

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



**EFFECTO DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL CONTENIDO DE  
ANTOCIANINAS Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ MORADO, INIA 601  
(*Zea mays* L.)**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por la bachiller:**

**STEFANY LISBETH RAMOS LLICO**

**Asesores:**

**DR. VÍCTOR VÁSQUEZ ARCE**

**ING. M. SC. ALICIA ELIZABETH MEDINA HOYOS**

**CAJAMARCA – PERÚ**

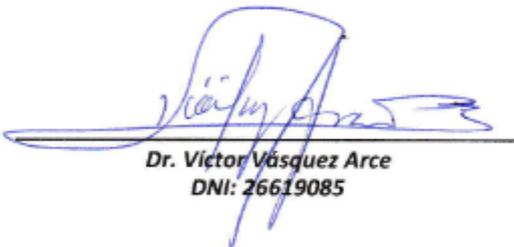
**2024**

### CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Stefany Lisbeth Ramos Llico  
DNI: 71545489  
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Víctor Vásquez Arce
3. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
4. **Grado académico o título profesional:**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
5. **Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
6. **Título de Trabajo de Investigación:** EFECTO DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ MORADO, INIA 601 (*Zea mays* L.)
7. **Fecha de evaluación:** 06/11/2024
8. **Software antiplagio:**  TURNITIN    URKUND (OURIGINAL) (\*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 15%
10. **Código Documento:** oid:3117:402537623
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 15%

APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 06/11/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <b>Dr. Víctor Vásquez Arce</b> DNI: 26619085

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



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

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

## FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los cuatro días del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 391-2024-FCA-UNC, de fecha 27 de agosto del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS EN EL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ MORADO, INIA 601 (Zea mays L.)"**, realizada por la Bachiller **STEFANY LISBETH RAMOS LLICO** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

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

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

Dr. Wilfredo Poma Rojas  
PRESIDENTE

MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda  
SECRETARIO

Ing. José Lizandro Silva Mego  
VOCAL

Dr. Víctor Vásquez Arce  
ASESOR

Ing. M. Sc. Alicia Elizabeth Medina Hoyos  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme paciencia y la fuerza de seguir adelante, que me ha permitido aportar con humildad al conocimiento humano. A mis padres, por su amor incondicional, apoyo inquebrantable, paciencia y sacrificios inalcanzables a lo largo de mi educación. A mis asesores, por su guía experta y paciencia infinita. Este trabajo está dedicado a todos aquellos que creyeron en mí y me alentaron a alcanzar mis sueños

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) junto al Programa Nacional del Maíz por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de Investigación, el apoyo administrativo proporcionado por la institución fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

A la Ing. Alicia Medina Hoyos por brindarme su amistad, confianza, orientación y apoyo constante para poder realizar este trabajo de investigación.

Al Dr. Víctor Vázquez Arce por sus recomendaciones y orientaciones han sido fundamentales para dar forma a este trabajo de investigación.

A los ingenieros y técnicos, que forman parte de la Estación Experimental Agraria de los Baños del Inca, por compartir generosamente sus conocimientos y por brindarme su amistad, cuyo amor y respaldo de cada uno me han dado fuerzas para seguir adelante. Sus consejos y comentarios han sido fundamentales para dar forma a este trabajo.

Estoy profundamente agradecido por esta invaluable experiencia que llevaré conmigo a lo largo de mi carrera profesional.

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo evaluar dos tratamientos, en las semillas de maíz morado, variedad INIA 601, sometidas a campos magnéticos: T1 campo magnético estático – CME (40 mT), T2 campo magnético pulsado – CMP (8 mT con tiempo de 30 min.) y un testigo absoluto T3. El estudio se llevó a cabo en el INIA, Estación Experimental Baños del Inca. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 5 repeticiones. Las variables en estudio fueron: Rendimiento en  $t \cdot ha^{-1}$  y contenido de antocianinas ( $mg \cdot g^{-1}$ ) en coronta y bráctea mediante el método Fulekis Francis. Para el análisis estadístico se utilizó el software INFOSTAT; aplicando análisis de varianza, y prueba de Tukey al 95%. Los resultados indican que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la variable rendimiento ( $t \cdot ha^{-1}$ ); obteniendo T1 ( $4.94 t \cdot ha^{-1}$ ), T2 ( $4.67 t \cdot ha^{-1}$ ) y el testigo ( $4.49 t \cdot ha^{-1}$ ), tampoco para contenido de antocianinas en coronta T1 ( $62.56 mg \cdot g^{-1}$ ); T2 ( $58.9 mg \cdot g^{-1}$ ) y el testigo ( $57.02 mg \cdot g^{-1}$ ); sin embargo, si existe significancia estadística para contenido de antocianinas en brácteas, con superioridad de T1 ( $89.48 mg \cdot g^{-1}$ ), seguido por el testigo ( $76.72 mg \cdot g^{-1}$ ) y por último el T2 ( $71.28 mg \cdot g^{-1}$ ). Concluyendo que no existe diferencia entre los tratamientos para rendimiento ni para contenido de antocianinas en coronta, pero si para el contenido de antocianinas en bráctea.

**Palabras claves:** Campos magnéticos, maíz morado, coronta, bráctea. Rendimiento, antocianinas.

## ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate two treatments in purple corn seeds, variety INIA 601, subjected to magnetic fields: T1 static magnetic field – CME (40 mT), T2 pulsed magnetic field – CMP (8 mT with time of 30 min.) and an absolute control T3. The study was carried out at the INIA, Baños del Inca Experimental Station. The randomized complete block design was used with 3 treatments and 5 repetitions. The variables under study were: Yield in  $t\cdot ha^{-1}$  and anthocyanin content ( $mg\cdot g^{-1}$ ) in crown and bract using the Fulekis Francis method. The INFOSTAT software was used for statistical analysis; applying analysis of variance, and 95% Tukey test. The results indicate that there are no significant statistical differences between the treatments for the yield variable ( $t\cdot ha^{-1}$ ); obtaining T1 ( $4.94 t\cdot ha^{-1}$ ), T2 ( $4.67 t\cdot ha^{-1}$ ) and the control ( $4.49 mg\cdot g^{-1}$ ), nor for anthocyanin content in crown T1 ( $62.56 mg\cdot g^{-1}$ ); T2 ( $58.9 mg\cdot g^{-1}$ ) and the control ( $57.02 mg\cdot g^{-1}$ ); However, there is statistical significance for anthocyanin content in bracts, with superiority of T1 ( $89.48 mg\cdot g^{-1}$ ), followed by the control ( $76.72 mg\cdot g^{-1}$ ) and finally T2 ( $71.28 mg\cdot g^{-1}$ ). 1). Concluding that there is no difference between the treatments for yield or for anthocyanin content in crown, but there is for anthocyanin content in bract.

**Keywords:** Magnetic fields, purple corn, crown, bract. Yield, anthocyanins.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE FIGURAS</b>	<b>viii</b>
<b>CAPÍTULO I:</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
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 teórico - práctica	4
1.3.3 Justificación institucional y personal	4
1.4 Objetivos	5
1.5 Hipótesis	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes	6
2.1.1 A nivel internacional	6
2.1.2 A nivel nacional	7
2.1.3 A nivel local	8
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1 Origen del maíz morado	8
2.2.2 Taxonomía	9
2.2.3 Morfología de la planta del maíz amiláceo	9
2.2.4 Maíz morado peruano ( <i>Zea mays</i> L. amilaceae st.)	10
2.2.5 Importancia del maíz morado	11
2.2.7 Uso de semillas certificadas	12
2.2.8 Maíz morado variedad INIA 601	12
2.2.9 Antocianinas	13
2.2.9.1 Antocianinas presentes en el maíz morado	13
2.2.10 Campos magnéticos	14
2.2.11 Tipos de Campos magnéticos	15
2.2.11.1 Campo magnético estático	15
2.2.11.2 Campo magnético pulsado	15
2.2.12 Definición de términos básicos	15
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>17</b>
3.1 Ubicación de la parcela experimental	17

<b>3.2</b>	<b>Materiales</b>	<b>17</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Metodología</b>	<b>19</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Tipo de investigación</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Población</b>	<b>19</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Muestreo</b>	<b>20</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Croquis experimental</b>	<b>21</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Determinación de variables</b>	<b>22</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Métodos</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>22</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Fase de pre siembra</b>	<b>22</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Siembra</b>	<b>23</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Manejo agronómico</b>	<b>23</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Fase de cosecha</b>	<b>25</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Fase de post cosecha</b>	<b>25</b>
<b>3.4.6</b>	<b>Preparación de muestras para análisis de contenido de antocianinas</b>	<b>26</b>
<b>3.4.7</b>	<b>Método de Fulekis Francis para obtención de antocianinas</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Diseño experimental</b>	<b>28</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Análisis de varianza</b>	<b>28</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Coefficiente de determinación de los tratamientos</b>	<b>29</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Hipótesis de ANOVA</b>	<b>29</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Eficiencia relativa</b>	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Análisis de datos</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Rendimiento en t ha<sup>-1</sup></b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Contenido de antocianinas en coronta en mg g<sup>-1</sup></b>	<b>34</b>
<b>4.3</b>	<b>Contenido de antocianinas en bráctea mg g<sup>-1</sup></b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO V</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>		
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>42</b>
<b>CAPÍTULO VII</b>		
<b>ANEXOS</b>		<b>45</b>
<b>7.1</b>	<b>Sistematización de datos en hoja de cálculo Excel.</b>	<b>46</b>
<b>7.2</b>	<b>Promedio de las variables evaluadas de los tratamientos.</b>	<b>47</b>
<b>7.3</b>	<b>Siembra y manejo agronómico del cultivo de maíz</b>	<b>49</b>
<b>7.4</b>	<b>Trabajos de post cosecha (preparación de material para laboratorio).</b>	<b>54</b>
<b>7.5</b>	<b>Análisis de contenido de antocianinas en laboratorio PRONEX</b>	<b>56</b>
<b>7.6</b>	<b>Análisis de suelo</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	Tratamientos utilizados en el trabajo experimental	19
2	Características del experimento	20
3	Análisis de varianza para rendimiento en $t \square ha^{-1}$	31
4	Promedios de rendimiento en $t \square ha^{-1}$ para los 3 tratamientos en estudio	32
5	Análisis de varianza para contenido de antocianinas en coronta $mg \square g^{-1}$	35
6	Promedios del contenido de antocianinas para coronta en $mg \square g^{-1}$ $kg \square ha^{-1}$ para los 3 tratamientos en estudio	36
7	Análisis de varianza para contenido de antocianinas en bráctea $mg \square g^{-1}$	38
8	Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en bráctea $mg \square g^{-1}$	39
9	Datos de evaluaciones realizadas a la parcela experimental en estudio	46
10	Promedios de rendimiento ( $t \square ha^{-1}$ ) de los tres tratamientos en cinco repeticiones	46
11	Prueba de supuestos de normalidad para datos de rendimiento $t \square ha^{-1}$	46
12	Prueba de supuestos de homogeneidad para rendimiento $t \square ha^{-1}$	46
13	Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento de antocianina en coronta	46
14	Promedios de contenido de antocianinas en coronta ( $mg \square g^{-1}$ ) de los tres tratamientos en cinco repeticiones.	47
15	Prueba de supuestos de normalidad para datos de contenido de antocianinas en coronta	47
16	Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianinas en coronta	47
17	Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento de antocianina en coronta	47
18	Promedios de contenido de antocianinas en bráctea ( $mg \square g^{-1}$ ) de los tres tratamientos en cinco repeticiones	48
19	Prueba de supuestos de normalidad para datos de contenido de antocianinas en bráctea	48
20	Prueba de supuestos de homogeneidad de varianza para datos de contenido de antocianinas en bráctea	48
21	Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento de antocianina en bráctea	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Partes de la planta de maíz.	10
2	Ubicación geográfica de la parcela experimental	18
3	Análisis de varianza generalizado para un diseño de bloques completo al azar	29
4	Gráfico de barras para rendimiento $t \square ha^{-1}$ .	33
5	Gráfico de barras para contenido de antocianinas en coronta $mg \square g^{-1}$	36
6	Gráfico de barras para contenido de antocianinas en bráctea $mg \square g^{-1}$	39
7	Semilla expuesta a campos magnéticos estáticos (izquierda) y campos magnéticos pulsados (derecha)	49
8	Instalación del experimento (siembra) según croquis en la EEA Baños del Inca.	49
9	Aplicación de herbicida a base de Atrazina posterior a la siembra	50
10	Riego por gravedad debido a la ausencia de lluvias días posteriores a la siembra	50
11	Primera fertilización a base de NPK	51
12	Aporque y segunda fertilización nitrogenada	51
13	Etiquetado de tratamientos según croquis experimental	52
14	Floración masculina (izquierda), toma de datos biométricos de floración (derecha)	52
15	Control de gusano mazorquero ( <i>Helicoverpa zea</i> ) con aceite vegetal comestible	53
16	Toma frontal de parcela experimental lista para cosecha (izquierda), cosecha de experimento (derecha)	53
17	Selección de mazorcas y brácteas posterior a la cosecha	54
18	Separado de mazorcas y brácteas e identificación por tratamientos	54
19	Distribución de las repeticiones y tratamientos por cosecha	55
20	Molienda de muestras (coronta y bráctea)	55
21	100 gramos de muestra por tratamiento para análisis de contenido de antocianinas en laboratorio	56
22	Preparación de materiales de laboratorio e identificación con los tratamientos en estudio	56
23	Obtención de color de las muestras con agitador magnético	57
24	Espectrofotómetro a longitud de onda de 535 nm	57

