combinación de factores favorables. Las condiciones climáticas, como lluvias más regulares y un manejo adecuado del riego, fueron clave para el buen desarrollo del maíz morado. Además, las labores culturales, como el deshierbo y la fertilización, se

realizaron de manera oportuna, lo que permitió un crecimiento óptimo. Genéticamente, INIA-601 mostró un alto rendimiento (4.34 t ha<sup>-1</sup>) debido a su adaptabilidad y su robustez genética para esta región, lo que le permitió sobresalir frente a VEMM (4.02 t ha<sup>-1</sup>), que también mostró buenos resultados, pero en menor medida. Canteño, al estar mejor adaptado a la costa, presentó un rendimiento más bajo (1.9 t ha<sup>-1</sup>) debido a su menor adaptación a las condiciones de altitud y clima de la zona. El coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.75$ ) indica que el 75% de la variabilidad en el rendimiento se debe a los tratamientos, lo que resalta el efecto positivo de las prácticas agronómicas aplicadas.

Estudios previos como el de Castañeda (2016) encontró que, bajo condiciones de riego, las variedades de maíz morado alcanzaron rendimientos mucho mayores (hasta 9,182 kg ha<sup>-1</sup> en la lámina de riego L1). En su estudio, el rendimiento fue considerablemente superior al de C.P. Chala, lo que subraya la importancia del riego para mejorar el rendimiento de maíz morado. En este sentido, las diferencias de rendimiento entre *INIA-601* y *Canteño* en C.P. Chala podrían estar relacionadas con la disponibilidad de agua y las condiciones de manejo en la localidad.

Así mismo Muñoz y Díaz (2024), que evaluó el rendimiento de *INIA-601* en diversas localidades de Cajamarca, mostró rendimientos cercanos a los obtenidos en C.P. Chala, lo que subraya el comportamiento positivo de esta variedad en la región. En su estudio, *INIA-601* presentó rendimientos cercanos a 6,487 kg ha<sup>-1</sup>, lo que contrasta con los rendimientos obtenidos en C.P. Chala (4.34 t ha<sup>-1</sup>), lo que sugiere que factores como la fertilización o el manejo agronómico pueden mejorar aún más su rendimiento en localidades específicas.

De manera similar Rabanal y Medina (2022), observaron que INIA-601 alcanzó un rendimiento de 4.38 t ha<sup>-1</sup> en la región Cajamarca, un valor bastante similar al obtenido en C.P. Chala (4.34 t ha<sup>-1</sup>). Este hallazgo sugiere que INIA-601 es una variedad consistente que puede mantener un buen rendimiento en diferentes localidades, como lo demuestra su comportamiento en diversas condiciones agroecológicas.

#### 4.2.2 Contenido de antocianinas en coronta.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en coronta (mg g<sup>-1</sup>) en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F Calculada	p-valor
Tratamientos	2	182.45	91.23	8.64	0.01 **
Rep.	4	75.34	18.84	1.78	0.2253 ns
Error	8	84.49	10.56		
Total	14	342.28			
CV. (%)	5.63				
$R^2$	0.53				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 12, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p = 0.01$ ), lo que indica un efecto importante de los tratamientos sobre el contenido de antocianinas en la coronta, con un intervalo de confianza del 95 %, ya que este valor es menor a 0.05. En cambio, las repeticiones no presentaron diferencias significativas ( $p = 0.2253$ ), siendo mayor a 0.05. El coeficiente de variación ( $CV = 5.63\%$ ) es bajo, lo que indica buena precisión en las mediciones. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.53$ ) sugiere que el 53 % de la variabilidad en el contenido de antocianinas se debe a los tratamientos, mientras que el 47 % se debe a otros factores no controlados.

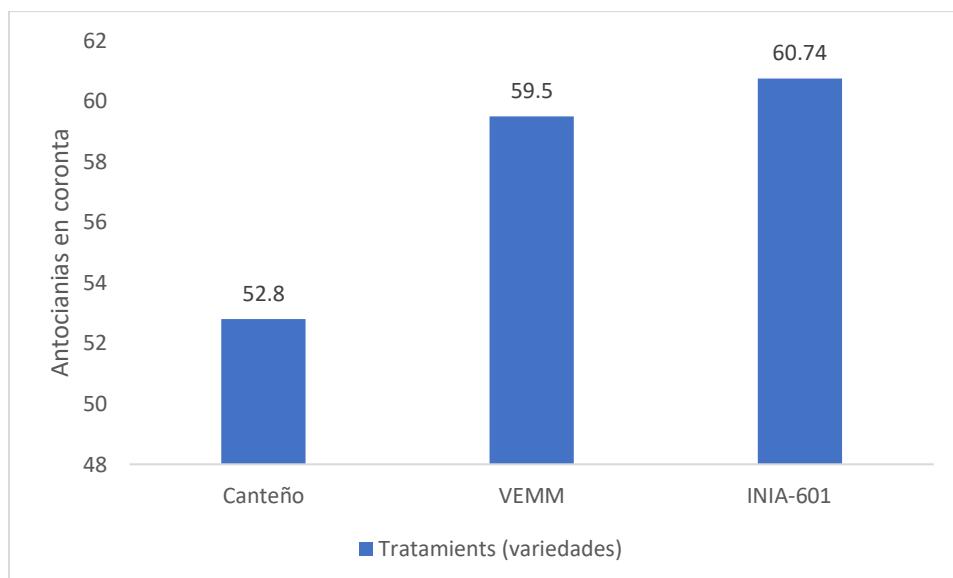
**Tabla 13**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en coronta mg g<sup>-1</sup> en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Tratamientos	Medias mg g <sup>-1</sup>	p > 0.05
INIA-601	60.74	A
VEMM	59.5	A
Canteño	52.8	B
<i>DMS=5.87300</i>		

**Figura 6**

Histogramas para los tratamientos en contenido de antocianinas en coronta mg g<sup>-1</sup> en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.



En la Tabla 13 y la Figura 6, las variedades INIA-601 (60.74 mg g<sup>-1</sup>) y VEMM (59.5 mg g<sup>-1</sup>) presentaron los mayores contenidos de antocianinas en coronta, sin diferencias significativas entre ellas, mientras que Canteño (52.8 mg g<sup>-1</sup>) tuvo un contenido inferior. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 5.87300.

Los resultados obtenidos en C.P. Chala – Bambamarca, con un mayor contenido de antocianinas en coronta, pueden atribuirse tanto a factores genéticos como a las condiciones favorables del entorno. En este caso, INIA-601 (60.74 mg g<sup>-1</sup>) y VEMM (59.5 mg g<sup>-1</sup>) presentaron

los mayores contenidos de antocianinas, lo que refleja la adaptabilidad genética de INIA-601, que ha sido cultivada y seleccionada para expresar altos niveles de estos compuestos. La similitud entre INIA-601 y VEMM en cuanto a la cantidad de antocianinas sugiere que VEMM, aunque es una variedad experimental, conserva las características genéticas de INIA-601, las cuales favorecen la producción de antocianinas. Por otro lado, Canteño (52.8 mg g<sup>-1</sup>) presentó un menor contenido, lo que puede explicarse por su menor adaptación a las condiciones de la zona y su distinta genética, ya que fue desarrollado para la costa, lo que limita su expresión de antocianinas en condiciones de altitud y clima diferentes.

Por otro lado, los resultados obtenidos difieren de los reportados por Rabanal y Medina (2022), quienes encontraron que INIA-601 presentó 7.9 mg g<sup>-1</sup> de antocianinas en corontas en varias localidades de Cajamarca, un valor mucho más bajo que el obtenido en Tartar Chico (47.96 mg g<sup>-1</sup>) y C.P. Chala (60.74 mg g<sup>-1</sup>). Este contraste resalta cómo las condiciones específicas de cada localidad pueden influir en la acumulación de antocianinas, lo que sugiere que factores como el tipo de suelo, el clima y el manejo agronómico tienen un impacto significativo en la producción de estos compuestos.

Además, Salinas et al. (2021) reportaron que las accesiones de maíz morado originarias de Perú y Ecuador presentaron entre 17.3 y 18.2 mg g<sup>-1</sup> de antocianinas en el grano, valores mucho menores que los obtenidos en corontas en C.P. Chala (60.74 mg g<sup>-1</sup>).

Por otro lado, Muñoz y Díaz (2024), quienes también evaluaron INIA-601 en la región Cajamarca, se reportó un contenido de antocianinas en corontas de 17.7 mg g<sup>-1</sup>, valor significativamente menor que el obtenido en C.P. Chala (60.74 mg g<sup>-1</sup>).

#### 4.2.2 Contenido de antocianinas en bráctea.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en bráctea (mg g<sup>-1</sup>) en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	4500.23	2250.11	8485.65	<0.0001 **
Rep.	4	2.01	0.5	1.9	0.2047 ns
Error	8	2.12	0.27		
Total	14	4504.36			
CV (%)	2.27				
$R^2_r$	0.53				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 14, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que indica un fuerte efecto de los tratamientos sobre el contenido de antocianinas en las brácteas, con un intervalo de confianza del 95 %, ya que este valor es mucho menor a 0.05. En cambio, las repeticiones no presentaron diferencias significativas ( $p = 0.2047$ ), siendo mayor a 0.05. El coeficiente de variación ( $CV = 2.27\%$ ) es muy bajo, lo que indica una alta precisión en las mediciones. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.53$ ) sugiere que el 53 % de la variabilidad en el contenido de antocianinas se debe a los tratamientos, mientras que el 47 % se debe a otros factores no controlados.

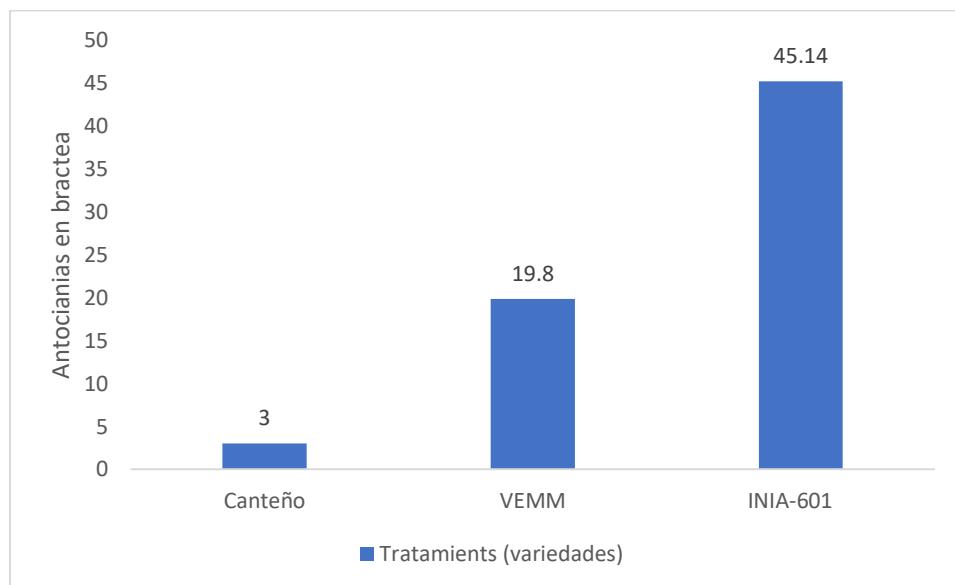
**Tabla 15**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en bráctea  $mg g^{-1}$  en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Tratamientos	Medias $mg g^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	45.14	A
VEMM	19.8	B
Canteño	3	C
<i>DMS=0.93061</i>		

**Figura 7**

Histogramas de los tratamientos en contenido de antocianinas en bráctea  $mg g^{-1}$  en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.