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

El maíz amiláceo (*Zea mays* L.) desempeña un papel esencial en la seguridad alimentaria, destacándose a nivel nacional e internacional. Entre los maíces especiales, el maíz morado tiene un lugar destacado (INIA, 2021). En el Perú la superficie sembrada de maíz morado entre los años 2014 – 2019 fue de 4 298 ha, de los cuales 351 ha fueron sembrados en Cajamarca (MIDAGRI, 2021). Su relevancia se debe a beneficios para la salud, respaldados por estudios de Block et al. (1992). La creciente demanda de maíz morado se atribuye a su contenido de antocianinas, un pigmento presente sobre todo en la coronta y bráctea de la mazorca que tiene el característico color morado oscuro, que es distintivo con propiedades saludables para el ser humano.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria, a través de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca, desarrolló una variedad con características deseables para este tipo de maíz como el rendimiento que puede alcanzar  $3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  y la cantidad de antocianinas presentes en la coronta y la bráctea que pueden llegar en promedio a tener 6.38 y 2.92 % respectivamente (Vásquez et al., 2020). Siendo por ello el maíz INIA 601 muy solicitado por la industria debido a su contenido alto de dicho pigmento; es por ello que la mejora y la constante búsqueda de tecnología invita a innovar con diversos métodos en aras de contribuir con la productividad de este cultivo.

Para la agricultura moderna, la búsqueda constante de métodos innovadores para mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos ha llevado a explorar diversas técnicas, entre ellas, los campos magnéticos han emergido como un área de interés. La interacción entre campos magnéticos y organismos vivos ha sido objeto de estudio en diversas disciplinas, y su aplicación en la agricultura ha generado expectativas en cuanto a posibles mejoras en la producción vegetal.

En este contexto, la presente investigación se enfoca en estudiar el impacto de los campos magnéticos sometiendo a la semilla del maíz morado INIA 601 a dos tipos de exposición en campos magnéticos como es el pulsado y estático, con el objetivo de incrementar la producción y el contenido de antocianinas, maximizando así el potencial de esta variedad. Esta investigación radica en explorar el efecto de los campos magnéticos, sobre las semillas de maíz morado INIA 601 para incrementar su producción y contenido de antocianinas. Dada la alta demanda y valor nutricional del maíz morado, mejorar su rendimiento y calidad beneficiará tanto a los productores, permitiéndoles negociar mejores precios, como a la industria y consumidores. Además, este estudio contribuirá al conocimiento científico y la innovación tecnológica en la agricultura, promoviendo métodos sostenibles y eficientes para aumentar la rentabilidad y seguridad alimentaria.

### **1.1. Descripción del problema**

La creciente demanda de maíz morado, impulsada por el interés en el pigmento de antocianinas, ha superado significativamente la oferta. Este desequilibrio se atribuye, en parte, al limitado rendimiento de los productores ( $800 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) (MIDAGRI, 2021), que carecen de tecnologías avanzadas y a menudo no utilizan semillas mejoradas que podrían aumentar la productividad. Aunque algunos investigadores han explorado el efecto positivo de los campos magnéticos en la calidad de las semillas, el rendimiento y el contenido de antioxidantes en otros cultivos (Mishra et al., 2019), esta técnica aún no se ha evaluado en el maíz morado de la variedad INIA 601, en la región Cajamarca. Este vacío en la investigación ofrece una oportunidad valiosa para investigar cómo los campos magnéticos que podrían ser una herramienta beneficiosa para aumentar la productividad en este cultivo específico. Por lo tanto, esta investigación se centraliza

en determinar si el uso de campos magnéticos en semillas de maíz morado INIA 601 permite un efecto positivo en la producción y aumentar el contenido de antocianinas en coronta y bráctea.

Por lo expuesto líneas arriba, se formula la siguiente pregunta de investigación.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de someter la semilla de maíz morado INIA 601, a dos tipos de campos magnéticos, en el rendimiento y contenido de antocianinas en la coronta y bráctea?

## **1.3. Justificación**

- a. **Justificación científica:** Esta investigación se apoya en la riqueza del maíz morado (*Zea mays* L.), destacando las antocianinas como compuestos fundamentales con propiedades antioxidantes y farmacológicas, así como el uso que le da el productor de la región o a nivel nacional en consumo directo como en chicha morada u otras delicias gastronómicas. El enfoque del trabajo de investigación se centra en explorar el uso de campos magnéticos en la producción agrícola incidiendo en el rendimiento y contenido de antocianinas. La comprensión de cómo estos campos magnéticos pueden afectar la calidad y concentración de antocianinas en la coronta o tusa y bráctea o panca del maíz morado, así como incrementar su rendimiento, es esencial para maximizar su potencial beneficioso.

- b. **Justificación teórico - práctica:** La variedad INIA 601 del maíz morado, desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ofrece no solo resistencia a enfermedades y plagas, sino también una plataforma ideal para experimentar con la influencia de campos magnéticos a la semilla. En términos prácticos, este estudio busca mejorar no solo el rendimiento del cultivo sino también la concentración de antocianinas en partes como la tusa y bráctea. Esta perspectiva práctica busca no solo garantizar la calidad alimentaria sino también impulsar los emprendimientos y la mejora económica de los pequeños agricultores de la región con innovaciones y nuevas tecnologías en la agricultura que serán reflejadas en las cosechas venideras.
- c. **Justificación institucional y personal:** Institucionalmente, este estudio se alinea con la misión del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y la Universidad Nacional de Cajamarca de promover el desarrollo agrícola mediante la investigación y la innovación tecnológica. Al investigar el impacto de los campos magnéticos en la mejora del rendimiento y calidad del maíz morado, se generan datos valiosos que pueden ser utilizados para optimizar las prácticas agrícolas en la región y el país. La validación de esta tecnología puede ser promovida entre los agricultores locales, mejorando la competitividad y sostenibilidad del sector agrícola peruano, y fortaleciendo el liderazgo de ambas instituciones en el ámbito de la investigación agraria. A nivel personal, este proyecto representa una oportunidad para contribuir al desarrollo agrícola de la región de Cajamarca. La aplicación de tecnologías innovadoras como los campos magnéticos puede proporcionar beneficios directos a los agricultores, mejorando la calidad y el rendimiento de sus cultivos. Además, esta investigación me permitirá adquirir experiencia práctica y fortalecer mis habilidades

en el uso de tecnologías avanzadas en la agricultura, ampliando mi competencia profesional y científica. Al colaborar estrechamente con el INIA y la Universidad Nacional de Cajamarca, puedo establecer una base sólida para futuras investigaciones, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles e innovadoras que beneficien a los productores y consumidores.

#### **1.4. Objetivos**

##### **a. Objetivo General**

Evaluar el efecto de la semilla expuesta a dos tipos de campos magnéticos, en el rendimiento y contenido de antocianinas, del cultivo de maíz morado, en la región de Cajamarca.

##### **b. Objetivos Específicos**

- Determinar el mayor rendimiento del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.) utilizando semillas expuestas a dos tipos de campos magnéticos.
- Determinar el mayor contenido de antocianinas en coronta y bráctea, del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.) utilizando semillas expuestas a dos tipos campos magnéticos.

#### **1.5. Hipótesis**

Al menos un tipo de campo magnético ejerce efectos positivos en mayor rendimiento y contenido de antocianinas en la coronta y bráctea, en el cultivo de maíz morado INIA 601.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. A nivel internacional

Hernández et al. (2019) en un estudio realizado en México, aplicaron tratamientos de campo magnético con distintas frecuencias (60 Hz), combinando tres densidades de flujo magnético (20, 60 y 100 mT) y tres tiempos de exposición (7.5, 15 y 30 minutos) como pretratamiento de las semillas de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Entre los genotipos, se encontró que para el CL-12 X CL-11, el tratamiento más efectivo fue a 100 mT con una exposición de 7,5 minutos, evidenciando mejoras significativas en la tasa de emergencia de las plántulas (123.2%), la emergencia en el campo (110%), y el peso seco de las plántulas 21 días después de la siembra (30.1%) con buenos rendimientos. Sin embargo, para el genotipo CL-4 X CL-1, se observó una estimulación negativa en el porcentaje de emergencia de plántulas, y para el genotipo CL-13 X CL-1 no se registraron efectos significativos. Estos resultados resaltan la necesidad de identificar parámetros óptimos en los tratamientos con campos electromagnéticos para inducir una bioestimulación positiva en las semillas de maíz, considerando la variabilidad genética de dichas semillas.

Domínguez (2017) realizó una investigación, donde el objetivo de la investigación fue explorar los efectos de la aplicación de campos magnéticos en distintos parámetros de irradiación en plántulas de semillas de maíz tratadas previamente a la siembra. La primera fase se enfocó en determinar los tipos de elementos (permanentes y alternos) para generar campos magnéticos con efectos estimulantes en semillas de maíz (*Zea mays* L.) y realizar su acondicionamiento, incluida su caracterización. En la segunda fase, se estableció la metodología para los ensayos

experimentales y el estudio de los efectos de la irradiación en las plántulas provenientes de semillas tratadas. La tercera fase se centró en investigar el impacto del tratamiento magnético pre siembra en el vigor inicial de la semilla de maíz, utilizando campos magnéticos generados por imanes permanentes, con dos tipos de semilla: de línea y una cruza simple. La cuarta fase exploró el efecto del tratamiento magnético pre siembra en el vigor inicial de la semilla de maíz (híbrido CL12 X CL11), utilizando un arreglo de bobinas para generar un campo magnético alterno. La quinta fase se dedicó a investigar el efecto del tratamiento magnético pre siembra en el vigor inicial de tres genotipos de semillas de maíz: CL4 x CL1, CL13 x CL1 y CL12 x CL11. Los resultados sugieren que la aplicación del campo magnético podría ser una alternativa para mejorar la calidad de la semilla de maíz, aunque se destaca la importancia de encontrar los parámetros óptimos de irradiación en investigaciones futuras y en semillas de otras especies.

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

Baldera et al. (2022) realizaron una investigación en donde tuvo como objetivo principal determinar el impacto del campo magnético en el crecimiento de semillas de *Phaseolus vulgaris* (frijol pinto) en el distrito de Valera, provincia de Bagua, región Amazonas en 2021. Se llevó a cabo un experimento bifactorial que consideró la intensidad y el tiempo de exposición al campo magnético como factores. La intensidad del campo magnético varió entre 0 mT, 20 mT y 50 mT, mientras que los tiempos de exposición fueron de 5 horas y permanente. El suelo agrícola utilizado fue humedecido y las semillas de frijol fueron sembradas, evaluándose después de 15 días de iniciado el experimento en la cara norte de los imanes. Los resultados, obtenidos mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, revelaron diferencias significativas en el crecimiento de raíces y longitud de tallo para los tratamientos con 50 mT y una exposición de 5 horas. En cambio, no se observaron diferencias significativas en el número de brotes y número de hojas. En

consecuencia, se concluye que los campos magnéticos ejercen una influencia notable en diversas variables relacionadas con el desarrollo y crecimiento de las plántulas de frijol pinto.