En la Tabla 15 y la Figura 7, la variedad INIA-601 ( $45.14 mg g^{-1}$ ) presentó el mayor contenido de antocianinas en bráctea, seguida por VEMM ( $19.8 mg g^{-1}$ ), mientras que Canteño ( $3 mg g^{-1}$ ) mostró el menor contenido. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 0.93061.

En C.P. Chala – Bambamarca, los resultados de contenido de antocianinas en bráctea muestran que INIA-601 ( $45.14 mg g^{-1}$ ) presenta el mayor contenido, significativamente superior a VEMM ( $19.8 mg g^{-1}$ ) y Canteño ( $3 mg g^{-1}$ ). Este alto contenido de antocianinas en INIA-601 se debe a su genética adaptada a las condiciones locales, lo que le permite expresar

eficientemente compuestos fenólicos como las antocianinas. VEMM, aunque derivada de INIA-601, tiene un contenido más bajo debido a su proceso de adaptación, mientras que Canteño, con un origen en la costa, presenta una capacidad reducida para producir antocianinas en las condiciones de altitud y clima de Bambamarca.

Rabanal y Medina (2022) reportaron que INIA-601 presentó un contenido de antocianinas de  $7.9 \text{ mg g}^{-1}$  en las brácteas en una de sus localidades de Cajamarca, un valor considerablemente más bajo que el obtenido en C.P. Chala ( $45.14 \text{ mg g}^{-1}$ ).

Muñoz y Díaz (2024), se reportó que INIA-601 alcanzó un contenido de antocianinas de  $17.7 \text{ mg g}^{-1}$  en las brácteas, un valor inferior al obtenido en C.P. Chala ( $45.14 \text{ mg g}^{-1}$ ). Del mismo modo Moya (2024) también evaluó INIA-601 y encontró un contenido de antocianinas en brácteas de  $17.7 \text{ mg g}^{-1}$

#### 4.3 Análisis combinado de las dos localidades en estudio: Tartar Chico, distrito de Los Baños del Inca y C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.

##### 4.3.1 Rendimiento

**Tabla 16**

*Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	8.64	4.32	20.45	<0.0001 **
Rep.	4	1.87	0.47	2.21	0.104 ns
Localidad	1	31.01	31.01	146.8	<0.0001 **
Trat.*Loc.	2	8.94	4.47	21.17	<0.0001 **
Error	20	4.22	0.21		
Total	29	54.69			
CV. (%)	19.12				
$R^2$	0.92				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 16, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que indica un efecto importante de los tratamientos sobre el rendimiento, ya que este valor es menor a 0.01, con un intervalo de confianza del 95 %. La variable localidad también mostró un efecto altamente significativo ( $p < 0.0001$ ), siendo menor a 0.01, lo que sugiere diferencias importantes entre ambas localidades. Además, la interacción tratamiento  $\times$  localidad es altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que también es menor a 0.01, indicando que el efecto de los tratamientos varía según la localidad. El coeficiente de variación ( $CV = 19.12\%$ ) sugiere una variabilidad moderada en los datos, mientras que el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.92$ ) indica que el 92 % de la variabilidad en el rendimiento es explicada por los factores analizados, lo que refleja un buen ajuste del modelo.

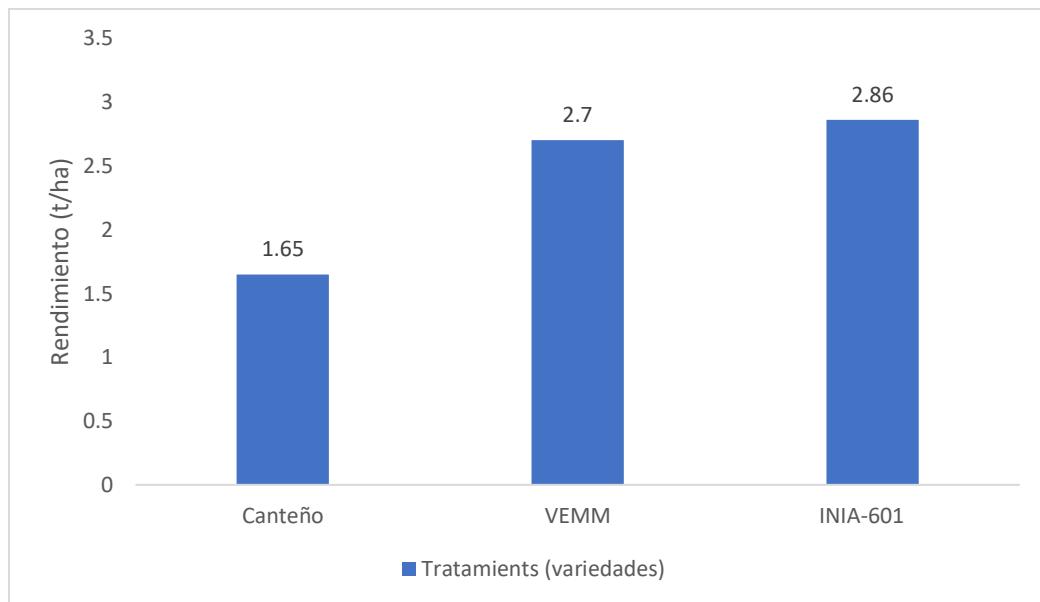
**Tabla 17**

*Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de los tres tratamientos (variedades) para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio.*

Tratamientos	Medias $t \text{ ha}^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	2.86	A
VEMM	2.7	A
Canteño	1.65	B
<b>DMS=0.52001</b>		

## Figura 8

*Histograma de los tres tratamientos (variedades) para rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio.*



En la Tabla 17 y la Figura 8, las variedades INIA-601 ( $2.86\ t\ ha^{-1}$ ) y VEMM ( $2.7\ t\ ha^{-1}$ ) no difirieron significativamente, mientras que Canteño ( $1.65\ t\ ha^{-1}$ ) presentó el menor rendimiento. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 0.52001.

Al comparar el rendimiento combinado de las dos localidades, INIA-601 ( $2.86\ t\ ha^{-1}$ ) y VEMM ( $2.7\ t\ ha^{-1}$ ) mostraron rendimientos similares y significativamente superiores a Canteño ( $1.65\ t\ ha^{-1}$ ). Este patrón refleja que, a pesar de las diferencias en las condiciones de cada localidad, como la disponibilidad de agua, el manejo agronómico y el clima, INIA-601 y VEMM mantuvieron un rendimiento alto, lo que sugiere que estas variedades tienen una mayor adaptabilidad y capacidad de rendimiento bajo diversas condiciones. Canteño, en cambio, mostró un rendimiento inferior, posiblemente debido a su mayor adaptación a las condiciones de la costa, lo que limita su desempeño en altitudes más altas y con un clima más variable.

Estos resultados superan los obtenidos por Rabanal y Medina (2022), quienes evaluaron las mismas tres variedades en cinco localidades. En su estudio, el mayor rendimiento combinado registrado fue de  $2.29\ t\ ha^{-1}$  en Cajabamba con INIA 601, seguido de  $2.07\ t\ ha^{-1}$  con la variedad

experimental de maíz morado (VEMM). No obstante, en nuestro estudio, el rendimiento de Canteño en Bambamba fue mayor ( $2.8 \text{ t ha}^{-1}$ ).

Los resultados de nuestro estudio en cuanto al rendimiento de maíz morado pueden compararse con los obtenidos por diversos autores. Castañeda (2016) reportó que la variedad INIA-615 Negro Canaan obtuvo el mayor rendimiento ( $8,241 \text{ kg ha}^{-1}$ ) bajo condiciones de riego por goteo, mientras que el MIDAGRI (2019) identificó que la variedad INIA-601 alcanzó hasta  $5.2 \text{ t ha}^{-1}$  en la región Cajamarca. De manera similar, Ramos (2024) encontró que la aplicación de un campo magnético estático (40 mT) mejoró ligeramente el rendimiento del maíz morado INIA-601 ( $4.94 \text{ t ha}^{-1}$ ), aunque sin diferencias significativas respecto al testigo ( $4.49 \text{ t ha}^{-1}$ ).

#### Tabla 18

*Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de las dos localidades en estudio combinado, para rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ).*

Localidad	Medias $\text{t ha}^{-1}$	$p > 0.05$
C.P. Chala	3.42	A
Tartar Chico	1.39	B
DMS. 0.76		

En la Tabla 18, la localidad de C.P. Chala presentó el mayor rendimiento promedio ( $3.42 \text{ t ha}^{-1}$ ), mientras que Tartar Chico obtuvo un rendimiento significativamente menor ( $1.39 \text{ t ha}^{-1}$ ).

La comparación entre las dos localidades en cuanto a rendimiento muestra que C.P. Chala ( $3.42 \text{ t ha}^{-1}$ ) presentó un rendimiento significativamente superior al de Tartar Chico ( $1.39 \text{ t ha}^{-1}$ ). Este mayor rendimiento en C.P. Chala puede atribuirse a condiciones más favorables, como un clima más estable, lluvias más regulares y un mejor manejo agronómico. En cambio, Tartar Chico experimentó limitaciones, como la falta de lluvias en la etapa crítica de desarrollo, lo que afectó negativamente el rendimiento. Las diferencias en los factores ambientales y de manejo probablemente fueron determinantes en los resultados obtenidos.

**Tabla 19**

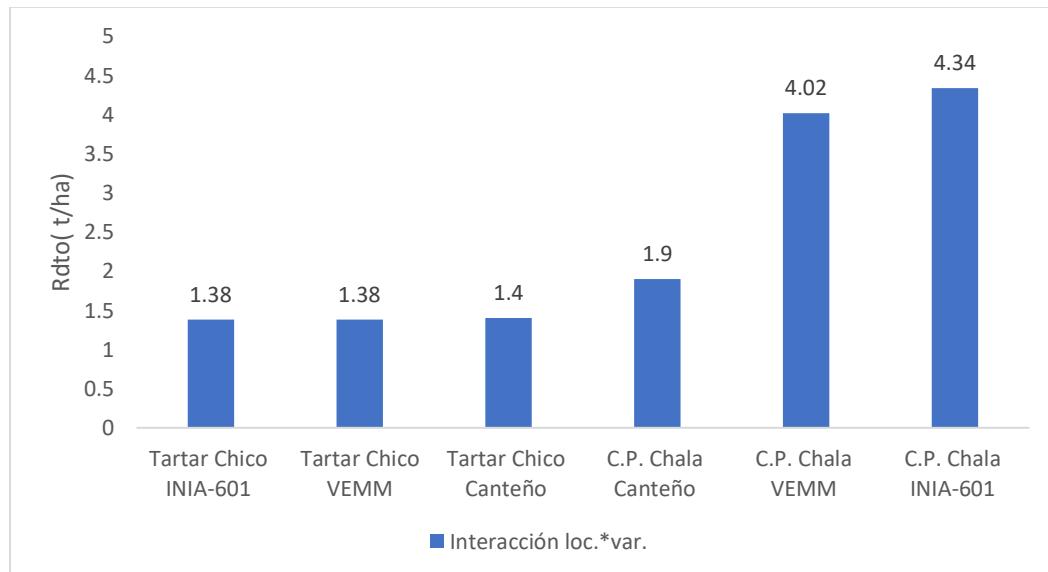
Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para la interacción rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) \* localidad, combinado para las dos localidades en estudio.

Tratamientos	Localidad	Medias $t \text{ ha}^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	C.P. Chala	4.34	A
VEMM	C.P. Chala	4.02	A
Canteño	C.P. Chala	1.9	B
Canteño	Tartar Chico	1.4	B
VEMM	Tartar Chico	1.38	B
INIA-601	Tartar Chico	1.38	B

DMS. 1.08

**Figura 9**

Histograma de la interacción tratamiento \* localidad para la variable rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) combinado para las dos localidades en estudio.



En la Tabla 19 y la Figura 9, en C.P. Chala, las variedades INIA-601 ( $4.34 \text{ t ha}^{-1}$ ) y VEMM ( $4.02 \text{ t ha}^{-1}$ ) no difirieron significativamente, mientras que Canteño ( $1.9 \text{ t ha}^{-1}$ ) tuvo el menor rendimiento. En Tartar Chico, todas las variedades presentaron rendimientos similares, con valores entre  $1.38 \text{ t ha}^{-1}$  y  $1.4 \text{ t ha}^{-1}$ . Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 1.08.

La interacción entre tratamiento y localidad muestra resultados interesantes en cuanto a rendimiento. En C.P. Chala, INIA-601 ( $4.34 \text{ t ha}^{-1}$ ) y VEMM ( $4.02 \text{ t ha}^{-1}$ ) presentaron los mayores

rendimientos, sin diferencias significativas entre ellas, mientras que Canteño (1.9 t ha<sup>-1</sup>) tuvo un rendimiento inferior. En cambio, en Tartar Chico, todas las variedades, incluida INIA-601 (1.38 t ha<sup>-1</sup>), VEMM (1.38 t ha<sup>-1</sup>) y Canteño (1.4 t ha<sup>-1</sup>), tuvieron rendimientos similares y significativamente más bajos. Estos resultados sugieren que, aunque INIA-601 y VEMM tienen un buen rendimiento en C.P. Chala, en Tartar Chico su rendimiento se ve afectado por las condiciones locales desfavorables, como el manejo de riego, el clima y las labores culturales, lo que limita su expresión genética en la zona.

En comparación con Castañeda (2016), que reportó un rendimiento de 8.24 t ha<sup>-1</sup> para *INIA-615 Negro Canaan* bajo condiciones de riego por goteo, los resultados obtenidos en este estudio son considerablemente más bajos. Sin embargo, las condiciones de riego utilizadas por Castañeda (2016) permiten un rendimiento más alto en comparación con las condiciones de Tartar Chico y C.P. Chala, donde no se aplicó riego adicional. Este contraste resalta la importancia del riego en el rendimiento de maíz morado, como se muestra en Castañeda (2016), y sugiere que el manejo adecuado del agua puede ser un factor clave para mejorar los rendimientos en el maíz morado.

Así mismo, Rabanal y Medina (2022) reportaron rendimientos inferiores en cinco localidades entre los departamentos de La Libertad y Cajamarca. En Vista Florida, INIA 601 alcanzó 1.54 t ha<sup>-1</sup>, mientras que MMM y Canteño obtuvieron 0.98 y 1.3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En Uchuy, los rendimientos fueron de 1.13, 0.88 y 0.8 t ha<sup>-1</sup> para INIA 601, MMM y Canteño. En Shaullo, se registraron valores de 1.71, 1.59 y 1.6 t ha<sup>-1</sup>, mientras que en Namora los rendimientos fueron aún más bajos (0.63, 0.45 y 0.8 t ha<sup>-1</sup>). Finalmente, en Cajabamba, se obtuvieron 2.29, 2.07 y 2.8 t ha<sup>-1</sup> para INIA 601, MMM y Canteño, respectivamente. Estos resultados refuerzan la tendencia observada en nuestro estudio, donde los rendimientos en C.P. Chala fueron notablemente superiores en comparación con las localidades evaluadas por Rabanal y Medina (2022).

Así mismo este contraste es consistente con la investigación de Muñoz Díaz y Díaz Cieza (2024), quienes encontraron que las condiciones locales, como la altitud, el clima y la disponibilidad de agua, influyen directamente en el rendimiento de maíz morado. En la interacción tratamiento  $\times$  localidad (Tabla 18), se observó que, en C.P. Chala, *INIA-601* y *VEMM* presentaron rendimientos similares ( $4.34 \text{ t ha}^{-1}$  y  $4.02 \text{ t ha}^{-1}$ ), mientras que en Tartar Chico, las tres variedades mostraron rendimientos similares (entre  $1.38 \text{ t ha}^{-1}$  y  $1.4 \text{ t ha}^{-1}$ ), lo que subraya la importancia de las condiciones locales en el rendimiento de las variedades.

Por otro lado, los resultados de Ramos (2024) sobre el rendimiento de *INIA-601* bajo la aplicación de campos magnéticos estáticos mostraron una ligera mejora en el rendimiento, alcanzando  $4.94 \text{ t ha}^{-1}$  con el tratamiento de campo magnético estático (40 mT), mientras que el rendimiento del testigo fue de  $4.49 \text{ t ha}^{-1}$ .

#### 4.2.2 Contenido de antocianinas en coronta.

**Tabla 20**

*Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en coronta ( $\text{mg g}^{-1}$ ) combinado en las dos localidades en estudio.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	818.49	409.24	61.45	<0.0001 **
Rep.	4	36.24	9.06	1.36	0.2829 ns
Localidad	1	3253.13	3253.13	488.47	<0.0001 **
Trat.*Loc.	2	289.93	144.97	21.77	<0.0001 **
Error	20	133.2	6.66		
Total	29	4530.99			
CV. (%)	5.46				
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.97				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 20, los tratamientos mostraron una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que indica un efecto importante de los tratamientos sobre el contenido de antocianinas en coronta, con un valor  $p$  mucho menor a 0.05. Las repeticiones no mostraron diferencias significativas ( $p = 0.2829$ ), siendo mayor a 0.05. La localidad presentó una diferencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), también menor a 0.01, lo que sugiere diferencias importantes entre las localidades. Además, la interacción tratamiento  $\times$  localidad fue altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), siendo menor a 0.01, lo que indica que el efecto de los tratamientos varía según la localidad. El coeficiente de variación ( $CV = 5.46\%$ ) es bajo, lo que refleja una alta precisión en las mediciones. Además, el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.97$ ) sugiere que el 97 % de la variabilidad en el contenido de antocianinas es explicada por los tratamientos, mientras que el 3 % se debe a factores no controlados.

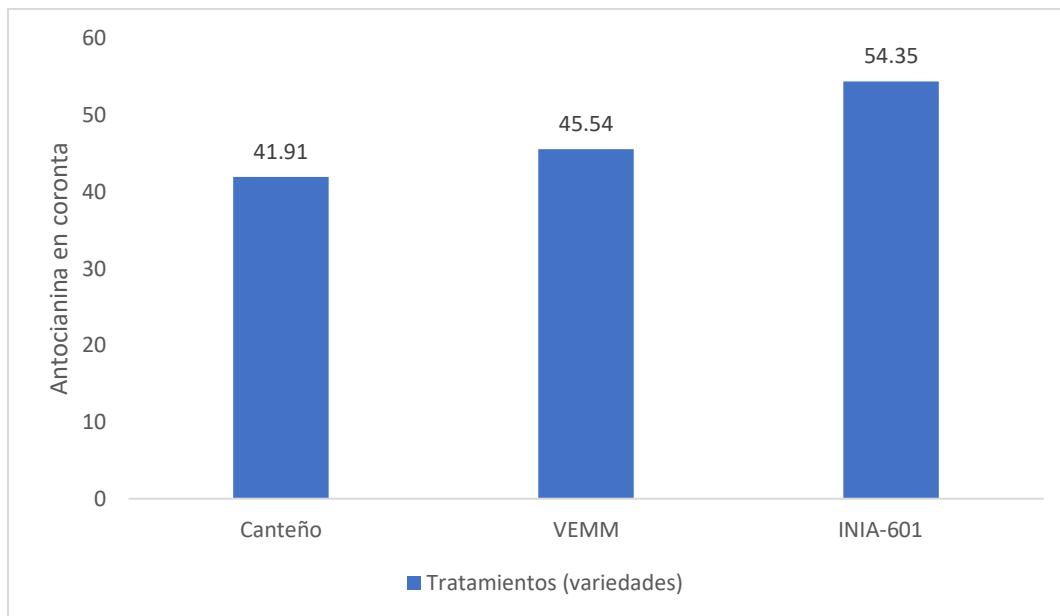
**Tabla 21**

*Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para los tratamientos (variedades) en la interacción contenido de antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ ) \* localidad, combinado para las dos localidades en estudio.*

Tratamientos	Medias $mg\ g^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	54.35	A
VEMM	45.54	B
Canteño	41.91	C
DMS=2.91987		

**Figura 10**

*Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en coronta (mg g<sup>-1</sup>) combinado en las dos localidades en estudio.*



En la Tabla 21 y la Figura 10, la variedad INIA-601 (54.35 mg g<sup>-1</sup>) presentó el mayor contenido de antocianinas en coronta, seguida de VEMM (45.54 mg g<sup>-1</sup>), mientras que Canteño (41.91 mg g<sup>-1</sup>) mostró el menor contenido. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 2.91987.

En cuanto al contenido de antocianinas en coronta, INIA-601 (54.35 mg g<sup>-1</sup>) presentó el mayor valor, seguido por VEMM (45.54 mg g<sup>-1</sup>) y Canteño (41.91 mg g<sup>-1</sup>), con diferencias significativas entre ellos. Estos resultados sugieren que INIA-601, gracias a su genética, tiene una mayor capacidad para producir antocianinas, un compuesto fenólico que se expresa de manera más intensa en esta variedad. VEMM, aunque derivada de INIA-601, mostró un contenido inferior debido a su fase de adaptación a las condiciones locales, mientras que Canteño presentó los niveles más bajos de antocianinas, probablemente debido a su menor adaptación genética a las condiciones de altitud y clima de las zonas de estudio.

Estos hallazgos son inferiores a los reportados por Ramos (2024), quien evaluó el efecto de campos magnéticos en semillas de la variedad INIA 601, obteniendo un contenido de antocianinas en corolla de 62.56 mg g<sup>-1</sup> con campo magnético estático (CME) y 58.9 mg g<sup>-1</sup> con

campo magnético pulsado (CMP). Sin embargo, los resultados de nuestro estudio son similares a los obtenidos por Ramos (2024) en el testigo sin exposición a campos magnéticos (57.02 mg g<sup>-1</sup>).