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

Gavidia (2023) realizó un estudio en Chota, Cajamarca Perú, en el cual se propuso evaluar el impacto de la exposición a campos magnéticos estáticos (40 mT) y pulsados (8 mT) en la germinación de semillas de maíz morado, variedad INIA 601, en lapsos de 30, 60 y 120 minutos. Se utilizaron prototipos de campos magnéticos estáticos (ocho imanes de neodimio N42) y pulsados (fuente de tensión a 15 V, controlador de pulsos a 30 Hz y 60 Hz, y bobina solenoide), mientras que las semillas sin exposición magnética sirvieron como testigo. Los parámetros evaluados incluyeron el porcentaje de semillas germinadas, tiempo medio de germinación, velocidad de emergencia, índice de vigor I e índice de vigor II. Los resultados indicaron mejoras significativas en las características de germinación con ambos tipos de campos magnéticos en comparación con el testigo, destacándose el índice de vigor II, donde los campos magnéticos estáticos mostraron diferencias significativas en comparación con el control (testigo). El tiempo óptimo de respuesta fue de 30 minutos para ambos tipos de campos magnéticos y a 30 Hz para campos magnéticos pulsados. En resumen, se concluye que los campos magnéticos estáticos y pulsados ejercen un efecto bioestimulante durante el proceso de germinación en las semillas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Origen del maíz morado**

El maíz morado es una planta nativa del Ecuador, Perú, Bolivia y otros países ubicados en la parte baja de los Andes, usado como alimento hace miles de años, mencionado por EcuRed (2017).

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen; pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género, clasificado como del “Nuevo Mundo” porque su centro de origen está en América (MIDAGRI, 2021).

### 2.2.2. Taxonomía

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

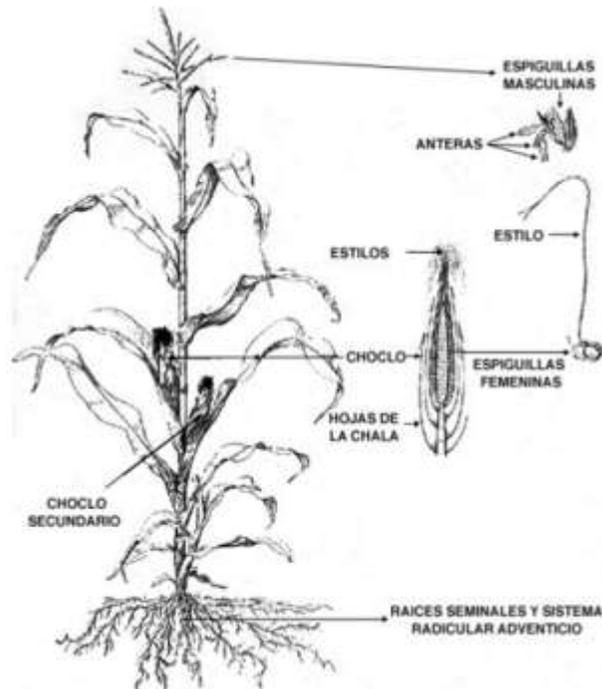
Reino	:	Plantae
Phyllum	:	Magnoliophyta
Clase	:	Angiosperma
Subclase	:	Commelinidae
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Subfamilia	:	Panicoideae
Tribu	:	Andropogoneae
Subtribu	:	Tripsacinae
Género	:	<i>Zea</i>
Especie	:	<i>Zea mays</i> L.

### 2.2.3. Morfología de la planta del maíz amiláceo

El maíz, como planta monoica, presenta flores masculinas en la panoja ubicada en la parte superior del tallo, mientras que las flores femeninas se agrupan en mazorcas, generalmente en la parte media de la planta (Figura 1), su tallo se compone de nudos y entrenudos, con hojas dispuestas de forma alterna que se originan en yemas situadas en los nudos (INIA, 2020). Se caracteriza por ser protándrico, lo que significa que la floración masculina o liberación de polen ocurre antes de la floración femenina o emisión de pistilos (barbas). Además, es una planta alógama, ya que se produce la polinización cruzada o libre, donde las flores femeninas son fecundadas por polen proveniente de otras plantas.

**Figura 1**

*Partes de la planta de maíz*



#### **2.2.4. Maíz morado peruano (*Zea mays* L. amilaceae st.)**

Manrique (2000) desarrollo un folleto ilustrativo y educativo denominado maíz morado peruano donde describe que es aquel maíz de notable coloración morado intenso, el cual es la materia prima para la elaboración de distintos alimentos como la chicha y la mazamorra morada, entre otros. Su conocimiento se remonta probablemente a la época de la colonia, donde los agricultores de los valles andinos de la costa central entre los 1 000 a 2 400 m s.n.m., y en especial en el valle de Canta, seleccionaron y tipificaron este tipo de maíz, de allí su nombre “Morado Canteño”.

El color morado que exhiben las plantas, tuzas y pericarpio de los granos del maíz morado, es el producto de la acción compleja de varios genes ubicados en diferentes cromosomas, que generan pigmentos antocianínicos de variados colores, que al combinarse generan el color morado (mezcla de pigmentos rojos y azules).

### **2.2.5. Importancia del maíz morado**

El maíz morado contiene antocianinas, pigmentos vegetales que le dan su característico color morado y que se ha demostrado que contienen efectos antioxidantes y antiinflamatorios, así como propiedades anticancerígenas y neuroprotectoras (Guillén et al., 2010).

En el contexto peruano, el maíz morado constituye aproximadamente un tercio de las exportaciones totales de maíz y se emplea de manera habitual como colorante en bebidas y postres tradicionales como la chicha morada y la mazamorra morada. En el periodo comprendido entre 2016 y 2017, las exportaciones de maíz morado del país experimentaron un crecimiento anual promedio del 12% y el 30%, respectivamente, alcanzando cifras de 1,2 y 1,25 millones de dólares a un precio promedio de 1,47 y 1,44 dólares por kilogramo. Este incremento en la demanda no solo estimuló la producción de maíz morado, sino que también impulsó la creación de nuevos productos, como concentrados e instantáneos, generando así nuevas oportunidades de investigación en el sector de alimentos (Agrodata, 2018).

### **2.2.7. Uso de semillas certificadas**

#### **2.2.7.1. Semillas de maíz amiláceo**

MIDAGRI (2021) menciona que apenas el 1% de los productores de maíz amiláceo usan semilla certificada, asimismo, se conoce que sólo el 5% de los agricultores emplean semillas producidas fuera de su chacra, es decir, 95% de los agricultores utilizan como semilla los granos seleccionados de sus propias parcelas bajo sus costumbres, siendo el problema que las semillas pueden estar degeneradas y con ello susceptibles a enfermedades y plagas, que afectan a la calidad y productividad del cultivo. Adicional a ello la escasa tecnología o falta de innovación de nuevas tecnologías no ayuda al incremento de la productividad de este cultivo.

### 2.2.8. Maíz morado variedad INIA 601

Se origino el 1990 en la Sub Estación Experimental de Cajabamba en el departamento de Cajamarca, se formó con 256 progenies, de las cuales 108 corresponden a la raza Caraz y 148 a la raza Negro de Parubamba, el mejoramiento genético fue realizado mediante selección recurrente de medios hermanos, en total se realizaron 6 ciclos de selección, incidiendo principalmente en el color morado intenso, precocidad, proliferación mayor a 1.5, rendimiento, buen tipo de planta y sanidad de mazorca (INIA, 2014).

Entre sus principales características agronómicas se puede incidir en las siguientes:

- Altura de planta : 2,16 m
- Altura de mazorca : 1,24 m
- Días a la floración femenina : 98
- Días a la madurez : 170
- Longitud de mazorca : 17,5 cm
- Diámetro de mazorca : 4,6 cm
- Número de hileras : 10 a 12
- Número de granos por hilera : 26
- Porcentaje de desgrane : 78 %
- Peso de 1000 semillas : 456,2 g
- Potencial de rendimiento : 6,0 t□ha<sup>-1</sup>
- Rendimiento en campo de agricultor: 3 t□ha<sup>-1</sup> (INIA, 2014)

### 2.2.9. Antocianinas

La antocianina, un pigmento natural, encuentra amplio uso en diversas industrias como la textil, médica, farmacéutica, cosmética y alimentaria. En esta última, se destaca su utilización en la preparación de alimentos y bebidas típicas, como la mazamorra morada y la "chicha morada". Su contribución va más allá de sus propiedades funcionales, ya que también se valora por el color

que aporta a los productos alimenticios, sustituyendo a los colorantes sintéticos, la cantidad y tipo de antocianina empleada dependen de la técnica utilizada en su extracción (Rabanal y Medina, 2021).

Las antocianinas son comúnmente sintetizadas por las plantas y son las responsables, bajo diferentes condiciones de pH, de los colores rojo, naranja, azul y púrpura de muchas flores, frutas y verduras; la presencia de antocianinas en diversas partes de la planta es de gran importancia, se sabe que las antocianinas juegan un papel importante en la eco fisiología y en la propagación de plantas; ayudan a atraer polinizadores y participan en los mecanismos de defensa de las plantas contra factores de estrés bióticos y ambientales (Menzies et al., 2016)

#### **2.2.9.1. Antocianinas presentes en el maíz morado**

La cianidina-3-glucósido, es la antocianina principal y responsable de las características antioxidantes del maíz morado, la cual ha sido evaluada mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) por Arriaga y Castro (2011), Pedreschi y Cisneros (2007), y Salinas et al. (2005), quienes han utilizado variedades de maíz morado originarias de Cajamarca, Lima y México, respectivamente.

Las antocianinas están presentes en diferentes estructuras de la planta de maíz, como tallo, vaina, hojas e inflorescencias; en la mazorca se pueden encontrar en brácteas, raquis y grano, en el grano se ha reportado la presencia de antocianinas principalmente en el pericarpio, en la capa de aleurona, o en ambas estructuras (Salinas et al., 2005).

Cuevas et al. (2008) realizaron una investigación para caracterizar las antocianinas en diferentes variedades de maíz morado, decretando dos antocianinas mayoritarias en todas las variedades de maíz morado: cianidina-3-glucósido (42,5%) y cianidina-3-(6"malonil)- glucósido (30,7%).

### **2.2.10. Campos magnéticos**

Es la región invisible que ejerce una interacción magnética a sustancias o materiales que son sensibles al magnetismo y que la atracción conocida como magnetismo ocurre cuando hay un campo magnético presente, estas variaciones pueden generarse gracias a la cercanía de un imán, con una corriente eléctrica o con un campo eléctrico variante (Huamani et al., 2022).

El campo magnético se define como la región del espacio alrededor de un imán o un conductor eléctrico a través del cual fluye una corriente eléctrica, dando lugar a fuerzas magnéticas. Este campo se visualiza mediante líneas de campo que indican la dirección e intensidad en distintos puntos del espacio. Además de sus manifestaciones físicas, los campos magnéticos también ejercen efectos biológicos en organismos vivos. Investigaciones han demostrado que estos campos pueden influir en procesos biológicos celulares y en tejidos, siendo sus efectos beneficiosos o perjudiciales según la intensidad y duración del campo magnético (Aranzazu, 2019).

Los campos magnéticos tienen efectos variados en diversas plantas, sobre todo en la germinación y crecimiento. Los campos magnéticos pueden ser estáticos o pulsados, ambos tipos al interactuar con las semillas llevan a cabo mecanismos que aún no se demuestran completamente, pero generan cambios bioquímicos o alteración en la actividad de enzimas (Hernández, 2007)

### **2.2.11. Tipos de Campos magnéticos**

#### **2.2.11.1. Campo magnético estático**

El campo magnético estático es un tipo de campo magnético invariable en el tiempo, generado por imanes permanentes o corrientes eléctricas constantes, su representación visual se realiza mediante líneas de campo magnético que configuran patrones característicos alrededor de la fuente magnética (Soto, 2021).

### **2.2.11.2 Campo magnético pulsado**

El campo magnético pulsado es aquel que experimenta variaciones en su intensidad o dirección de manera repetitiva o pulsante. Estos campos magnéticos pulsados pueden originarse a través de diversas fuentes, como bobinas eléctricas o dispositivos de pulsos electromagnéticos (Bierbaum & Peters, 1994).

Campo Electromagnético Pulsado consiste en el uso de una bobina en la que una microcorriente eléctrica genera un campo magnético que induce un flujo de cargas eléctricas. Esto es posible al ser los organismos vivos materiales conductores que son estimulados mediante el flujo eléctrico. Se le llama pulsado porque emite el campo electromagnético de manera intermitente, por lo que su intensidad puede variar de acuerdo con las necesidades (TOPDOCTORS, 2023).

### **2.2.12. Definición de términos básicos**

#### **a. Antocianinas**

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

#### **b. Campos magnéticos**

Un campo magnético es la ilustración matemática de cómo se reparten las fuerzas magnéticas en el espacio que rodea a una fuente magnética. Esta fuente podría ser un imán, un movimiento de carga o una corriente eléctrica (varias cargas en movimiento). Siempre que alguno

de estos componentes esté presente, existirá un campo magnético en su entorno, es decir, un campo de fuerzas magnéticas. No existen efectos magnéticos fuera de este campo.

### **c. Rendimiento**

Es la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por hectárea de terreno utilizada. Se mide comúnmente en toneladas por hectárea ( $t \cdot ha^{-1}$ ).

### **d. Coronta**

Es el residuo producido luego de desgranar la mazorca del maíz, es decir su tronco (Educalingo, 2024).

### **e. Bráctea**

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

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación**

El presente trabajo de investigación, se desarrolló en el lote 2, área agrícola de la Estación Experimental Agraria del Instituto Nacional de Innovación Agraria, ubicada en el distrito de Los Baños del Inca, en la provincia y región de Cajamarca, cuyas coordenadas UTM son 780355.41 E, 9207821.53 S y a 2 692 m s. n. m. de altitud.

#### **3.2. Materiales**

##### **3.2.1. Material biológico**

Semilla certificada de maíz morado de la variedad INIA 601, sometida a campos magnéticos de tipo pulsado y estático.

##### **3.2.2. Insumos**

Fertilizantes químicos (Urea, Super fosfato triple de calcio, Cloruro de potasio)  
Herbicida (Gesaprim)  
Aceite vegetal.

##### **3.2.3. Herramientas**

Lampa o pico  
Regla graduada

##### **3.2.4. Material de campo**

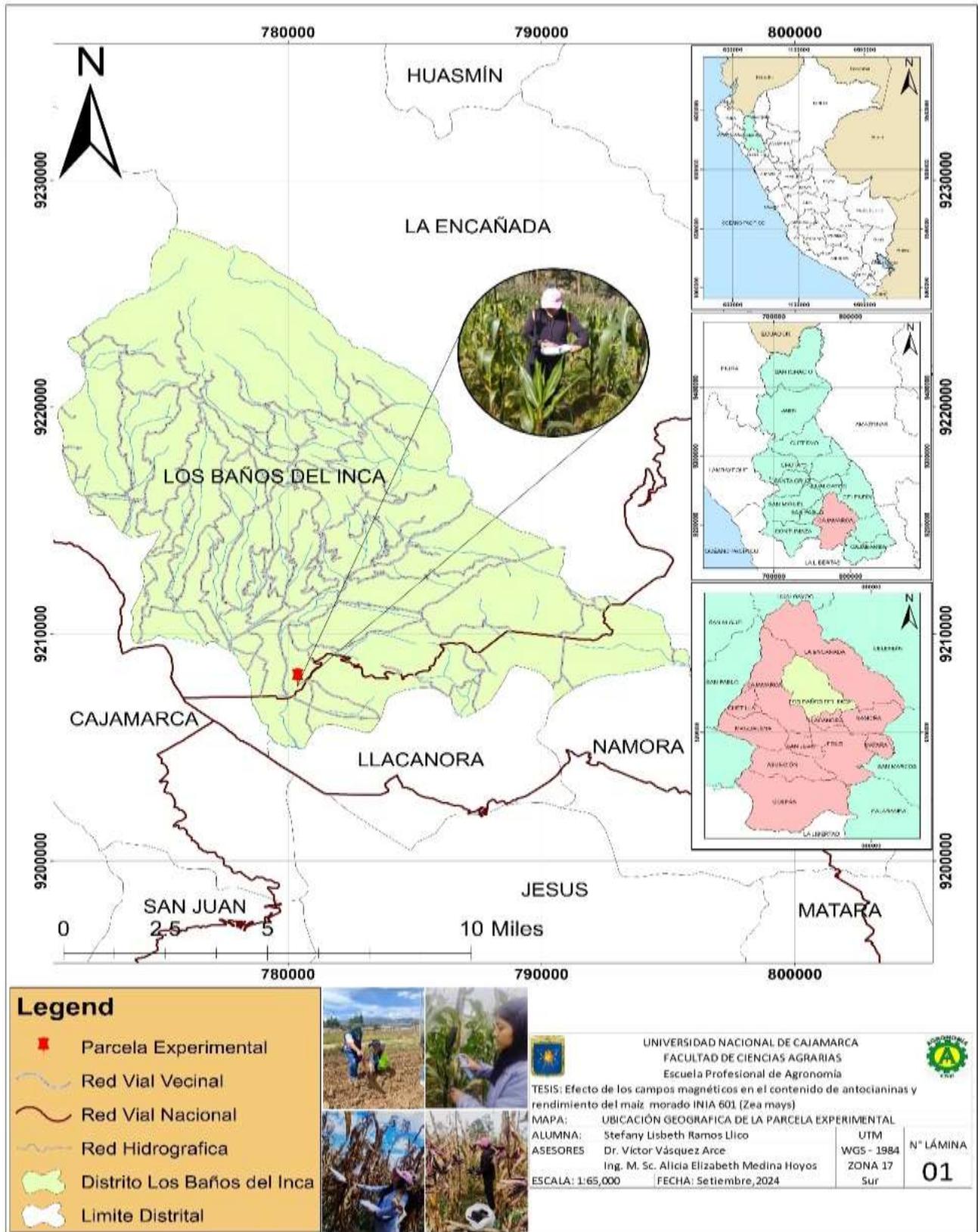
Cucuruchos de papel  
Costales o sacos  
Bolsas de plástico y papel.

##### **3.2.5. Equipos**

Mochila pulverizadora manual  
Balanza  
Cámara fotográfica

**Figura 2**

*Ubicación geográfica de la parcela experimental.*



### 3.2.6. Tratamientos

*Tabla 1*

*Tratamientos utilizados en el trabajo experimental.*

N°	Descripción
T1	INIA 601 en campo magnético estático 40 mT (militeslas) en un tiempo de 30 minutos,
T2	INIA 601 en campo magnético pulsado con 30Hz, en un tiempo de 30 minutos.
T3	INIA 601 (testigo absoluto)

### 3.3. Metodología

#### 3.3.1. Tipo de investigación

**Por su orientación o finalidad:** Aplicada, debido que consigue un fin aplicativo en determinar el efecto de los campos magnéticos estático y pulsado.

**De acuerdo a la técnica de contrastación:** Experimental, pues se basa en obtener resultados de pruebas de rendimiento y el contenido de antocianinas del maíz morado INIA 601 (*Zea mays* L.). diferencias entre ellos.

#### 3.3.2. Población

Cultivo de maíz morado (*var.* INIA 601) con un área de 544 m<sup>2</sup> (2 640 plantas).

**Tabla 2**

Características del experimento

---

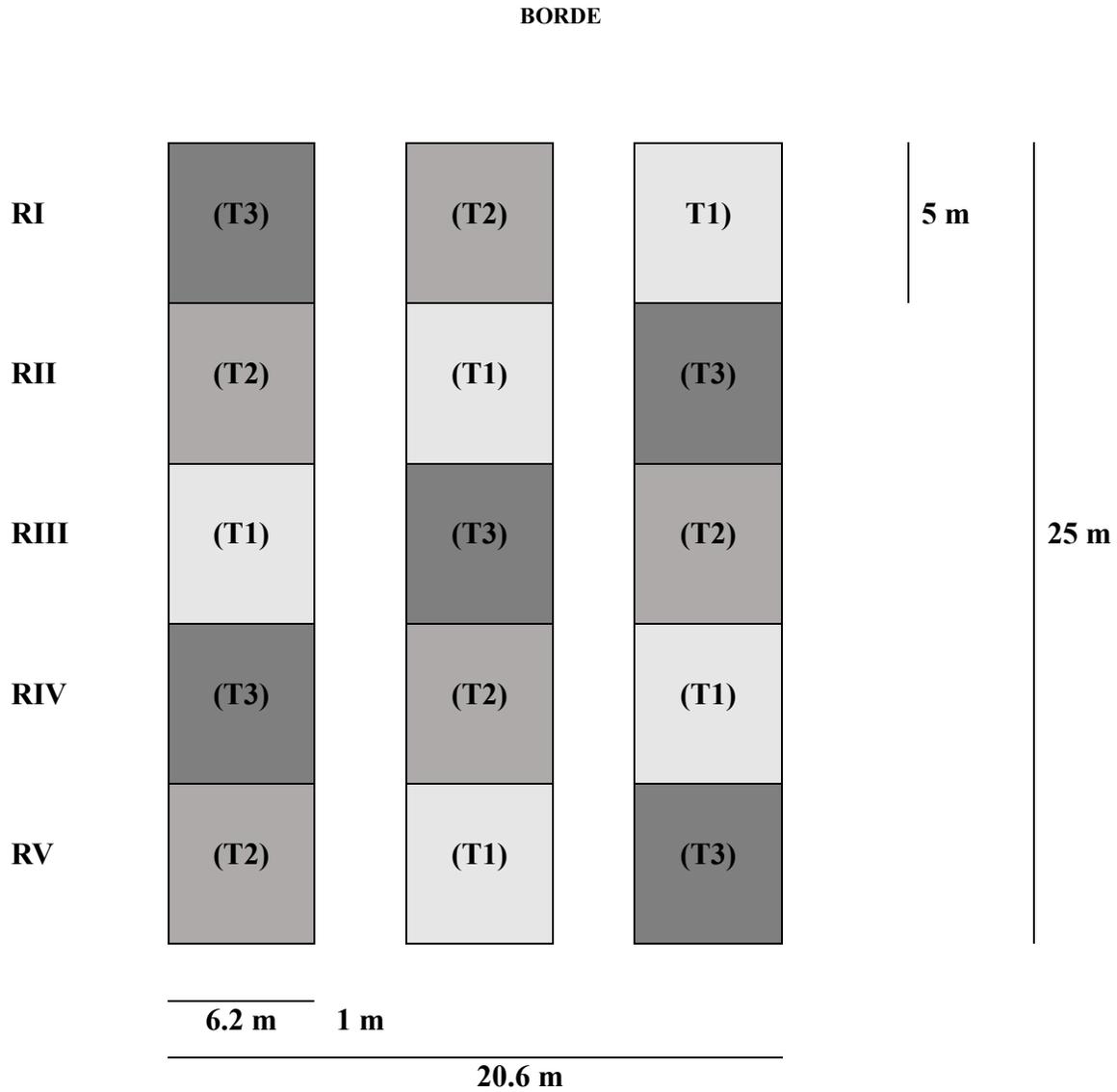
Diseño estadístico	Bloque completo al azar
Número de tratamientos	3
Número total de parcelas	1
Número de variedades	1
Número de repeticiones	5
Total, unidades experimentales	15
Ancho de calles	1 m
Número de calles	2
Largo de los surcos	5 m
Ancho de surcos	0.8 m
Número de surcos por unidad experimental	8
Área de cada unidad experimental	32 m <sup>2</sup>
Área neta del experimento	480 m <sup>2</sup>
Área total del experimento (incluido calles)	544 m <sup>2</sup>

---

### 3.3.3. Muestreo

En la presente investigación se utilizó el método de muestreo no probabilístico por conveniencia. En esta investigación se muestreó los 6 surcos centrales de cada parcela.

### 3.3.4. Croquis experimental



*Nota: Diseño utilizado en la instalación del experimento.*

#### Leyenda

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
1	INIA 601 con campo magnético estático 40 mT., en un tiempo de 30 minutos.
2	INIA 601 con campo magnético pulsado con 30 Hz en un tiempo de 30 minutos.

### **3.3.5. Determinación de variables**

**a.1. Variable dependiente:** Rendimiento y contenido de antocianinas en coronta y bráctea.

**a.2. Variable independiente:** Campos magnéticos estático 40 mT y pulsado a 30 Hz.,

### **3.3.6. Métodos**

El Método que se utilizó en la investigación fue hipotético – deductivo, debido que es un sistema de procedimiento metodológico; esto consiste en plantear algunas afirmaciones en calidad de hipótesis y verificarlas mediante la deducción, a partir de las conclusiones y la confrontación de estos últimos con los hechos. Sólo un proceso prolongado de prueba de la hipótesis puede conducir a su aceptación o refutación fundamentadas, (Filosofia.org, 2015).

## **3.4. Procedimiento**

### **3.4.1. Fase de pre siembra**

#### **a.1 Selección de terreno:**

Fue realizado por el personal técnico del Programa Nacional de Maíz del INIA, el cual se decidió por el lote 2 de la EEA Baños del Inca.

#### **a.2 Toma de muestras para análisis de suelos:**

Se realizó el muestreo de suelos con la finalidad de determinar la fertilidad y tener información para la dosis de fertilización. Dicho trabajo consistió en obtener una muestra homogénea significativa del lote a trabajar y enviar al laboratorio de suelos del INIA.

#### **a.3 Roturación del terreno**

Implica el uso del Tractor agrícola implementado con arado de discos, para la roturación y remoción de suelo a lo largo y ancho de la superficie del terreno a nivel de la capa arable del suelo.