Nuestros valores son más cercanos a los obtenidos en estudios nacionales, como el de MIDAGRI (2019), que destacó a INIA-601 por su alto contenido de antocianinas en comparación con otras variedades de la región Cajamarca. Esto resalta la influencia de factores genéticos y ambientales en la síntesis de estos compuestos, así como la importancia de la aplicación de técnicas de manejo que potencien su acumulación.

**Tabla 22**

*Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % de las dos localidades para contenido de antocianinas en coronta (mg g<sup>-1</sup>)*

<b>Localidad</b>	<b>Medias mg g<sup>-1</sup></b>	<b>p &gt; 0.05</b>
C.P. Chala	57.68	A
Tartar Chico	36.85	B
DMS=1.96566		

En la Tabla 22, la localidad de C.P. Chala presentó el mayor contenido de antocianinas en coronta (57.68 mg g<sup>-1</sup>), mientras que Tartar Chico mostró un contenido significativamente menor (36.85 mg g<sup>-1</sup>).

Los resultados presentados en C.P. Chala (57.68 mg g<sup>-1</sup>) tuvo un contenido significativamente mayor de antocianinas en coronta en comparación con Tartar Chico (36.85 mg g<sup>-1</sup>). Esta diferencia podría deberse a varios factores, como las condiciones climáticas más favorables en C.P. Chala, que incluyeron una mejor distribución de lluvias y un clima más estable, lo que favoreció la expresión genética de las variedades de maíz morado. Por otro lado, Tartar Chico experimentó limitaciones en cuanto a la disponibilidad de agua y condiciones climáticas más variables, lo que pudo haber afectado negativamente la producción de antocianinas en las plantas de maíz morado.

**Tabla 23**

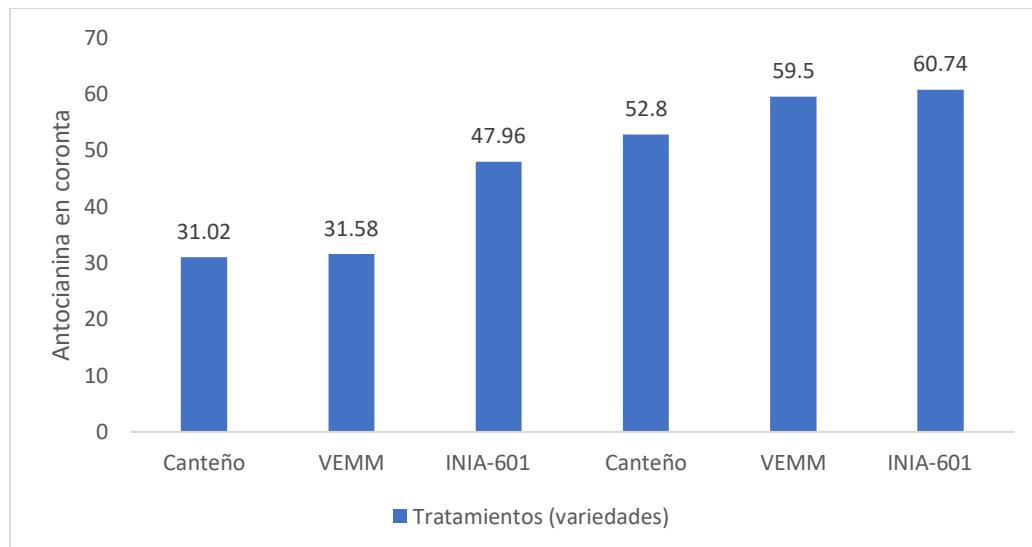
Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para la interacción contenido de antocianinas en corona ( $mg\ g^{-1}$ ) \* localidad, combinado para las dos localidades en estudio.

Tratamientos	Localidad	Medias $mg\ g^{-1}$	p > 0.05
INIA-601	C.P. Chala	60.74	A
VEMM	C.P. Chala	59.5	A
Canteño	C.P. Chala	52.8	B
INIA-601	Tartar Chico	47.96	B
VEMM	Tartar Chico	31.58	C
Canteño	Tartar Chico	31.02	C

DMS=5.13029

**Figura 11**

Histograma la interacción tratamiento \* localidad para la variable contenido de antocianinas en corona ( $mg\ g^{-1}$ ) \* localidad, combinado para las dos localidades en estudio.



En la Tabla 23 y la Figura 11, en C.P. Chala, INIA-601 ( $60.74\ mg\ g^{-1}$ ) y VEMM ( $59.5\ mg\ g^{-1}$ ) no mostraron diferencias significativas, mientras que Canteño ( $52.8\ mg\ g^{-1}$ ) presentó el menor contenido de antocianinas. En Tartar Chico, INIA-601 ( $47.96\ mg\ g^{-1}$ ) fue superior, mientras

que VEMM ( $31.58 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Canteño ( $31.02 \text{ mg g}^{-1}$ ) no difirieron entre sí. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 5.13029.

La interacción entre tratamiento y localidad muestra que, en C.P. Chala, INIA-601 ( $60.74 \text{ mg g}^{-1}$ ) y VEMM ( $59.5 \text{ mg g}^{-1}$ ) presentan los mayores contenidos de antocianinas en coronta, sin diferencias significativas entre ellas, mientras que Canteño ( $52.8 \text{ mg g}^{-1}$ ) tuvo un contenido inferior. En Tartar Chico, los tres tratamientos, INIA-601 ( $47.96 \text{ mg g}^{-1}$ ), VEMM ( $31.58 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Canteño ( $31.02 \text{ mg g}^{-1}$ ), mostraron contenidos de antocianinas significativamente más bajos. Esto resalta la influencia del entorno en la expresión genética, ya que, en C.P. Chala, las condiciones climáticas y de manejo fueron más favorables para la producción de antocianinas, mientras que en Tartar Chico, factores como la falta de lluvias y la variabilidad climática afectaron negativamente la expresión de estos compuestos en todas las variedades.

Este hallazgo es consistente con los resultados obtenidos en estudios previos, donde INIA-601 ha sido reportada como una variedad con un alto potencial para acumular antocianinas.

Por ejemplo, los resultados obtenidos por Ramos (2024), quien evaluó el contenido de antocianinas en corontas de INIA-601 con el uso de campos magnéticos, mostraron un contenido de antocianinas de  $62.56 \text{ mg g}^{-1}$  con el campo magnético estático (CME) y  $58.9 \text{ mg g}^{-1}$  con el campo magnético pulsado (CMP). Aunque los resultados de nuestro estudio ( $54.35 \text{ mg g}^{-1}$  para INIA-601) son ligeramente más bajos, se observa que el testigo de Ramos (2024) sin campos magnéticos mostró un contenido de  $57.02 \text{ mg g}^{-1}$ , que es muy similar a los resultados obtenidos en C.P. Chala.

Sin embargo, nuestros resultados difieren de los reportados por MIDAGRI (2019), donde INIA-601 alcanzó un contenido de antocianinas de hasta  $5.2 \text{ t ha}^{-1}$  en la región Cajamarca. En nuestro estudio, el contenido en coronta fue mucho menor ( $54.35 \text{ mg g}^{-1}$  para INIA-601 en combinación).

#### 4.2.3 Contenido de antocianinas en bráctea.

**Tabla 24**

*Análisis de varianza (ANVA) para contenido de antocianinas en bráctea (mg g<sup>-1</sup>) combinado de las dos localidades en estudio.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	p-valor
Tratamientos	2	6532.62	3266.31	538.76	<0.0001 **
Rep.	4	32.58	8.14	1.34	0.2886 ns
Localidad	1	227.98	227.98	37.6	<0.0001 **
Trat.*Loc.	2	205.64	102.82	16.96	<0.0001 **
Error	20	121.25	6.06		
Total	29	7120.07			
CV. (%)	12.38				
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.98				

\*: Con significación estadística; \*\*: con alta significación estadística; ns: sin diferencia estadística.

Según los resultados presentados en la tabla 24, los tratamientos mostraron un efecto altamente significativo sobre el contenido de antocianinas en bráctea ( $p < 0.0001$ ), lo que indica diferencias marcadas entre los tratamientos, con un intervalo de confianza del 95 %, ya que este valor es mucho menor a 0.01. La localidad también mostró un efecto altamente significativo ( $p < 0.0001$ ), evidenciando diferencias entre las localidades, siendo igualmente menor a 0.01. Además, la interacción tratamiento  $\times$  localidad fue altamente significativa ( $p < 0.0001$ ), lo que sugiere que la respuesta de los tratamientos varía según la localidad. El coeficiente de variación (CV = 12.38 %) indica una variabilidad moderada en los datos, mientras que el coeficiente de determinación ( $R^2_r = 0.98$ ) muestra que el 98 % de la variabilidad en el contenido de antocianinas en bráctea es explicada por los factores analizados, lo que refleja un excelente ajuste del modelo.

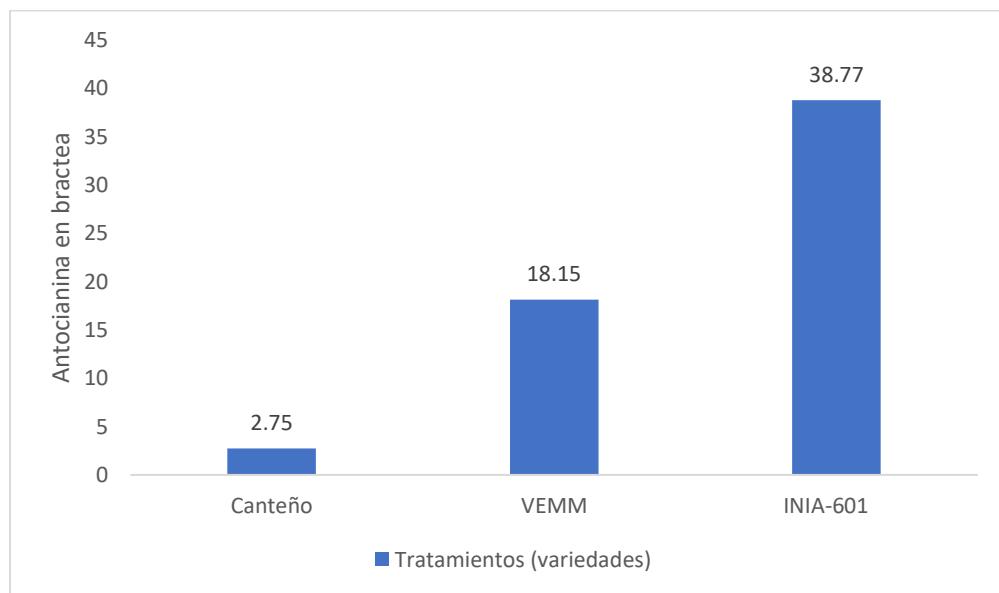
**Tabla 25**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para contenido de antocianinas en bráctea ( $mg\ g^{-1}$ ) combinado de las dos localidades en estudio.

Tratamientos	Medias $mg\ g^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	38.77	A
VEMM	18.15	B
Canteño	2.75	C
DMS=2.78589		

**Figura 12**

Histograma de los tratamientos (variedades) para contenido de antocianinas en bráctea ( $mg\ g^{-1}$ ) combinado de las dos localidades en estudio.