La profundidad de arado fue de 20 a 25 cm. que abarco toda la superficie del terreno logrando eficiencia en la remoción inclusive en los bordes o perímetro del terreno.

#### **a.4 Primera cruza:**

Se realizó con tractor (con arado de discos), esto permite la desintegración de las estructuras grandes del suelo, destrucción e incorporación de malezas y rastrojos. Se realiza de preferencia al inicio de las primeras lluvias, cuya profundidad fue de 30 a 35 cm de profundidad.

#### **a.5 Surcado**

Labor que permitió formar los surcos con el fin de facilitar el riego y crecimiento de las raíces adventicias, se usó el tractor agrícola implementado con surcadora, consistió en trazar surcos paralelos dentro de un lote espaciados a una misma distancia donde se siembra la semilla contraria a la pendiente del terreno, con un distanciamiento de 0.80 m entre surco.

### **3.4.2 Siembra**

La siembra se realizó en la presencia de lluvias continuas del mes de diciembre. Colocando 03 semillas por golpe distanciadas 0.5 m entre planta y 0.8 m entre surco.

Las semillas empleadas para la experimentación fueron sometidas a 2 tipos de campos magnéticos el pulsado y el estático otorgados por la Universidad Autónoma de Chota; frente a un testigo sin exposición a campos magnéticos.

### **3.4.3. Manejo agronómico**

#### **a.6 Riego**

El cultivo se encuentra instalado durante épocas de precipitaciones es decir de diciembre a mayo; sin embargo, se realizó 2 riegos por gravedad por la ausencia de 10 días de lluvias; uno en diciembre y otro en enero.

### **a.7 Control de malezas**

Después de la siembra y después del aporque, se realizó la pulverización de herbicida pre emergente a base de atrazina (Gesaprim) con la ayuda de motopulverizadora.

### **a.8 Deshije**

Se realizó cuando las plántulas presentaron 3 a 4 hojas, el trabajo fue eliminar 1 planta por golpe en el caso existan 3 plantas dejando de esa manera solo 2 para evitar competencia por nutrientes; así mismo también se eliminaron plantas atípicas, con presencia de enfermedades o ataque de plagas.

### **a.9 Fertilización**

Se realizó de acuerdo a los requerimientos de NPK del cultivo, mediante las recomendaciones del análisis de suelo (120-55-45). Estas fueron realizadas de la siguiente manera: la primera fertilización 3 semanas posteriores a la siembra utilizando el 50 % de nitrógeno y 100 % de fosforo y potasio.

### **a.10 Aporque y segunda fertilización.**

Consistió en acumular tierra alrededor de la planta utilizando una lampa. Esta labor es relevante porque promueve el crecimiento de raíces adventicias que impiden el acame o tumbado de la planta y favorecen la absorción de nutrientes.

Teniendo en cuenta que en momentos antes del aporque se realizó la segunda fertilización, es decir la aplicación de la segunda parte (50 %) de la dosis de nitrógeno; de tal manera que el fertilizante (urea) quede tapado al costado de la planta con el aporque.

**a.11. Control fitosanitario:** No se realizó ningún tratamiento para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) debido a la poca presencia de este insecto; sin embargo, para prevenir el ataque de mazorquero (*Helicoverpa zea* Boddie) se aplicó aceite domestico a la

emergencia de los estigmas de maíz (barbas de choclo), el procedimiento fue colocar 3 gotas de aceite en los estigmas cuando estos presentaron visibilidad; debido a que no todos emergen al mismo tiempo se realizó esta labor cada 8 días.

**a.12. Protección de mazorcas:** Consistió en proteger a las mazorcas del ataque de aves (Huanchaco) cuando estas se encuentran en estado lechoso, colocando conos de papel reciclado en la mazorca cubriéndolas totalmente.

#### **3.4.4. Fase de cosecha**

Se realizó cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica (R6), en este estado el grano de maíz amiláceo tiene aproximadamente de 30 a 40 % de humedad, la madurez fisiológica 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).

##### **3.4.4.1. Datos evaluados**

**a. Peso de campo.** Realizamos el peso de campo para poder determinar el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ , que consistió en cosechar los 6 surcos centrales de cada tratamiento, despancar y pesar con una balanza de reloj, posterior a ello ensacar identificar y trasladarlo a la EEA Baños del Inca para posteriores trabajos de gabinete. El mismo procedimiento se llevó a cabo con las brácteas.

**b. Muestras para determinar humedad.** 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).

#### **3.4.5. Fase de post cosecha**

##### **3.4.5.1. Datos evaluados**

###### **a. Determinación de humedad**

Los 100 g de peso húmedo fueron colocados en bolsas de papel, debidamente identificadas, y luego sometidos a una estufa a 105 °C durante 24 horas, para luego pesarlos nuevamente. Así, se determinó el porcentaje de humedad con el que se cosechó el producto.

Usando la siguiente formula:

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

*Pi: Peso inicial (100 g)*

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

#### **b. Determinación de rendimiento en t/ha**

Este procedimiento se realiza posterior a la determinación de humedad y con la ayuda de la hoja de cálculo Excel se emplea la siguiente fórmula propuesta por el INIA (2020).

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

**Donde:**

- RGC** : Rendimiento de grano corregido al 14% de humedad en t□ha<sup>-1</sup>.
- PC** : Peso de campo.
- H°** : Porcentaje de humedad de grano.
- 100-H°** : Coeficiente de porcentaje de materia seca
- 86** : Coeficiente de corrección de humedad
- AEP** : Área efectiva de la parcela (4.4 m<sup>2</sup>).
- D** : Porcentaje de desgrane equivalente al 0.8.

### **3.4.6. Preparación de muestras para análisis de contenido de antocianinas**

#### **a. Coronta**

Se realizó el desgrane de las mazorcas, las corontas o tusas obtenidas fueron molidas con molino de mano hasta obtener una trituración en partículas pequeñas. Posteriormente fueron

secadas bajo sombra, al no mostrar humedad fueron molidas con un molino eléctrico la cual logro pulverizar. De este producto se extrajo 50 g, se identificó cada muestra y colocó en bolsa plásticas para traslado al laboratorio PRONEX, para análisis de contenido de antocianinas.

#### **b. Bráctea**

Las pancas o brácteas fueron secadas bajo sombra, luego de la selección se cortó en pedazos más pequeños y se realizó la molienda con molino eléctrico, Se extrajo 50 g del producto, se identificó cada muestra y colocó en bolsa plásticas para traslado al laboratorio PRONEX, para análisis de contenido de antocianinas.

#### **3.4.7. Método de Fulekis Francis para obtención de antocianinas**

Se realizó en la empresa Productos Naturales de Exportación (PRONEX), mediante el método Fulekis Francis. Se desarrollo de la siguiente manera:

Se procedió a pesar 0.30 g de coronta molida y 0.40 g de bráctea utilizando una balanza de precisión digital. Luego, se colocaron estos elementos en un vaso de precipitación de 250 mL, al cual se añadió 100 mL de hidroácido, y se registró el peso total. Para evitar la evaporación del alcohol contenido en el hidroácido, se cubrió el vaso con papel aluminio y se llevó al agitador magnético. La mezcla se mantuvo uniforme durante 2 horas a una temperatura de 60 °C.

En caso de pérdida de peso por evaporación, se completó el peso inicial agregando más hidroácido. Después, se removió la muestra y se dejó reposar durante 30 minutos. Transcurrido este tiempo, se extrajeron 5 mL de la solución con una pipeta y se colocaron en una fiola de 100 mL. La solución se completó con hidroácido hasta alcanzar los 100 mL, se agitó para obtener una mezcla uniforme y se trasladó al espectrofotómetro.

El espectrofotómetro se ajustó a una longitud de onda de 535 nm, utilizando celdas de 1 cm de lado. El resultado de absorbancia de la muestra se obtuvo digitalmente a través del espectrofotómetro.

#### **a. Variables a evaluar en antocianinas**

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

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

$$\text{Cantidad total de la sustancia (kg} \cdot \text{ha}^{-1}) = \text{Concentración (mg} \cdot \text{g}^{-1}) \times \text{Biomasa (t} \cdot \text{ha}^{-1}) * \\ 0.25 \text{ (\% de coronta en la mazorca)}$$

### **3.5. Diseño experimental**

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

#### **3.5.1. Análisis de varianza**

Se realizará un ANOVA de un factor para analizar la influencia de campos magnéticos en el rendimiento y la concentración de antocianinas.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  es la observación para la j-ésima unidad experimental en el i-ésimo nivel altitudinal.
- $\mu$  es la media global.

- $\alpha_i$  es el efecto del i-ésimo nivel altitudinal.
- $\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio.

**Figura 3**

*Análisis de varianza generalizado para un diseño de bloques completo al azar.*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>Fc</b>
Repeticiones	$(r-1)$	$\frac{SC_{Bloques}}{(r-1)}$	$\frac{CM_{Bloques}}{CM_{errores}}$
Tratamientos	$(t-1)$	$\frac{SC_{tratamientos}}{(t-1)}$	$\frac{CM_{tratamientos}}{CM_{errores}}$
Error	$(r-1)(t-1)$	$\frac{SC_{error}}{(r-1)(t-1)}$	
Total	$(rt-1)$		

Fuente: Vásquez, A.V. (2014)

### 3.5.2. Coeficiente de determinación de los tratamientos:

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

### 3.5.3. Hipótesis de ANOVA

**Hipótesis nula** - Ho: No hay diferencias significativas entre los tratamientos en semillas expuestos a campos magnéticos en el rendimiento y contenido de antocianinas en maíz morado variedad INIA 601.

**Hipótesis alterna** - Ha: Al menos un tratamiento difiere significativamente.

### Comparaciones múltiples

Se realizará entre los utilizando el procedimiento de Tukey 5%.

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

Donde:

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

### 3.5.4 Eficiencia relativa del diseño bloques al azar respecto al diseño completamente al azar.

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

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 recolectada la información, se creó una base de datos y luego se llevó a cabo el análisis estadístico. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando técnicas descriptivas como tablas, diagramas y medidas estadísticas. Se empleó estadística inferencial para contrastar la hipótesis: análisis de varianza para un diseño bloque y la prueba de comparación múltiple Tukey.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Rendimiento en $t \square ha^{-1}$

##### 4.1.1. Análisis de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia

Se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, con p-valores de 0.522 y 0.51 respectivamente, Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk debido a que la muestra consistió en menos de 50 datos. En cuanto a la prueba de independencia Durbin – Watson (1.4) sugiere la presencia de cierta autocorrelación positiva en los residuos. Esto puede indicar que las observaciones no son completamente independientes.

##### 4.1.1.1 Eficiencia relativa

$$RE = 0.73 + (1 - 0.73) \left( \frac{3.27}{0.29} \right) = 3.78 \times 100 = 378\%$$

Se ha ganado 278% de eficiencia al usar el DBCA.

Fuente: Vásquez, A.V. (2014)

**Tabla 3***Análisis de varianza para rendimiento en t · ha<sup>-1</sup>.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabular		p - valor (sig.)
					0.05	0.01	
Tratamientos	0.52	2	0.26	0.88 NS	4.46	8.65	0.4513
Repeticiones	13.08	4	3.27	11.14 **	3.84	7.01	0.0024
Error	2.35	8	0.29				
Total	15.94	14					
CV. (%)	11.53						
$R_r^2$ (%)	3.26						
Media $\bar{x}$	4.70 t · ha <sup>-1</sup>						

NS: no significativo

\*significativo  $\alpha = 0.05$ \*\*altamente significativo  $\alpha = 0.01$ 

CV. Coeficiente de variación

 $R_r^2$  = Coeficiente de determinación de los tratamientos

Según los resultados de la tabla 3, análisis de varianza se puede observar que no existe significancia estadística entre los tratamientos, debido que p-valor (0.4513) es mayor a 0.05 (F. calculada 0.88 < F. tabular 4.46) al 95 % de probabilidad; para la variable rendimiento en t · ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, si existe alta diferencia significativa entre las repeticiones p-valor (0.0024) es menor a 0.001(F. calculada 11.14 > F. tabular 7.01) al 99% de probabilidad.

P valor (0.0024) indica diferencia entre bloques, alcanzando una Eficiencia Relativa de 378%.

El coeficiente de variación (CV) es baja 11.53 % indicando que existe baja dispersión de los datos y las mediciones son consistentes y fiables. El coeficiente de determinación  $R_r^2$  de los tratamientos es 0.0326 indicando que el 3.26 % de la variabilidad del rendimiento, se debe a efectos de los tratamientos y que el 96.74 % se debe a efectos ambientales.