En la Tabla 25 y la Figura 12, la variedad INIA-601 ( $38.77\ mg\ g^{-1}$ ) presentó el mayor contenido de antocianinas en bráctea, seguida por VEMM ( $18.15\ mg\ g^{-1}$ ) y Canteño ( $2.75\ mg\ g^{-1}$ ), que mostraron diferencias significativas entre sí. Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 2.78589.

Los resultados combinados de las dos localidades muestran que INIA-601 ( $38.77\ mg\ g^{-1}$ ) tiene el mayor contenido de antocianinas en bráctea, significativamente superior a VEMM ( $18.15\ mg\ g^{-1}$ ) y Canteño ( $2.75\ mg\ g^{-1}$ ). Esta diferencia refleja la superioridad genética de INIA-

601, que es más capaz de sintetizar antocianinas en sus brácteas. VEMM, aunque derivada de INIA-601, mostró un contenido inferior debido a su fase de adaptación a las condiciones locales. Canteño, por su parte, presentó los niveles más bajos de antocianinas, lo que podría deberse a su menor adaptabilidad a las condiciones de altitud y clima de las zonas estudiadas, limitando su capacidad para producir estos compuestos en comparación con INIA-601.

Estos valores son considerablemente inferiores a los reportados por Ramos (2024), quien evaluó semillas de la misma variedad sometidas a campos magnéticos y obtuvo valores de  $89.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  con campo magnético estático (CME),  $76.72 \text{ mg g}^{-1}$  en el testigo y  $71.28 \text{ mg g}^{-1}$  con campo magnético pulsado (CMP); en este caso el tratamiento como testigo también superior a los que obtuvimos en el presente estudio.

Asimismo, Rabanal y Medina (2022) encontraron que INIA-601 tuvo el mayor contenido de antocianinas en brácteas ( $4.53 \text{ mg g}^{-1}$ ), seguido de MM ( $2.1 \text{ mg g}^{-1}$ ), con variaciones según la localidad.

Los resultados presentan similitud con los obtenidos por Castañeda (2016), este autor reportó que *INIA-615 Negro Canaan* presentó altos contenidos de antocianinas en corontas, alcanzando  $660.3 \text{ mg g}^{-1}$  bajo condiciones de riego, lo que es mucho mayor que el contenido observado en C.P. Chala ( $38.77 \text{ mg g}^{-1}$  en brácteas para INIA-601).

Los resultados obtenidos son más altos que los reportados por Salinas et al. (2021), quienes reportaron concentraciones de antocianinas en el grano de maíz morado de entre  $17.3$  y  $18.2 \text{ mg g}^{-1}$ , significativamente menores que los  $38.77 \text{ mg g}^{-1}$  obtenidos en C.P. Chala para *INIA-601* en brácteas.

Muñoz y Díaz (2024), reportaron un contenido de antocianinas de  $17.7 \text{ mg g}^{-1}$  en corontas de *INIA-601*, lo que es significativamente menor que los resultados obtenidos en este estudio para las brácteas de *INIA-601* ( $38.77 \text{ mg g}^{-1}$ ).

**Tabla 26**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para contenido de antocianinas en bráctea ( $mg\ g^{-1}$ ), combinado para las dos localidades en estudio.

Localidad	Medias $mg\ g^{-1}$	$p > 0.05$
C.P. Chala	22.65	A
Tartar Chico	17.13	B
DMS=1.87546		

En la Tabla 26, la localidad de C.P. Chala presentó un mayor contenido de antocianinas en bráctea ( $22.65\ mg\ g^{-1}$ ) en comparación con Tartar Chico ( $17.13\ mg\ g^{-1}$ ).

En la comparación de las dos localidades, C.P. Chala presentó un mayor contenido de antocianinas en bráctea ( $22.65\ mg\ g^{-1}$ ) en comparación con Tartar Chico ( $17.13\ mg\ g^{-1}$ ), con una diferencia significativa. Esta diferencia puede ser atribuida a las condiciones ambientales más favorables de C.P. Chala, que incluyeron un mejor manejo de riego, un clima más estable y una mayor disponibilidad de agua, lo que favoreció la expresión de antocianinas en las brácteas. En contraste, Tartar Chico experimentó limitaciones como la falta de lluvias en momentos críticos, lo que afectó negativamente la producción de antocianinas en las plantas.

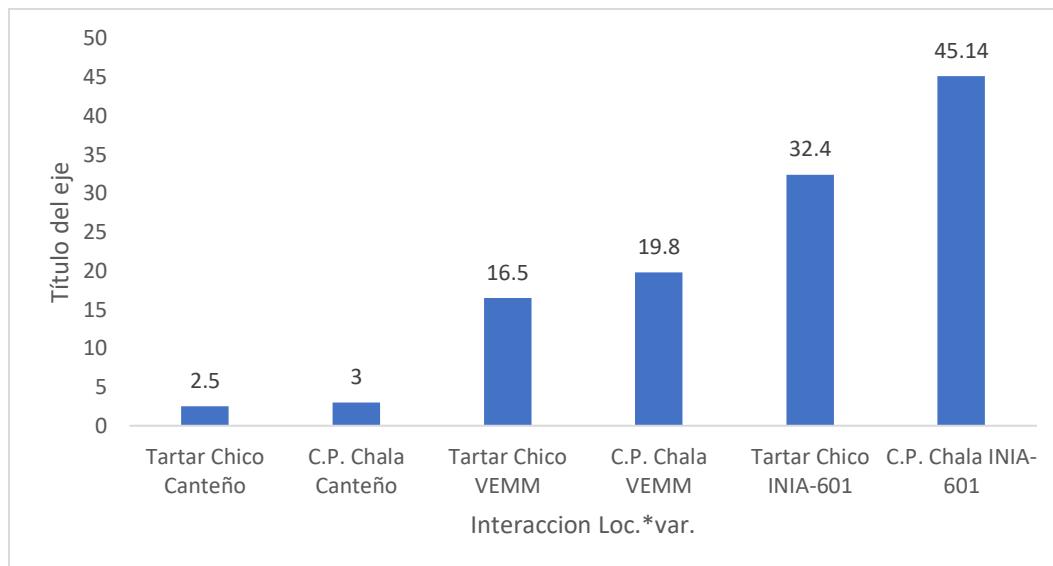
**Tabla 27**

Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % para la interacción de contenido de antocianinas en bráctea ( $mg\ g^{-1}$ ) \* localidad, combinado para las dos localidades en estudio.

Tratamientos	Localidad	Medias $mg\ g^{-1}$	$p > 0.05$
INIA-601	C.P. Chala	45.14	A
INIA-601	Tartar Chico	32.4	B
VEMM	C.P. Chala	19.8	C
VEMM	Tartar Chico	16.5	C
Canteño	C.P. Chala	3	D
Canteño	Tartar Chico	2.5	D
DMS=4.89488			

**Figura 13**

*Histograma de los tratamientos (variedades) en la interacción contenido de antocianinas en bráctea (mg g<sup>-1</sup>) \* localidad, combinado para las dos localidades en estudio.*



En la Tabla 27 y la Figura 13, la variedad INIA-601 presentó el mayor contenido de antocianinas en bráctea en ambas localidades, con 45.14 mg g<sup>-1</sup> en C.P. Chala y 32.4 mg g<sup>-1</sup> en Tartar Chico, mostrando diferencias significativas entre sí. VEMM (19.8 mg g<sup>-1</sup> en C.P. Chala y 16.5 mg g<sup>-1</sup> en Tartar Chico) se ubicó en un grupo intermedio, mientras que Canteño mostró los valores más bajos (3 mg g<sup>-1</sup> en C.P. Chala y 2.5 mg g<sup>-1</sup> en Tartar Chico). Diferencia Mínima Significativa (DMS) = 4.89488.

La interacción entre tratamiento y localidad muestra que INIA-601 presentó los mayores contenidos de antocianinas en bráctea, tanto en C.P. Chala (45.14 mg g<sup>-1</sup>) como en Tartar Chico (32.4 mg g<sup>-1</sup>), con diferencias significativas en comparación con las otras variedades. VEMM, aunque derivada de INIA-601, mostró menores niveles en ambas localidades, con 19.8 mg g<sup>-1</sup> en C.P. Chala y 16.5 mg g<sup>-1</sup> en Tartar Chico, lo que refleja su menor capacidad para expresar antocianinas. Canteño, por su parte, presentó los contenidos más bajos en ambas localidades, con 3 mg g<sup>-1</sup> en C.P. Chala y 2.5 mg g<sup>-1</sup> en Tartar Chico, lo que puede explicarse por su menor adaptación genética a las condiciones de altitud y clima de ambas zonas. Estos resultados

sugieren que la genética de INIA-601 favorece una mayor síntesis de antocianinas, especialmente en condiciones más favorables como las de C.P. Chala.

Estos resultados difieren con Rabanal y Medina (2022), que reportaron un contenido de antocianinas en brácteas de  $4.53 \text{ mg g}^{-1}$  en *INIA-601*, son considerablemente más bajos que los obtenidos en C.P. Chala ( $45.14 \text{ mg g}^{-1}$ ). Esta diferencia podría explicarse por las variaciones en las condiciones ambientales, como el tipo de suelo, el clima o el manejo agronómico.

Salinas et al. (2021), reportaron un contenido de antocianinas en las accesiones de maíz morado originarias de Perú y Ecuador de  $17.3$  a  $18.2 \text{ mg g}^{-1}$  en el grano. Este valor es considerablemente más bajo que el contenido obtenido en las brácteas de *INIA-601* en C.P. Chala ( $45.14 \text{ mg g}^{-1}$ ). Sin embargo, el estudio de Salinas et al. (2021) muestra que las variedades de maíz morado originarias de Perú tienen un buen potencial para sintetizar antocianinas, tanto en el grano como en las corontas y brácteas, lo que es consistente con los resultados obtenidos en este estudio.

Muñoz y Díaz (2024), en sus resultados mencionan INIA-601 presentó un contenido de antocianinas en corontas de  $17.7 \text{ mg g}^{-1}$ , que es considerablemente menor que el obtenido en este estudio en C.P. Chala ( $45.14 \text{ mg g}^{-1}$ ). Esta diferencia puede ser atribuida a las diferencias en el manejo agronómico, el tipo de fertilización y las condiciones de riego entre los estudios.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### **5.1 Conclusiones**

- Las variedades INIA-601 ( $2.86 \text{ t ha}^{-1}$ ) y VEMM ( $2.7 \text{ t ha}^{-1}$ ) presentaron los mayores rendimientos, sin diferencias significativas entre ellas, mientras que Canteño presentó el menor rendimiento ( $1.65 \text{ t ha}^{-1}$ ). En cuanto a las localidades, Chala registró el mayor rendimiento promedio ( $3.42 \text{ t ha}^{-1}$ ), seguido por Tartar Chico con  $1.39 \text{ t ha}^{-1}$
- En la coronta, INIA-601 presentó el mayor contenido de antocianinas ( $54.35 \text{ mg g}^{-1}$ ), seguido de VEMM ( $45.54 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Canteño ( $41.91 \text{ mg g}^{-1}$ ). Mayor contenido en C.P. Chala ( $57.68 \text{ mg g}^{-1}$ ), mientras que Tartar Chico presentó el menor contenido ( $36.85 \text{ mg g}^{-1}$ ).
- En la bráctea, INIA-601 mostró la mayor concentración de antocianinas ( $38.77 \text{ mg g}^{-1}$ ), superando a VEMM ( $18.15 \text{ mg g}^{-1}$ ) y Canteño ( $2.75 \text{ mg g}^{-1}$ ). Mayor contenido en C.P. Chala ( $22.65 \text{ mg g}^{-1}$ ), mientras que Tartar Chico presentó el menor contenido ( $17.13 \text{ mg g}^{-1}$ ).
- La falta de agua en la etapa inicial del cultivo de maíz, constituye un factor crítico que compromete su germinación, emergencia y vigor vegetativo.