**Tabla 4**

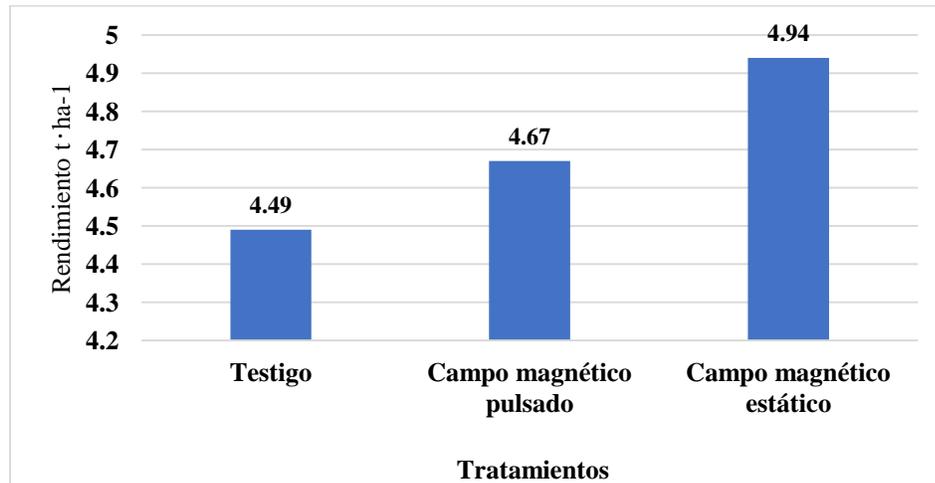
*Promedios de rendimiento en  $t \cdot ha^{-1}$  para los 3 tratamientos en estudio*

Clave	Tratamiento	Promedio $t \cdot ha^{-1}$
T1	Campo magnético estático	4.94
T2	Campo magnético pulsado	4.67
T3	Testigo	4.49

La tabla 4 muestra el promedio de los tres tratamientos en estudio para rendimiento, donde T1 presenta  $4.94 t \cdot ha^{-1}$ , seguido por T2  $4.67$  y por último el testigo  $4.49 t \cdot ha^{-1}$ .

**Figura 4**

*Gráfico de barras para rendimiento  $t \cdot ha^{-1}$ .*



En la figura 4 gráfico de barras se evidencia que el T1 presenta mayor rendimiento  $4.94 t \cdot ha^{-1}$ ; seguido por el T2  $4.67 t \cdot ha^{-1}$  y por último el testigo con  $4.49 t \cdot ha^{-1}$ .

Estos resultados son similares a los descritos por Hernández et al. (2019) donde sometió la semilla de maíz a campos magnéticos con distintas frecuencias (20, 60 y 100 mT), con resultados de emergencia en el campo (110%) y el peso seco de las plántulas 21 días después de la siembra

(30.1%), obteniendo buenos rendimientos en grano para el genotipo CL-12 X CL-11; Sin embargo para el genotipo CL-4 X CL-1 se observó una estimulación negativa en el porcentaje de germinación de plántulas en campo y para el genotipo CL-13 X CL-1 no se registraron efectos significativos. Concluyendo que se necesita identificar parámetros óptimos en los tratamientos con campos magnéticos para inducir a una bioestimulación.

Estos resultados son similares a Flórez et al. (2012) donde evaluó el impacto de campos magnéticos estáticos en el rendimiento del trigo (*Triticum aestivum*). Los resultados indicaron que las plantas tratadas con campos magnéticos mostraron un aumento significativo en la producción de biomasa y en el rendimiento de grano en comparación con el testigo absoluto, se asimila con los resultados obtenidos en nuestro estudio con maíz morado, donde el tratamiento con campo magnético estático (T1) presentó el mayor rendimiento ( $4.94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). La similitud en los resultados sugiere que los campos magnéticos pueden tener un efecto general positivo en el crecimiento y rendimiento de diversas especies de cereales, probablemente mediante la mejora de procesos fisiológicos y bioquímicos esenciales en las plantas.

El mecanismo por el cual los campos magnéticos afectan la fisiología de las plantas no está completamente esclarecido, pero se cree que podría estar relacionado con la modulación del transporte de iones y la señalización celular. Según el trabajo de De Souza et al. (2006), los campos magnéticos pueden inducir cambios en la permeabilidad de las membranas celulares y la actividad de ciertos transportadores iónicos, lo que a su vez puede alterar procesos metabólicos cruciales para la síntesis de compuestos como las antocianinas.

## **4.2. Contenido de antocianinas en coronta en $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$**

### **4.2.1. Análisis de normalidad y homogeneidad de varianza**

Se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, con p-valores de 0.986 y 0.285 respectivamente. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk debido a que la muestra consistió en menos de 50 datos. En cuanto a la prueba de independencia Durbin – Watson (2.48) no hay evidencia significativa de autocorrelación en los residuos, indicando que las observaciones son independientes.

**Tabla 5**

*Análisis de varianza para contenido de antocianinas en coronta mg · g<sup>-1</sup>.*

Fuente De variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabular		p - valor (sig.)
					0.05	0.01	
Tratamientos	79.37	2	39.68	1.63 NS	4.46	8.65	0.2548
Repeticiones	255.34	4	63.84	2.62 NS	3.84	7.01	0.1146
Error	194.8	8	24.35				
Total	529.51	14					
CV. (%)	10.34						
$R_r^2$ (%)	0.14						
Media $\bar{x}$	59.49 mg · g <sup>-1</sup>						

NS: no significativo

CV. Coeficiente de variación

$R_r^2$  = Coeficiente de determinación de los tratamientos

Según los resultados de la tabla 5, análisis de varianza se puede observar que no existe significancia estadística entre los tratamientos, debido que el valor de p = 0.2548, siendo este dato mayor a p < 0.05, (F. calculada 1.63 < F. tabular 4.46); al 95 % de probabilidad, así mismo tampoco existe diferencia entre bloques p valor = 0.1146 (F. calculada 2.62 < F. tabular 3.84) al 95 % de probabilidades, para la variable porcentaje de antocianinas en coronta o tusa.

El CV. Coeficiente de variabilidad es baja 10.34 % indicando que existe baja dispersión de los datos y las mediciones son consistentes y fiables.

El coeficiente de determinación  $R_r^2$  de los tratamientos es 0.14 indicando que el 14 % de la variabilidad del contenido de antocianinas en coronta se debe al efecto de los tratamientos; sugiriendo que la mayor parte de la variabilidad en el contenido de antocianinas en coronta (86 %), se debe a otros factores no controlados como condiciones ambientales.

**Tabla 6**

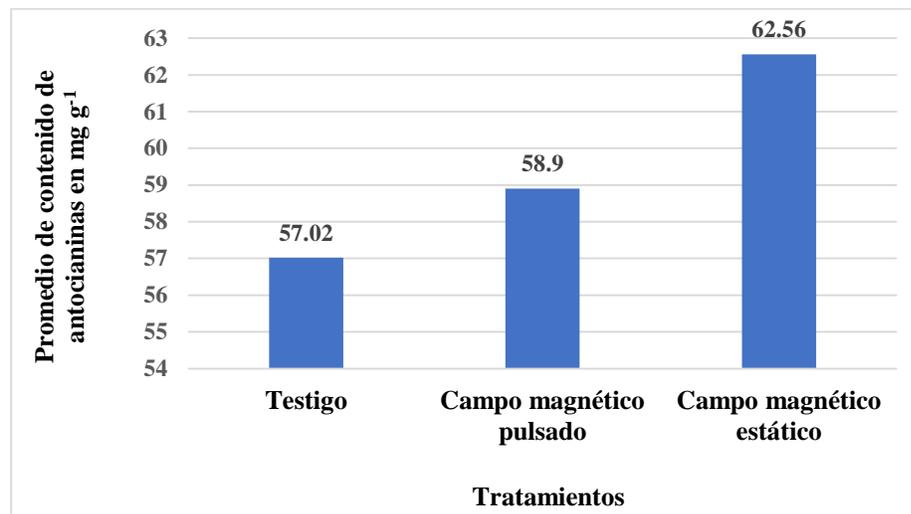
*Promedios del contenido de antocianinas para coronta en  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  y  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para los 3 tratamientos en estudio.*

<b>Clave</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio <math>\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}</math></b>	<b>Rendimiento de antocianinas <math>\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}</math></b>
T1	Campo magnético estático	62.56	77.25
T2	Campo magnético pulsado	58.9	68.84
T3	Testigo	57.02	63.76

La tabla 6 muestra el promedio de los tres tratamientos en estudio para contenido de antocianinas en la coronta, donde T1 presenta  $62.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , seguido por T2  $58.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  y por último el testigo  $57.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ .

**Figura 5**

Gráfico de barras para contenido de antocianinas en coronta  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ .



En la figura 5 gráfico de barras se evidencia que el T1 contiene  $62.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de contenido de antocianinas en coronta, seguido por el T2 y T3 con  $58.9$  y  $57.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  respectivamente.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Ramírez et al. (2015) quienes investigaron el impacto de los campos magnéticos en el contenido de antocianinas del maíz morado y observaron un aumento significativo en las concentraciones de antocianinas en las plantas tratadas. Su estudio encontró que las concentraciones de antocianinas en la coronta eran más altas en los tratamientos con campos magnéticos en comparación con los testigos no tratados, con valores que variaban entre  $60$  y  $65 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , dependiendo del tipo de campo magnético aplicado.

Así mismo Martino et al. (2000) reportaron que la exposición de plantas de arándano a campos magnéticos resultó en un aumento en el contenido de antocianinas. El estudio mostró que los arándanos tratados con campos magnéticos tenían un contenido de antocianinas de  $2.59 \text{ mg/g}$  en frutos frescos, y este contenido se incrementó a  $459.81 \text{ mg/g}$  en polvo seco tras extracción asistida por ultrasonido y absorción en resina macroporosa.

Del mismo modo, Cakmak et al. (2010) estudiaron el efecto de los campos magnéticos en el contenido de flavonoides y antocianinas en fresas y encontraron un aumento significativo en la concentración de estos compuestos. El estudio reportó que las fresas tratadas con campos magnéticos tenían un contenido de antocianinas de 1.5-2.0 mg/g, comparado con 1.0-1.2 mg/g en las fresas no tratadas. Esto sugiere que los campos magnéticos pueden incrementar la biosíntesis de antocianinas, resultando en una mayor concentración de estos compuestos en los frutos tratados.

Otros estudios han investigado el efecto de los campos magnéticos en la producción de compuestos bioactivos en diferentes cultivos. Por ejemplo, Flórez et al. (2007) encontraron que la aplicación de campos magnéticos a semillas de cebada resultó en un aumento significativo en el contenido de flavonoides, un grupo de compuestos que incluye las antocianinas.

#### 4.3. Contenido de antocianinas en bráctea $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$

Se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, con p-valores de 0.81 y 0.596 respectivamente. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk debido a que la muestra consistió en menos de 50 datos. En cuanto a la prueba de independencia Durbin – Watson (1.81) no hay evidencia significativa de autocorrelación en los residuos, indicando que las observaciones son independientes.

**Tabla 7**

*Análisis de varianza para contenido de antocianinas en bráctea  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ .*

Fuente De Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabular		p - valor (Sig.)
					0.05	0.01	
Tratamientos	872.75	2	436.38	6.1 *	4.46	8.65	0.0246
Repetición	1109.31	4	277.33	3.88 *	3.84	7.01	0.0488
Error	572.21	8	71.53				
Total	2554.28	14					

CV. (%)	10.68
$R_r^2$ (%)	0.34
Media $\bar{x}$	79.16 mg · g <sup>-1</sup>

NS: no significativo      \*significativo  $\alpha=0.05$       \*\* Altamente significativo  $\alpha=0.01$

CV. Coeficiente de variación

$R_r^2$  = Coeficiente de determinación de los tratamientos

Según los resultados de la tabla 7, análisis de varianza se puede observar que, si existe significancia estadística entre los tratamientos, debido que el valor de  $p = 0.0246$ , siendo este dato menor a 0.05, (F. calculada 6.1 > F. tabular 4.46); al 95 % de probabilidad; del mismo modo existe diferencia estadística entre bloques  $p$  valor = 0.0488. (F. calculada 3.88 > F. tabular 3.84); El CV. Coeficiente de variabilidad es baja 10.68 % indicando que existe baja dispersión de los datos y las mediciones son consistentes y fiables. El coeficiente de determinación  $R_r^2$  de los tratamientos es 0.34 indicando que el 34 % de la variabilidad del contenido de antocianinas en brácteas; esto indica que los tratamientos tienen una influencia significativa en la variabilidad del contenido de antocianinas y el 66 % a efectos del ambiente.