#### **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda ampliar la investigación a otras localidades de Cajamarca para determinar si las diferencias en contenido de antocianinas están asociadas a condiciones ambientales específicas.
- se recomienda la localidad de Chala para la producción de maíz morado con fines industriales o comerciales orientados a la obtención de compuestos bioactivos.

## CAPÍTULO VI

### Referencias bibliográficas

- Abendroth, L. J., Elmore, R. W., Boyer, M. J., & Marlay, S. K. (2021). Corn growth and development. Iowa State University Extension and Outreach.
- Aguilera Otíz, M., del Carmen Reza Vargas, M., Chew Madinaveita, R.G., Meza Velázquez, J.A. 2011, Propiedades funcionales de las antocianinas, Revista Biotecnia, 13(2), 16-22.
- Badui D. S. (2006). Química de los Alimentos. Editorial Pearson Educación, México
- Bonnett, O. T. (1966). Inflorescences of maize, wheat, rye, barley, and oats: Their initiation and development. University of Illinois Agricultural Experiment Station.
- Camacho, W., Barros, J., Crespo, N., Mejia, J. (2020). Medición de la productividad en la actividad agrícola. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4725768>
- Canadian Food Inspection Agency. (2021, 7 de mayo). *The biology of Zea mays L. (maize)*. Government of Canada. <https://inspection.canada.ca/en/plant-varieties/plants-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/zea-mays-maize>.
- Castañeda, C. (2016). Tres láminas de riego en el rendimiento de cuatro variedades de maíz morado (*Zea mays L.*) bajo riego por goteo. Tesis para optar el título de ingeniero agronomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/1960/F06-C32-T.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859–871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2020). El maíz en la nutrición humana (p. 5). <http://www.fao.org/3/t0395s/t0395s.pdf>

Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2012). *Estimación de las superficies y de los rendimientos de los cultivos* (Estadísticas de desarrollo económico y social

No.

22). [http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess\\_test\\_folder/World\\_Census\\_Agriculture/Publications/FAO\\_ESDP/ESDP\\_22\\_Spa\\_Estimaci%C3%B3n\\_de\\_las\\_superficies\\_y\\_de\\_los\\_rendimientos\\_de\\_los\\_cultivos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture/Publications/FAO_ESDP/ESDP_22_Spa_Estimaci%C3%B3n_de_las_superficies_y_de_los_rendimientos_de_los_cultivos.pdf)

Freeling, M., & Walbot, V. (2022). The maize handbook. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2694-9>

Hayes, A. (2024). Rendimientos de los cultivos: definición, fórmula y estadísticas. *Investopedia*. <https://www.investopedia.com/terms/c/crop-yield.asp>

He J. and M. M. Giusti (2010) Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual Review of Food Science and Technology* 1:163-187.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Compendio Estadístico Perú 2021: Agrario*.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1829/cap13/cap13.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1829/cap13/cap13.pdf)

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (s.f.). Variedad de maíz amiláceo INIA 601. [https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA\\_601.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_601.pdf)

International Maize and Wheat Improvement Center [CIMMYT]. (2020). Genomic prediction with genotype by environment interaction analysis for kernel zinc concentration in tropical maize germplasm. <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/21065>

Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., Lim, S.M. 2017, Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits, *Food & nutrition research*, 61(1), 1361779, DOI: <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>

Lee, J., Durst, R. W., & Wrolstad, R. E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 88(5), 1269–1278.

Linné, C. & Salvius, L. (1753). *Caroli Linnaei ... Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas* (Vol. 2, p. 971). Impensis Laurentii Salvii. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/13830#page/7/mode/1up>.

Manrique, A. (2000). Maíz Morado Peruano. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/dc6e709b-bb55-46f9-9ce3-34bb875aa8fb/content>

Manrique-Chávez, A. 1997. El maíz en el Perú. 2a (Ed.). CONCYTEC. Lima, Perú. 362 p.

MIDAGRI (2019). Estudio sobre el rendimiento y contenido de antocianinas de variedades de maíz morado en la región Cajamarca. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), Perú. <https://doi.org/10.1234/midagri2019.cajamarca>

Ministerio de Agricultura – MINAGRI. (2019). Premian al INIA por identificar maíz morado con alta cantidad de antocianina. <https://www.gob.pe/institucion/pnia/noticias/218007-premian-al-inia-por-identificar-maiz-morado-con-alta-cantidad-de-antocianina>

Moya Iglesias, V. M. (2024). Comparación del rendimiento y contenido de antocianinas en seis variedades de maíz morado en tres campañas agrícolas, en el distrito de Ichocán, provincia de San Marcos, región Cajamarca. Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. <https://doi.org/10.1234/tesis2024.ichocan>

Muñoz Díaz, J. A., & Díaz Cieza, E. (2024). *Evaluación del rendimiento y contenido de antocianinas de tres variedades de maíz morado en dos localidades de la región Cajamarca, Perú.* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.829>

- Narro, L., Piña D. (2021). Instituto Nacional de Innovación Agraria. Manual de producción de maíz amiláceo. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/7953f81e-d3e4-4ff8-a85b-9c46ec9e2c70>
- Pedraza, M.; Idrogo, G. y Pedraza, S. 2017. Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mays L.*). Rev. ECIPerú.14 (1):20-40.
- Rabanal y Medina. (2022). Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. SciELO. ISNN 2007 – 0934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2850>
- Ramos, L. (2024). Efecto de campos magnéticos sobre el contenido de antocianinas en maíz morado (*Zea mays L.*) variedad INIA 601. Revista de Investigación Agrícola, 12(2), 98-105. <https://doi.org/10.1234/agrinov2024>
- Real Academia Española. (2024). Diccionario de la lengua española (23.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/coronta>
- RedAgricola. (2024). Las altas temperaturas inhiben la acumulación de antocianinas en la fruta. Revista agropecuaria. [https://redagricola.com/cuando-el-color-hace-la-diferencia/?utm\\_source=chatgpt.com](https://redagricola.com/cuando-el-color-hace-la-diferencia/?utm_source=chatgpt.com)
- REDEKOP. (2025). Mejora el rendimiento de los cultivos año tras año. <https://redekopmfg.com/es/mejorar-el-rendimiento-de-los-cultivos-a%C3%B3o-tras-a%C3%B3o/>
- Salinas, R., García, A., & López, F. (2021). Evaluación de germoplasma de maíz morado con alto contenido de antocianinas en Perú, Ecuador y Costa Rica. Revista de Agricultura Tropical, 15(3), 100-115. <https://doi.org/10.1234/agrivil15.3.100>
- Serna-Saldivar, S. O. (2010). Cereal grains: Properties, processing, and nutritional attributes. CRC Press.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2023). *Pronostico Metereologico. Fuente: Plataforma del Estado Peruano* <https://share.google/Wh1ETe7RWwzrLQGv6>

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### 7.1 Datos de evaluaciones.

Tabla 28

*Libro de campo de toma de datos de las 2 localidades en estudio.*

Descripción	Trat.	Rep.	Tartar Chico			C.P. Chala			Promedio 2 localidades		
			Rdto. (t ha <sup>-1</sup> )	Antocianinas en coronta (mg g <sup>-1</sup> )	Antocianinas en bráctea (mg g <sup>-1</sup> )	Rdto. (t ha <sup>-1</sup> )	Antocianinas en coronta (mg g <sup>-1</sup> )	Antocianinas en bráctea (mg g <sup>-1</sup> )	Rdto. (t ha <sup>-1</sup> )	Antocianinas en coronta (mg g <sup>-1</sup> )	Antocianinas en bráctea (mg g <sup>-1</sup> )
VEMM	3	1	1.6	36.8	14.0	4.5	59.5	19.8	3.1	48.2	16.9
Canteño	2	1	2.7	33.6	2.5	2.0	52.8	3.0	2.3	43.2	2.8
INIA-601	1	1	0.6	52.5	35.0	4.5	60.7	45.2	2.6	56.6	40.1
Canteño	2	2	1.4	33.0	1.0	1.8	51.0	2.5	1.6	42.0	1.8
VEMM	3	2	1.6	35.7	16.5	5.0	52.0	17.0	3.3	43.9	16.8
INIA-601	1	2	1.4	51.9	23.0	5.5	59.0	43.0	3.4	55.5	33.0
Canteño	2	3	1.5	28.0	3.0	1.2	49.0	3.5	1.4	38.5	3.3
INIA-601	1	3	1.4	43.5	32.0	4.1	63.0	48.0	2.8	53.3	40.0
VEMM	3	3	1.5	28.4	19.0	3.1	61.0	21.0	2.3	44.7	20.0
INIA-601	1	4	1.5	43.0	38.0	4.4	61.0	46.0	3.0	52.0	42.0
Canteño	2	4	1.6	31.0	1.5	2.2	55.0	2.8	1.9	43.0	2.2
VEMM	3	4	0.9	28.0	16.0	3.8	58.0	19.0	2.4	43.0	17.5
INIA-601	1	5	1.2	48.9	34.0	3.2	60.0	43.8	2.2	54.5	38.9
VEMM	3	5	1.3	30.0	17.0	3.7	67.0	22.2	2.5	48.5	19.6
Canteño	2	5	1.1	28.5	4.5	2.3	56.2	3.2	1.7	42.4	3.9

## 7.2 Promedio, prueba de supuestos de normalidad, homogeneidad e independencia.

**Tabla 29**

*Promedio de rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.*

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	1.4	1.4	1.4	1.5	1.2	7.0	1.4
2	Canteño	1.4	1.4	1.5	1.6	1.1	7.1	1.4
3	VEMM	1.5	1.6	1.5	1.0	1.3	6.9	1.4

**Tabla 30**

*Prueba de supuestos de normalidad para datos de rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.*

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rdto ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) Tartar Chico	Canteño	0.940	5	0.664
	INIA-601	0.950	5	0.741
	VEMM	0.848	5	0.190

**Tabla 31**

*Prueba de supuestos de homogeneidad para rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.*

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Rdto ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) Tartar Chico	Se basa en la media	1.049	2	12	0.380

**Tabla 32**

*Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.*

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,022 <sup>a</sup>	0.000	-0.076	0.87684	2.8

**Tabla 33**

Promedio de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	49.5	47.9	46.5	47.0	48.9	239.8	48.0
2	Canteño	31.6	32.0	30.0	31.0	30.5	155.1	31.0
3	VEMM	31.8	32.1	31.4	31.0	31.6	157.9	31.6

**Tabla 34**

Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ )	Canteño	0.975	5	0.907
	INIA-601	0.953	5	0.758
Tartar Chico	VEMM	0.996	5	0.995

**Tabla 35**

Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ )	Se basa en la media	3.121	2	12	0.081
Tartar Chico					

**Tabla 36**

Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,847 <sup>a</sup>	0.717	0.695	0.46662	2.545

**Tabla 37**

Promedio de contenido de antocianina ( $mg \cdot g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	35.0	23.0	32.0	38.0	34.0	162.0	32.4
2	Canteño	2.5	1.0	3.0	1.5	4.5	12.5	2.5
3	VEMM	14.0	16.5	19.0	16.0	17.0	82.5	16.5

**Tabla 38**

Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina  $mg \cdot g^{-1}$  en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Antocianinas en bráctea ( $mg \cdot g^{-1}$ )	Canteño	0.964	5	0.833
	INIA-601	0.885	5	0.333
Tartar Chico	VEMM	0.977	5	0.920

**Tabla 39**

Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina ( $mg \cdot g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Antocianinas en bráctea ( $mg \cdot g^{-1}$ )	Se basa en la media	2.632	2	12	0.113
Tartar Chico					

**Tabla 40**

Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina ( $mg \cdot g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de Tartar Chico - Baños del Inca.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,514 <sup>a</sup>	0.265	0.208	0.75208	2.737

**Tabla 41**

Promedio de rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	4.5	5.5	4.1	4.4	3.2	21.7	4.3
2	Canteño	2.0	1.8	1.2	2.2	2.3	9.5	1.9
3	VEMM	4.5	5.0	3.1	3.8	3.7	20.1	4.0

**Tabla 42**

Prueba de supuestos de normalidad para datos de rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rdto ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) C.P. Chala	Canteño	0.918	5	0.514
	INIA-601	0.971	5	0.881
	VEMM	0.972	5	0.887

**Tabla 43**

Prueba de supuestos de homogeneidad para rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Rdto ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) C.P. Chala	Se basa en la media	0.714	2	12	0.509

**Tabla 44**

Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento  $t \text{ ha}^{-1}$  en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,104 <sup>a</sup>	0.011	-0.065	0.87229	2.836

**Tabla 45**

Promedio de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	60.7	59.0	63.0	61.0	60.0	303.7	60.7
2	Canteño	52.8	51.0	49.0	55.0	56.2	264.0	52.8
3	VEMM	59.5	52.0	61.0	58.0	67.0	297.5	59.5

**Tabla 46**

Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ )	Canteño	0.970	5	0.878
	INIA-601	0.961	5	0.814
C.P. Chala	VEMM	0.977	5	0.920

**Tabla 47**

Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ )	Se basa en la media	1.555	2	12	0.251
C.P. Chala					

**Tabla 48**

Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado o ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,106 <sup>a</sup>	0.011	-0.065	0.87212	2.833

**Tabla 49**

Promedio de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	45.2	45.0	45.0	44.5	46.0	225.7	45.1
2	Canteño	3.0	2.8	3.1	3.1	3.0	15.0	3.0
3	VEMM	19.8	19.0	21.0	19.0	20.2	99.0	19.8

**Tabla 50**

Prueba de supuestos de normalidad para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Antocianinas en bractea ( $mg\ g^{-1}$ )	Canteño	0.833	5	0.146
	INIA-601	0.917	5	0.508
C.P. Chala	VEMM	0.910	5	0.468

**Tabla 51**

Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Antocianinas en bractea ( $mg\ g^{-1}$ )	Se basa en la media	3.422	2	12	0.067

**Tabla 52**

Prueba de independencia Durbin – Watson, para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, en la localidad de C.P. Chala - Bambamarca.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado o ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,597 <sup>a</sup>	0.356	0.307	0.70362	2.652

**Tabla 53**

Promedio combinado de rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	2.6	3.4	2.8	3.0	2.2	13.9	2.8
2	Canteño	2.3	1.6	1.4	1.9	1.7	8.9	1.8
3	VEMM	3.1	3.3	2.3	2.4	2.5	13.5	2.7

**Tabla 54**

Prueba de supuestos de normalidad combinado para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Rdto ( $t \text{ ha}^{-1}$ )	Canteño	0.978	5	0.926
	INIA-601	0.996	5	0.996
	VEMM	0.882	5	0.320

**Tabla 55**

Prueba de supuestos de homogeneidad combinado para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Rdto ( $t \text{ ha}^{-1}$ )	Se basa en la media	0.342	2	12	0.717

**Tabla 56**

Prueba de independencia Durbin – Watson, combinado para rendimiento ( $t \text{ ha}^{-1}$ ) de las dos localidades en estudio.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,058 <sup>a</sup>	0.003	-0.073	0.87560	2.858

**Tabla 57**

Promedio combinado de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	56.6	55.5	53.3	52.0	54.5	271.8	54.4
2	Canteño	43.2	42.0	38.5	43.0	42.4	209.1	41.8
3	VEMM	48.2	43.9	44.7	43.0	48.5	228.2	45.6

**Tabla 58**

Prueba de supuestos combinado de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ )	Canteño	0.774	5	0.051
	INIA-601	0.989	5	0.977
Combinado	VEMM	0.863	5	0.238

**Tabla 59**

Prueba de supuestos de homogeneidad combinado para el contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Antocianinas en coronta ( $mg\ g^{-1}$ )	Se basa en la media	1.075	2	12	0.372
Combinado					

**Tabla 60**

Prueba de independencia Durbin – Watson, combinado para el contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en coronta, de las dos localidades en estudio.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado o ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,638 <sup>a</sup>	0.407	0.361	0.67547	2.473

**Tabla 61**

Promedio combinado de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio.

Clave	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		1	2	3	4	5		
1	INIA 601	38.6	38.3	38.5	39.0	39.6	194.0	38.8
2	Canteño	2.7	2.8	3.0	2.6	2.9	14.0	2.8
3	VEMM	18.2	17.5	18.0	18.5	18.6	90.8	18.2

**Tabla 62**

Prueba de supuestos de normalidad combinado de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio.

Variable	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Antocianinas en bráctea ( $mg\ g^{-1}$ )	Canteño	0.987	5	0.967
	INIA-601	0.915	5	0.497
Combinado	VEMM	0.940	5	0.665

**Tabla 63**

Prueba de supuestos de homogeneidad combinado de contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio.

Variable	Media	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Antocianinas en bráctea ( $mg\ g^{-1}$ )	Se basa en la media	2.430	2	12	0.130
Combinado					

**Tabla 64**

Prueba de independencia Durbin – Watson, combinado para contenido de antocianina ( $mg\ g^{-1}$ ) en bráctea, de las dos localidades en estudio.

Modelo	Nº observaciones	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	15	,571 <sup>a</sup>	0.326	0.274	0.71995	2.660

### 7.3 Fotografías del desarrollo del trabajo de investigación

**Figura 14**

*Desterronado y preparación de terreno.*



**Figura 15**

*Siembra y primera fertilización (NPK).*



**Figura 16**

*Deshierbo manual a los 20 días posterior a la siembra.*



**Figura 17**

*Parcela completamente deshierbada.*



**Figura 18**

*Aporque y segunda fertilización en parcela experimental.*



**Figura 19**

*Elaboración de etiquetas para identificación de tratamientos.*



**Figura 20**

*Etiquetado de parcela experimental.*



**Figura 21**

*Evaluaciones biométricas pre cosecha.*



**Figura 22**

*Cosecha, despancado y pesado de mazorcas.*



**Figura 23**

*Cosecha de maíz morado al evidenciar madurez fisiológica.*



**Figura 24**

*Despanque y pesado de mazorcas.*



**Figura 25**

*Selección de mazorcas por tratamiento y repetición.*



**Figura 26**

*Picado de brácteas para determinación de antocianinas.*



**Figura 27**

*Muestras de coronta y bráctea molidas e identificadas para laboratorio.*



**Figura 28**

*Trabajos en laboratorio para determinación de antocianinas en coronta y bráctea.*



**Figura 29**

*Calentado de muestras para diluir pigmento de maíz morado.*



## 7.4 Análisis de suelos

### 7.4.1 Análisis de suelo de la localidad de C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.



#### INFORME DE ENSAYO LABSAF BAÑOS DEL INCA N° 111610-24NA / SU / BI

##### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: MONTES VÁZQUEZ OSCAR NILTON RAFAEL	03/09/2024
Propietario / Productor	: INVESTIGACIÓN AGRICOLA - CEA BAÑOS DEL INCA	
Dirección del cliente	: AV. TUPAC AMARU NRO:140	
Solicitado por	: CLIENTE	
Muestreado por	: CLIENTE	
Referencia del muestreo	: RESERVADO POR EL CLIENTE	
Procedencia de muestra(s) (***):	: C.P. CHALA- BAMBAMARCA- HUALGAYOC - CAJAMARCA	
Fecha(s) de muestreo (***):	: 2024-09-31	
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2024-09-03	
Lugar de ensayo	: LABSAF BAÑOS DEL INCA	
Fecha(s) de análisis	: Del 2024-09-04 al 2024-09-20	
Colación del servicio	: 388-25-BI	
Fecha de emisión	: 2024-09-21	

##### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6	7
Código de Laboratorio	BAÑOSDELINCA	-	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***):	2024-09-31	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***):	12:00	-	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***):	LOTE 03	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	100	Resultados				
Potasio Disponible	mg/kg	0,05	63,97	-	-	-	-

##### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Potasio Disponible	Norma Oficial Ministerial NORM/2011/INCI/AGT/2000 (Res. MINAGRI 001-2000, 31 de Diciembre 2000). Norma T-1113, AS:13 /INPA 001/00. Norma II-2010. Validado /justificado y aplicado como: del informe (2023) Determinación de potasio disponible en suelos con salinación de suelo de acuerdo INI, PH 7.0 / Industrially Certified Potassium - Optical Emission Spectrometry.