### Tabla 8

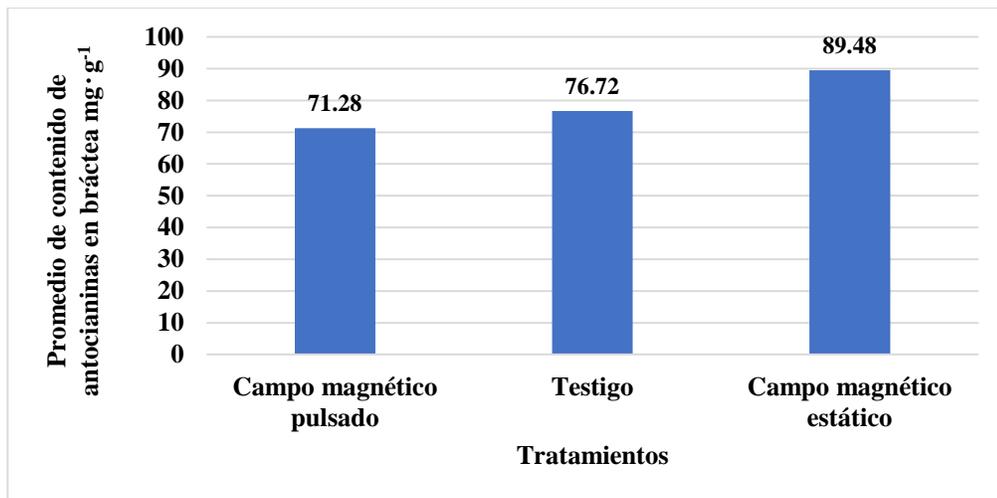
*Prueba de comparaciones múltiples con Tukey 5 % en contenido de antocianinas en bráctea mg · g<sup>-1</sup>.*

Clave	Tratamientos	Medias mg · g <sup>-1</sup>		
T1	Campo magnético estático	89.48	a	
T3	Testigo	76.72	a	b
T2	Campo magnético pulsado	71.28		b

En la tabla 8 de análisis de comparaciones múltiples de Tukey con  $p < 0,05$ . Se observa que el T1 presenta mayor contenido de antocianinas en bráctea con  $89.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  seguido por el testigo con  $76.72 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ; estos superan al T2 que obtuvo  $71.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ .

**Figura 6**

*Gráfico de barras para contenido de antocianinas en bráctea  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ .*



En la Figura 6, muestra que existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, presentando el T1 mayor contenido de antocianinas  $89.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , seguido del testigo  $76.72 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  y por último el T2 con  $71.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ .

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Al finalizar el presente trabajo de investigación, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se determinó que el T1 (40 mT) obtuvo mayor rendimiento de grano seco con  $4.94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ , sin embargo, no existe significancia estadística entre los tratamientos.
- Se determinó que el mayor contenido de antocianinas en coronta fue el T1 (40 mT) con  $62.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  ( $77.25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), sin embargo, no existe significancia estadística entre los tratamientos.
- Se determinó que el mayor contenido de antocianinas en bráctea, se obtuvo con T1 (40 mT) que alcanzó  $89.48 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , sin diferencia estadística con el testigo, pero si con T2.

## 5.2. Recomendaciones

Dado que no se observaron diferencias significativas en contenido de antocianinas en coronta ni en rendimiento, la inversión en equipos específicos para campos magnéticos no parece justificada al cultivar maíz morado. No obstante, en el caso de contar ya con estos equipos, se sugiere optar por la exposición de las semillas a campos magnéticos estáticos debido que se vio superioridad para el contenido de antocianinas en bráctea.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aladjadjyan, A., & Ylieva, T. (2003). *Influence of stationary magnetic field on the antioxidant activity of plants*. Journal of Central European Agriculture, 4(2), 132-138.
- Aranzazu Osorio, J. Enrique. (2019). *Análisis del efecto del tratamiento magnético sobre la actividad enzimática en semillas de maíz (Zea mays L.)*. Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75611/1053699399.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Arriaga B, Castro I. (2011). *Determinación de la concentración de cianidina -3-glucósido por cromatografía líquida de alta resolución en Zea mays L. maíz morado"procedente del Instituto Nacional de Innovación Agraria*. [Tesis de Pregrado]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Block, G., Patterson, B., & Subar, A. (1992). *Fruit, vegetables, and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence*. *Nutrition and Cancer*, 18(1), 1-29.
- Baldera, N. S., Cuadra, Y. M. L., Zavaleta, R. M., & Ibañez, J. C. A. (2022). *Influencia del campo magnético en el crecimiento de semillas de Phaseolus vulgaris*. Distrito de Valera 2021. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 3(1), 84-93.
- Bierbaum, P. J., & Peters, J. M. (1994). *Proceedings of the Scientific Workshop on the Health Effects of Electric and Magnetic Fields on Workers*. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JOS6mANogUC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Pulsed+Electromagnetic+Fields+in+Medicine:+A+Review+of+Recent+Developments%22+de+Richard+A.+Luben+y+Andrew+P.+Miller&ots=H7yXNRsTNk&sig=2\\_Tdo2QQyKVwwojsTbDsjo-J6Y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JOS6mANogUC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Pulsed+Electromagnetic+Fields+in+Medicine:+A+Review+of+Recent+Developments%22+de+Richard+A.+Luben+y+Andrew+P.+Miller&ots=H7yXNRsTNk&sig=2_Tdo2QQyKVwwojsTbDsjo-J6Y#v=onepage&q&f=false)
- Cakmak, T., Dumlupinar, R., Erdal, S., Aydogan, M., & Elmas, E. (2010). Effects of magnetic fields on the biosynthesis of flavonoids and anthocyanins in strawberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(15), 8339-8345.
- Cuevas Montilla, E., Antezana, A., & Winterhalter, P. (2008). *Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz (Zea mays L.) boliviano*. Alemania.
- Domínguez Pacheco, F. A. (2017). *Método biofísico aplicado para mejorar el establecimiento de plántulas de maíz (Zea Mays L.)*. Revisado en línea el 17 de diciembre del 2023. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23962>
- EcuRed. (2017). *Maíz Morado*. Recuperado el 8 de diciembre del 2023. [https://www.ecured.cu/Ma%C3%ADz\\_morado](https://www.ecured.cu/Ma%C3%ADz_morado)
- Flórez, M., Carbonell, M. V., & Martínez, E. (2012). *Exposure of maize seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth*. *Environmental and Experimental Botany*, 75, 255-260.
- Gavidia Pérez, Y. M. (2023). *Efecto del tratamiento magnético en las características de germinación de semillas de maíz morado (Zea mays L.) variedad INIA 601*.

- Hernández Aguilar, C., Domínguez - Pacheco, A., Carballo, A., Cruz-Orea, A., Ivanov, R., Luis López Bonilla, J., Pastor Valcarcel Montañez, J., Politécnico Nacional, I., Profesional, U., López Mateos, A., & Lindavista México, C. D. (2009). *Alternating Magnetic Field Irradiation Effects on Three Genotype Maize Seed Field Performance*. *Acta Agrophysica*, 14(1), 7–17.
- Hernández, C. (2007). “*Método biofísico aplicado para mejorar el establecimiento de plántulas de maíz (Zea mays L.)*”. Revisado en línea el 31 de dic. de 23. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/23962>
- Hernández, A., Rodríguez, M., & García, R. (2019). *Efectos de los campos magnéticos estáticos en la actividad enzimática y producción de fenoles en plantas*. *Revista de Botánica Experimental*, 22(4), 102-110.
- Huamani, E. H., Humpiri, J. M. T., Quispe, M. T., Cruz, M. R. C., & Cáceres, J. Z. (2022). *Estimulación de la germinación de semillas de trigo por exposición a Campos Magnéticos Estacionarios*. *Ñawparisun-Revista de Investigación Científica*, 3(4). Revisado en línea el 30 de dic. de 23. <https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/203>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2021). *Manual de maíz Amiláceo*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de [file:///D:/INIA/PROSEM/Campa%C3%B1a%202021%20-%202022/Publicaciones/MANUAL%20DE%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20MA%C3%8DZ%20AMIL%C3%81CEO.pdf]
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura – INTAGRI. (2020). *Fuentes Orgánicas de N-P-K para la Nutrición de los Cultivos*. Serie Agricultura Orgánica Núm. 10. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Recuperado el 11 de marzo de 2020 de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/fuentes-organicas-de-n-p-k-para-la-nutricionde-cultivos>
- Fukamachi, K., Imada, T., Ohshima, Y. & Tsuda, H. (2008). *Purple corn color suppresses Ras protein level and inhibits 7,12-dimethylbenz anthracene-induced mammary carcinogenesis in the rat*. *Revista Cancer Sc*, 99 (9), 1841-1846. doi: 10.1111/j.1349-7006.2008.00895.
- Flórez, M., Carbonell, M. V., & Martínez, E. (2007). *Exposure of barley seeds to stationary magnetic fields: Effects on germination and early growth*. *Environmental and Experimental Botany*, 60(2), 196-202.
- Linné, Carl von; Salvius, Lars. (1753). *Caroli Linnaei ... Species plantarum :exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas...* 2. Impensis Laurentii Salvii. p. 971. Consultado el 29 de enero de 2023.

- Ministerio de Desarrollo Agrario. (2021). *Dirección General de Políticas Agrarias. El Maíz Morado Peruano*. Revisado en línea el 18 de diciembre del 2023. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3531000/%20El%20Ma%C3%ADz%20Morado%20Peruano.pdf>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2014). *Maíz INIA 601*. Revisado en línea el 30 de diciembre del 2023. [http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/65/4/Tripma%c3%adz\\_INIA\\_601.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/65/4/Tripma%c3%adz_INIA_601.pdf)
- Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). *Análisis de antocianinas en el maíz morado (Zea mays L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. Terra Latinoamericana*, 39. Revisado en línea el 30 de diciembre del 2023. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792021000100201](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100201)
- Ramírez, J., Torres, A., Martínez, L., & González, M. (2015). Impacto de los campos magnéticos en el contenido de antocianinas del maíz morado. *Revista de Biotecnología Agrícola*, 12(2), 145-153.
- Rivas, N. L. L. (2019). *Efectos positivos del campo magnético en plantas cultivadas*. *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 14(2), 160-170.
- Rochalska, M., & Grabowska, A. (2007). *Influence of magnetic fields on the activity of enzymes involved in the biosynthesis of phenolic compounds in wheat seedlings. Acta Physiologiae Plantarum*, 29(5), 425-432.
- Martino, E., Giordano, S., & Bellone, G. (2000). Enhancement of anthocyanin content in blueberries by exposure to magnetic fields. *Food Chemistry*, 70(2), 221-227.
- Martínez, R., Pérez, C., & Torres, L. (2019). *Impacto del tratamiento magnético en la producción de antocianinas en cultivos agrícolas*. *Journal of Agricultural Science*, 24(3), 210-220.
- Menzies, I. J., Youard, L. W., Lord, J. M., Carpenter, K. L., van Klink, J. W., Perry, N. B., ... & Gould, K. S. (2016). *Leaf colour polymorphisms: a balance between plant defence and photosynthesis. Journal of ecology*, 104(1), 104-113. Revisado en línea. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2745.12494>
- Salinas Y, Salas G, Rubio D, Ramos N. (2017) *Characterization of anthocyanins extracts from maize kernels. J Chromatogr Sci*. 2005; 43: 483-487.
- Salinas-Moreno Y, G Salas-Sánchez, D Rubio-Hernández, N Ramos Lobato. (2005). *Characterization of anthocyanin extracts from maize kernels. J. Chromat. Sci*. 43:483-487. Revisado en línea el 30 de diciembre del 2023. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=6572607&pid=S0187-7380201300050000500034&lng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=6572607&pid=S0187-7380201300050000500034&lng=es)

Sosa, A., González, J., & Martínez, F. (2015). *Efectos de los campos magnéticos en el crecimiento y desarrollo de plantas*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 12(3), 45-56.

Soto, A. (2021). *Electromagnetismo*.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=y2QeEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Electromagnetismo&ots=vLBBrds5pc&sig=\\_rrEZc-pVOqyZvbJ1ZfxssKP0xs](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=y2QeEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=Electromagnetismo&ots=vLBBrds5pc&sig=_rrEZc-pVOqyZvbJ1ZfxssKP0xs)

The genomes of Rosaceous berries and their wild relatives, ed by Hytönen, T., Graham, J., Harrison, R., (2018), *Springer Cham*. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9>. Revisado en línea el 30 de diciembre del 2012. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-76020-9>

TOPDOCTORS. (2023). *Campo Electromagnético Pulsado*. Revisado en línea. <https://www.topdoctors.com.co/diccionario-medico/terapia-de-campo-electromagnetico-pulsado/>.