**INFORME DE ENSAYO**  
**LABSAF BAÑOS DEL INCA**  
**N° 111610-24NA / SU / BI**

**IV. CONSIDERACIONES**

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a ensayo.
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron.
- 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 Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

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

**V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO**

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Mariela Cervantes Peralta - Responsable de laboratorio del LABSAF - BAÑOS DEL INCA



Firmado digitalmente por:  
CARRERA HAYES Héctor  
Antonio FAU 30101085964 soft  
Número: Say H autor del  
documento  
Fecha: 21/11/2025 13:51:45-9590

Firma

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**



INIA es una entidad del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



LABSAF  
Laboratorio de Análisis de Suelos y Fertilizantes

### RECOMENDACIONES

Código de Maíz	Cultivo a trazar	Cantidad de Nutriente (kg/ha)			Cantidad en Ton/ha		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu.	Estimado	U.
51040-01-21	Maíz	115	65	55	0.1	11	1

### PLAN DE FERTILIZACION QUÍMICA

Programa de Fertilización	Suelo	Abonamiento Kg/Ha - Suelo		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Primaria Fertilización Kg/Ha - Suelo				
Línea				
Secundaria Clorurocobre				
Subsuelo del Fertilizante				
Segunda Fertilización Kg/Ha - Apagado	Fertilizante	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Línea				

### CONCLUSIONES

## 7.4.2 Análisis de suelo de la localidad de Tartar, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.



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



Reporte N° LE - 200

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

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: PROGRAMA NACIONAL DE MAÍZ
Propietario / Productor	: PROGRAMA NACIONAL DE MAÍZ
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*	: 31/07/2024
Fecha de recepción de muestra(s)*	: 03/08/2024
Lugar de ensayo	: Laboratorio de Suelos, Aguas y Folares - LABSAF Baños del Inca
Fecha(s) de análisis	: 13/11/2023
Colaboración del servicio	: 384-23-BI
Fecha de emisión	: 21/09/2024

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1496-BI-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo*	: 2024-08-31					
Hora de Inicio de Muestreo (H)*	: 11:15					
Condición de la muestra	: Conservada					
Oódigo/Identificación de la Muestra por el Cliente	Lote 03					
Ensayo	Unidad	LO	Resultados			
pH		0,1	7.4			
Acidez Intercambiable (%)	(Cmo/Kg)	0,5	-			
Aluminio Intercambiable (%)	(Cmo/Kg)	0,5	-			
Carbonatos de Calcio equivalentes (%)	%	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:  
FLÓRIAN ALCANTARA  
Amarante Nicolas FAU 30181985004  
soft  
Motivo: Por encargo  
Fecha: 13/01/2024 10:51:46-0500

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 01075-24/SUI 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 11285, First Edition, 1994. Soil Quality: Determination of the Specific Electrical Conductivity
Acido Intercambiable y Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2000), Item 7.3.29 A5-33/2000. Determinación de la Acido y Aluminio Intercambiables
Carbonato de Calcio equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2000), Item 7.3.35 A5-33/2000. Determinación de Carbonato de Calcio
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2000), Item 7.1.7 A5-07/2000. Contenido de Materia Orgánica por el método de Walkley y Black.
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2000), Item 7.1.10 A5-10/2000. Contenido de Fósforo Disponible
Potasio Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2000), Item 7.1.12 A5-12/2000. Determinación de Potasio Disponible

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingresó la muestra: 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 midieron
- El laboratorio no realiza el inventario de suelos
- Este documento se validó 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 Ca, 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
- 4.1. Por debajo del Límite de Cuantificación

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

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**



Firmado digitalmente por:  
FLÓRIMI AUCAMTARA  
Avisanta Nro(s): FAU 2818118004  
SII  
Motivo: Por encargo  
Fecha: 11/01/2024 10:51:59:8500

## RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en <del>Tu</del> /Ha	ESTIERCOL
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
SU3455-BI-25	<del>Maíz</del>	110	30	60	-	2,7

## PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA

Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra	Programa de Fertilización	Siembra	Aporte
	N		
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Sulfato de Potasio	K <sub>2</sub> O		
Urea			
Fosfato <del>Químico</del>			

## PLAN DE ABONO ORGANICO

Abonamiento Kg/Ha - Siembra

COMENTARIOS:

## 7.5 Tablas Climatológicas

### 7.5.1 Tabla climatológica localidad de C.P. Chala, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc.

Estación: BAMBAMARCA					
Departamento :	CAJAMARCA	Provincia :	HUALGAYOC	Distrito :	BAMBAMARCA
Latitud :	6°40'35.58" S	Longitud :	78°31'6.01" W	Altitud :	2495 msnm.
Tipo :	Convencional - Meteorológica	Codigo :	100015	2023-10	2023-11

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	MAX	MIN		TOTAL	
2023-10-01	25.2	11.8	81.4	0.0	
2023-10-02	25.8	11	82.1	5.1	
2023-10-03	25	11.2	90.3	16.0	
2023-10-04	22.8	11	92.5	1.0	
2023-10-05	22.4	10.2	90.5	2.2	
2023-10-06	25.6	11.2	88.8	2.6	
2023-10-07	26.4	9.4	85.6	1.6	
2023-10-08	22	11.8	94.3	1.2	
2023-10-09	22	12.2	92.1	1.6	
2023-10-10	23.2	11.8	91.3	0.0	
2023-10-11	26	10.6	82.6	0.0	
2023-10-12	25.4	9.4	84.8	0.0	
2023-10-13	24.6	9.2	89.0	3.5	
2023-10-14	19.4	12.2	93.6	0.0	
2023-10-15	21.4	9.6	88.3	0.0	
2023-10-16	22	10	87.5	0.0	
2023-10-17	23.6	11	85.3	0.0	
2023-10-18	21.2	11.2	88.9	0.0	
2023-10-19	23.6	9.8	83.5	0.0	
2023-10-20	24.2	9.8	85.2	6.5	
2023-10-21	22.4	11	85.9	0.0	
2023-10-22	23.2	7.6	79.3	0.0	
2023-10-23	22.4	9.8	81.2	0.0	
2023-10-24	24.2	11.4	80.1	4.1	
2023-10-25	25.4	12.2	86.0	3.0	
2023-10-26	21.4	11.8	92.2	9.4	
2023-10-27	22.4	10.2	83.1	0.2	
2023-10-28	20.2	10.8	86.5	0.0	
2023-10-29	23.6	9	78.3	1.5	
2023-10-30	26	6.4	75.7	0.0	
2023-10-31	23.8	8.6	81.8	0.0	
2023-11-01	24.4	7.2	77.2	0.0	

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		
2023-11-01	24.4	7.2	77.2	0.0
2023-11-02	24.4	9.8	71.4	0.0
2023-11-03	27.4	4	66.7	0.0
2023-11-04	20.8	9.2	87.1	0.4
2023-11-05	19.4	11.2	95.6	4.0
2023-11-06	20.2	11.2	88.8	0.0
2023-11-07	23.8	11.4	83.6	0.0
2023-11-08	24.2	10.8	77.1	0.0
2023-11-09	22.8	10.4	81.7	0.0
2023-11-10	26.4	9.6	81.6	0.0
2023-11-11	24.2	12	78.5	0.1
2023-11-12	24.6	12.4	82.0	0.0
2023-11-13	23.8	12.2	86.2	0.0
2023-11-14	26.4	11.8	84.0	49.3
2023-11-15	20.4	11	85.0	2.4
2023-11-16	22.6	11.4	86.4	0.0
2023-11-17	22.4	12.2	89.1	3.9
2023-11-18	23.2	11.2	86.3	2.3
2023-11-19	24.2	7.2	79.5	10.0
2023-11-20	22.2	9.4	80.7	0.0
2023-11-21	25.6	6.8	69.4	0.0
2023-11-22	24.4	4.8	71.8	0.0
2023-11-23	24.4	5	71.8	0.0
2023-11-24	25.6	5.4	65.9	0.0
2023-11-25	25	5.4	74.3	0.0
2023-11-26	20.8	11.2	95.0	0.2
2023-11-27	21.6	10	87.8	0.2
2023-11-28	21.4	10.6	92.2	2.3
2023-11-29	21.8	11.2	85.5	3.3
2023-11-30	21.4	10.8	85.9	8.9
2023-12-01	21.4	11.2	83.8	0.0

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

\* S/D = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

**7.5.2 Tabla climatológica localidad de Tartar, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca.**

Estación: LA VICTORIA					
Departamento :	CAJAMARCA	Provincia :	CAJAMARCA	Distrito :	BAÑOS DEL INCA
Latitud :	7°11'28.27" S	Longitud :	78°27'34.1" W	Altitud :	2630 msnm.
Tipo :	Convencional - Meteorológica	Codigo :	107035	Ir :	2024-10
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	MAX	MIN		TOTAL	
2023-10-01	18.3	3.1	S/D	0.0	
2023-10-02	21.6	2.8	S/D	3.1	
2023-10-03	20.2	8.1	S/D	8.9	
2023-10-04	19	7.8	S/D	3.5	
2023-10-05	18.9	8.8	S/D	S/D	
2023-10-06	20.7	8.5	S/D	S/D	
2023-10-07	22.1	7.4	S/D	10.8	
2023-10-08	18.1	5.9	S/D	8.5	
2023-10-09	18.3	8.8	S/D	13.2	
2023-10-10	16	7	S/D	0.0	
2023-10-11	19.9	2.8	S/D	0.0	
2023-10-12	19	2.2	S/D	0.0	
2023-10-13	18.9	2.5	S/D	14.4	
2023-10-14	15.9	7.9	S/D	0.3	
2023-10-15	15.8	3.5	S/D	0.0	
2023-10-16	17.4	2.6	S/D	0.0	
2023-10-17	17.2	5.5	S/D	0.0	
2023-10-18	16.3	4.1	S/D	0.0	
2023-10-19	18.2	1.1	S/D	0.0	
2023-10-20	19.4	3.9	S/D	1.4	
2023-10-21	17.6	8.1	S/D	0.0	
2023-10-22	20	.9	S/D	0.0	
2023-10-23	16.2	1.9	S/D	0.0	
2023-10-24	19	4.4	S/D	3.6	
2023-10-25	19.2	7.1	S/D	5.4	
2023-10-26	14.9	7.8	S/D	6.5	
2023-10-27	14.8	7.4	S/D	0.0	
2023-10-28	12.2	7.2	S/D	0.0	
2023-10-29	15	5.2	S/D	0.0	
2023-10-30	17.2	1	S/D	0.0	
2023-10-31	15.4	6.9	S/D	0.0	

AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		
2023-11-01	16.8	5.2	S/D	0.0
2023-11-02	17	4.7	S/D	0.0
2023-11-03	18	-1.9	S/D	0.0
2023-11-04	17	5.8	S/D	0.0
2023-11-05	15.4	4.9	S/D	0.0
2023-11-06	15.1	7.5	S/D	1.1
2023-11-07	18.8	6	S/D	0.0
2023-11-08	19.5	2	S/D	0.0
2023-11-09	19.1	1.2	S/D	0.0
2023-11-10	21.2	4.4	S/D	0.0
2023-11-11	18	9	S/D	1.0
2023-11-12	18.2	6.5	S/D	0.9
2023-11-13	18.2	7.8	S/D	0.0
2023-11-14	20	3.7	S/D	0.0
2023-11-15	15	6.8	S/D	14.6
2023-11-16	18.3	7.5	S/D	6.7
2023-11-17	17.2	6.7	S/D	10.9
2023-11-18	18	7.4	S/D	12.7
2023-11-19	16.3	3	S/D	0.0
2023-11-20	15	7.1	S/D	0.0
2023-11-21	16.5	4.9	S/D	0.0
2023-11-22	16.6	-8	S/D	0.0
2023-11-23	16.9	-1.5	S/D	0.0
2023-11-24	18	1.4	S/D	0.0
2023-11-25	18.4	-1.2	S/D	0.0
2023-11-26	17	5.2	S/D	0.0
2023-11-27	16.5	5.1	S/D	0.0
2023-11-28	18	2.8	S/D	0.9
2023-11-29	18.2	8.3	S/D	1.3
2023-11-30	15.2	7.1	S/D	4.9

Fuente: SENAMHI / DRD

\* Datos sin control de calidad.

\* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

\* S/D = Sin Datos.

\* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).