Valera Mantilla, P. O. (2019). *Efecto de la altitud en el rendimiento y en el contenido de antocianinas de maíz morado (Zea mays L.) en el distrito de Ichocán*. Revisado en línea el 31 de Dic. de 23. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3698/TESIS%20-%20PIERRE%20OMAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vásquez Arce, V., Piña Diaz, P. C., Medina Hoyos, A. E., Cabrera Hoyos, H. A., Seminario Cunya, A., Jiménez Díaz, L. A., & Seminario Cunya, J. F. (2020). *Contenido de antocianinas en coronta y brácteas de seis cultivares de maíz morado (Zea mays L.) del Perú*. *Manglar*.

Yanangómez, L. (2018). *Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (Zea mays L.) en la parroquia Malacatos sector "San José" (tesis de grado)*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21176/1/LUIS%20VICENTE%20YANANG%C3%93MEZ%20AGILA.pdf> [ Links ]

## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### 7.1. Sistematización de datos en hoja de cálculo Excel.

##### Tabla 9

*Datos de evaluaciones realizadas a la parcela experimental en estudio.*

ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA BAÑOS DEL INCA  
ENSAYO DE CAMPOS MAGNETICOS CON MAIZ MORADO INIA 601

LOCALIDAD: BAÑOS DEL INCA

FECHA DE SIEMBRA: 14/12/22

FORMULA DE ABONAMIENTO: 120-55-45

NPK/Ha

Parcela	Descripción	Trat.	Rep.	Peso de campo	Humedad	Rendimiento (t· ha <sup>-1</sup> )	% Antocianinas Coronta	% Antocianinas Bráctea	Contenido de Antocianinas Coronta mg· g <sup>-1</sup>	Contenido de Antocianinas Bráctea mg· g <sup>-1</sup>
101	CAMPO MAGNETICO PULSADO	2	1	14	37.4	3.09	5.82	8.81	58.2	88.1
102	CAMPO MAGNETICO ESTATICO	1	1	16.4	35.14	3.75	5.22	9.47	52.2	94.7
103	TESTIGO	3	1	14.5	34.5	3.35	5.3	9.07	53	90.7
201	CAMPO MAGNETICO ESTATICO	1	2	15	34.1	3.48	7.16	9.94	71.6	99.4
202	CAMPO MAGNETICO PULSADO	2	2	19.5	31.74	4.69	5.98	6.65	59.8	66.5
203	TESTIGO	3	2	15.2	38.15	3.31	6.97	8.06	69.7	80.6
301	CAMPO MAGNETICO ESTATICO	1	3	22.2	31.66	5.35	6.28	8.71	62.8	87.1
302	TESTIGO	3	3	19.6	26.15	5.10	5.37	7.99	53.7	79.9
303	CAMPO MAGNETICO PULSADO	2	3	18.9	31.35	4.57	6.15	6.35	61.5	63.5
401	TESTIGO	3	4	20.9	30.15	5.14	5.32	4.97	53.2	49.7
402	CAMPO MAGNETICO ESTATICO	1	4	26.3	28.21	6.65	5.99	7.58	59.9	75.8
403	CAMPO MAGNETICO PULSADO	2	4	23.9	32.55	5.68	6.09	6.87	60.9	68.7
501	TESTIGO	3	5	22.9	31.43	5.53	5.55	8.27	55.5	82.7
502	CAMPO MAGNETICO PULSADO	2	5	21.1	28.42	5.32	5.41	6.96	54.1	69.6
503	CAMPO MAGNETICO ESTATICO	1	5	21.7	28.55	5.46	6.63	9.04	66.3	90.4

## 7.2. Promedio de las variables evaluadas de los tratamientos.

**Tabla 10**

*Promedios de rendimiento (t· ha<sup>-1</sup>) de los tres tratamientos en cinco repeticiones.*

N°	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		I	II	III	IV	V		
1	Campo magnético estático	3.75	3.48	5.35	6.65	5.46	24.69	4.94
2	Campo magnético pulsado	3.09	4.69	4.57	5.68	5.32	23.35	4.67

3	Testigo	3.35	3.31	5.10	5.14	5.53	22.44	4.49
---	---------	------	------	------	------	------	-------	------

**Tabla 11**

*Prueba de supuestos de normalidad para datos de rendimiento  $t \cdot ha^{-1}$ .*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CM Estático	0.919	5	0.522
CM Pulsado	0.916	5	0.507
Testigo	0.797	5	0.076

**Tabla 12**

*Prueba de supuestos de homogeneidad para rendimiento  $t \cdot ha^{-1}$ .*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.702	2	12	0.515

**Tabla 13**

*Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento de antocianina en coronta.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,179a	0.032	-0.042	1.08959	1.400

**Tabla 14**

*Promedios de contenido de antocianinas en coronta ( $mg \cdot g^{-1}$ ) de los tres tratamientos en cinco repeticiones.*

N°	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		I	II	III	IV	V		
1	Campo magnético estático	52.2	71.6	62.8	59.9	66.3	312.80	62.56
2	Campo magnético pulsado	58.2	59.8	61.5	60.9	54.1	294.50	58.90
3	Testigo	53	69.7	53.7	53.2	55.5	285.10	57.02

**Tabla 15***Prueba de supuestos de normalidad para datos de contenido de antocianinas en coronta.*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CM Estático	0.992	5	0.986
CM Pulsado	0.884	5	0.327
Testigo	0.663	5	0.064

**Tabla 16***Prueba de supuestos de homogeneidad para contenido de antocianinas en coronta.*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1.395	2	12	0.285

**Tabla 17***Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento de antocianina en coronta.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,381 <sup>a</sup>	0.145	0.079	0.59016	2.489

**Tabla 18***Promedios de contenido de antocianinas en bráctea ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) de los tres tratamientos en cinco repeticiones.*

N°	Tratamiento	Repeticiones					Total	Promedio
		I	II	III	IV	V		
1	Campo magnético estático	94.7	99.4	87.1	75.8	90.4	447.40	89.48

2	Campo magnético pulsado	88.1	66.5	63.5	68.7	69.6	356.40	71.28
3	Testigo	90.7	80.6	79.9	49.7	82.7	383.60	76.72

**Tabla 19**

*Prueba de supuestos de normalidad para datos de contenido de antocianinas en bráctea*

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CM Estático	0.961	5	0.817
CM Pulsado	0.778	5	0.053
Testigo	0.791	5	0.068

**Tabla 20**

*Prueba de supuestos de homogeneidad de varianza para datos de contenido de antocianinas en bráctea*

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	0.541	2	12	0.596

**Tabla 21**

*Prueba de independencia Durbin – Watson, para rendimiento de antocianina en bráctea.*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,399 <sup>a</sup>	0.159	0.095	12.85191	1.813

### 7.3 Siembra y manejo agronómico del cultivo de maíz

**Figura 7**

*Semilla expuesta a campos magnéticos estáticos (izquierda) y campos magnéticos pulsados (derecha).*



**Figura 8**

*Instalación del experimento (siembra) según croquis en la EEA Baños del Inca.*



**Figura 9**

*Aplicación de herbicida a base de Atrazina posterior a la siembra.*



**Figura 10**

*Riego por gravedad debido a la ausencia de lluvias días posteriores a la siembra*



**Figura 11**

*Primera fertilización a base de NPK*



**Figura 12**

*Aporque y segunda fertilización nitrogenada.*



**Figura 13**

*Etiquetado de tratamientos según croquis experimental.*



**Figura 14**

*Floración masculina (izquierda), toma de datos biométricos de floración (derecha).*



**Figura 15**

*Control de gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*) con aceite vegetal comestible.*



**Figura 16**

*Toma frontal de parcela experimental lista para cosecha (izquierda), cosecha de experimento (derecha).*



#### 7.4 Trabajos de post cosecha (preparación de material para laboratorio).

*Figura 17*

*Selección de mazorcas y brácteas posterior a la cosecha.*



*Figura 18*

*Separado de mazorcas y brácteas e identificación por tratamientos*



**Figura 19**

*Distribución de las repeticiones y tratamientos post cosecha*



**Figura 20**

*Molienda de muestras (coronta y bráctea).*



**Figura 21**

*100 gramos de muestra por tratamiento para análisis de contenido de antocianinas en laboratorio.*



### **7.5. Análisis de contenido de antocianinas en laboratorio PRONEX**

**Figura 22**

*Preparación de materiales de laboratorio e identificación con los tratamientos en estudio.*



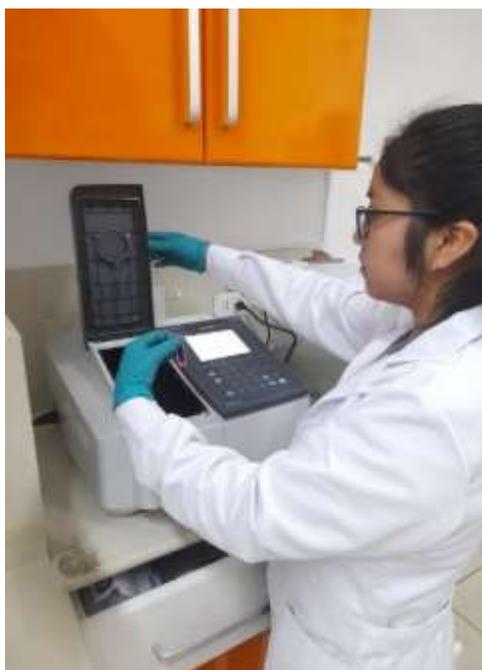
**Figura 23**

*Obtención de color de las muestras con agitador magnético.*

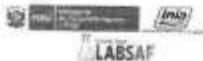


**Figura 24**

*Espectrofotómetro a longitud de onda de 535 nm.*



## 7.6 ANÁLISIS DE SUELO



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

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : FNI MADZ  
 Propietario / Productor : S.M. ZEPITA  
 Dirección del cliente : SCA BAÑOS DEL INCA  
 Solicitado por : Cliente  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 1  
 Producto destino : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras : Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente  
 Presencia de muestra(s) : BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA  
 Fecha de muestreo : No proporcionado por el cliente  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 19/05/2022  
 Lugar de ensayo : LABSAF Baños del Inca  
 Fecha de análisis : 20/05/2022  
 Colocación del servicio : 0131-ELCAD-2022  
 Fecha de emisión : 15/06/2022

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM						
Código de Laboratorio	900483 899M-22					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	-					
Hora de Inicio de Muestreo (H)	-					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	L-1					
Ensayo	Unidad	LD	Resultados			
pH	unif. pH	-	7.45			
Alcalinidad	g	-	-			
Materia Orgánica	%	-	3.35			
Fósforo	ppm	-	32.44			
Potasio	ppm	-	300			

#### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPH 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and water pH
Materia Orgánica	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Seguridad Secuaz (SI) de Alimentos 2000, Item 7.1.7.25 (SI) 2001. Contenido de Materia Orgánica por el método de Kjeldahl y Brast
Fósforo	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Seguridad Secuaz (SI) de Alimentos 2000, Item 7.1.16.45-16.46.0.00. Determinación de Fósforo
Potasio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Seguridad Secuaz (SI) de Alimentos 2000, Item 7.1.9.45-19.46.0.00. Determinación de Potasio (Volumétrico)
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Seguridad Secuaz (SI) de Alimentos 2000, Item 7.1.5.45-19.46.0.00. Determinación de la Textura del suelo por el método de dispersión
Aluminio	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Seguridad Secuaz (SI) de Alimentos 2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, 04/02/00 y análisis, Item 7.3.25.45-32.2002. Método colorimétrico

#### IV. CONSIDERACIONES

- Este es un informe de laboratorio. Fuente: Condiciones de almacenamiento.
- Este informe no puede ser reproducido total o parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los datos suministrados al ensayo.
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron.
- Este documento es válido solo para el producto muestreado y almacenado.
- El Laboratorio no se responsabiliza cuando el informante proporcionado por el cliente puede afectar la validez de los resultados.
- Medición de temperatura a 25 °C.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS  
 LABSAF BAÑOS DEL INCA

FIN DE INFORME DE ENSAYO

LABSAF BAÑOS DEL INCA  
 Dirección: Av. Primavera S/N Baños del Inca Cajamarca  
 Telf: 051-031046  
 Email: labsa@labsa.com.pe

## INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

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

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

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

### MATERIA ORGANICA

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

### FÓSFORO

Clasificación	mg/kg de P
Bajo	<3.5
Medio	6.5 - 11
Alto	>11

### CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

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

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

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy Baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10	1.3 - 8.0	0.3 - 0.6
Alta	>10	>3.0	>0.6

### SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

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



Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección

