



Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia,
y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”



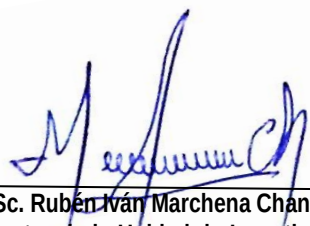
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Efecto de la bioestimulación magnética de semillas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601 sobre las características físicas, el rendimiento de producción, la concentración de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, producidos en la región de Cajamarca**”; desarrollado por el **Bach. Cesar Mario Lobato Gil** de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, **asesorado por el M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso y coasesorado por el Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 18%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 02 de octubre de 2024.

Atentamente



M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias

RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2024

Cesar Mario Lobato Gil

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

-  INFORME DE TESIS 2024
-  PROYECTOS Y TESIS 2024
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3028713060

Fecha de entrega

2 oct 2024, 5:22 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 oct 2024, 5:27 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis_Cesar_Mario_Lobato_Gil_2_-_T.pdf

Tamaño de archivo

2.4 MB

94 Páginas

18,866 Palabras

88,135 Caracteres

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 9%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
16 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 9%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
hdl.handle.net		2%
2	Internet	
repositorio.lamolina.edu.pe		1%
3	Internet	
es.scribd.com		1%
4	Internet	
www.datosabiertos.gob.pe		1%
5	Internet	
orcid.org		1%
6	Internet	
repositorio.espe.edu.ec		1%
7	Internet	
tesis.ucsm.edu.pe		1%
8	Internet	
repositorio.uteq.edu.ec		0%
9	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga		0%
10	Publicación	
Pizarro Polo, Karina Tovar Mendoza, Ana. "Implementación de Una Unidad Didá...		0%
11	Internet	
difusioncientifica.info		0%

12	Trabajos del estudiante	ueb	0%
13	Internet	qdoc.tips	0%
14	Internet	1pdf.net	0%
15	Internet	repositorio.uta.edu.ec	0%
16	Internet	www.fondoempleo.com.pe	0%
17	Internet	1library.co	0%
18	Internet	www.revistas.unitru.edu.pe	0%
19	Trabajos del estudiante	Systems Link	0%
20	Internet	repositorio.unach.edu.pe	0%
21	Internet	programadelfin.org.mx	0%
22	Internet	"Estudio de viabilidad de la incorporación de la fracción orgánica de los residuos ...	0%
23	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	0%
24	Publicación	"Efecto de la adición integrada de un extracto de coronta de maíz morado (Zea m...	0%
25	Internet	repositorio.udec.cl	0%

26	Internet	www.clubensayos.com	0%
27	Internet	www.slideshare.net	0%
28	Internet	repositorio.utn.edu.ec	0%
29	Internet	silو.tips	0%
30	Internet	dspace.espoch.edu.ec	0%
31	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	0%
32	Internet	www.scielo.org.mx	0%
33	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	0%
34	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	0%
35	Publicación	Liza Neciosup, Rafael Angel. "Mapeo de los niveles de Radon 222 en el distrito de ...	0%
36	Internet	repositorio.uct.edu.pe	0%
37	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	0%
38	Publicación	Jose Cristobal Roman Reyes, Dulce Olivia Castaneda Rodriguez, Hipolito Castillo U...	0%
39	Internet	patents.google.com	0%

40	Internet	repositorio.utc.edu.ec	0%
41	Internet	www.ceramic-science.com	0%
42	Publicación	Edgar García Fortea. "Desarrollo de materiales de pre-mejora y herramientas biot...	0%
43	Internet	es.slideshare.net	0%
44	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
45	Trabajos del estudiante	Capital Education	0%
46	Publicación	Fritzner Pierre, Iveth Yassmin Rodriguez, Raphael Wesly Colbert, Juan Carlos Rosa...	0%
47	Publicación	Guerrero Castillo, Pedro Alonso. "Estudio fitoquímico del aceite y del extracto me...	0%
48	Internet	renati.sunedu.gob.pe	0%
49	Internet	repositorio.unal.edu.co	0%
50	Internet	repositorio.uns.edu.pe	0%
51	Internet	revista.uan.mx	0%
52	Internet	documentop.com	0%
53	Internet	repositorio.unajma.edu.pe	0%

54	Internet	repositoriotec.tec.ac.cr	0%
55	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	0%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Agraria La Molina	0%
57	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Santa	0%
58	Internet	farmacia.ugr.es	0%
59	Internet	repositorio.upla.edu.pe	0%
60	Internet	repositorio.utmachala.edu.ec	0%
61	Publicación	"Análisis de la microestructura y propiedades físico-mecánicas de bases estabiliz...	0%
62	Internet	aromo.ine.cl	0%
63	Internet	download.opencontroller.com	0%
64	Internet	repositorio.unprg.edu.pe	0%
65	Trabajos del estudiante	Escuela Politecnica Nacional	0%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Autónoma de Nuevo León	0%
67	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	0%

68	Trabajos del estudiante unhuancavelica	0%
69	Trabajos del estudiante Universidad Nacional de Trujillo	0%
70	Internet colposdigital.colpos.mx:8080	0%
71	Internet cybertesis.urp.edu.pe	0%
72	Publicación de Barros, Diana Brito. "Sustainable Valorisation and Development of Innovative ...	0%
73	Publicación Jennifer Pilar ROJAS-LLANES, Jairo René MARTÍNEZ, Elena E. STASHENKO. "Conteni...	0%
74	Internet link.springer.com	0%
75	Internet repositorio.uam.es	0%
76	Internet revistamedica.com	0%
77	Internet biblioteca2.ucab.edu.ve	0%
78	Internet chapingo.orex.es	0%
79	Internet issuu.com	0%
80	Internet repositorio.unas.edu.pe	0%
81	Internet repositorio.unid.edu.pe	0%

82	Internet	vnexplorer.net	0%
83	Internet	www.coursehero.com	0%
84	Publicación	Luis Valencia-Florez, Oswaldo Osorio-Mora, Laura Latorre-Vasquez, Diego Mejia-E...	0%
85	Internet	helvia.uco.es	0%
86	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	0%
87	Internet	ri.uaemex.mx	0%
88	Internet	archivos.ujat.mx	0%
89	Internet	cjascience.com	0%
90	Internet	ecoportal.net	0%
91	Internet	repositorio.uandina.edu.pe	0%
92	Internet	repositorio.ulcb.edu.pe:8080	0%
93	Internet	repositorio.unc.edu.pe	0%
94	Internet	repositorio.unfv.edu.pe	0%
95	Internet	repositorio.unh.edu.pe	0%

96	Internet	repositorioubasibi.uba.ar	0%
97	Internet	sisbib.unmsm.edu.pe	0%
98	Internet	www.mdpi.com	0%
99	Publicación	Daniel Tánori-Encinas, Abraham Wall-Medrano, José Luis Cárdenas-López, Ana Ire...	0%
100	Publicación	Evelyn Ríos-Romero, Gipsy Tabilo-Munizaga, Juliana Morales-Castro, Juan E. Reyes...	0%
101	Publicación	G. M. Cortés Díaz, G. A. Prieto Suárez, W. E. Roza Nuñezc. "Caracterización bromat...	0%
102	Publicación	Gloria Holguín Martínez. "Memorias del XI Congreso Colombiano de Fitoquímica",...	0%
103	Publicación	JA Tello-Cetina, LA Rodríguez-Gil, F Rodríguez-Romero. "Population genetics of th...	0%
104	Publicación	P. Parra Rosero, W. Ipanaque Alama, J. Manrique Silupu. "Design and Implementa...	0%
105	Publicación	Teresa Romero-Cortes, Lis Tamayo-Rivera, Mario A. Morales-Ovando, José E. Apari...	0%
106	Internet	andina.pe	0%
107	Internet	bdigital.unal.edu.co	0%
108	Internet	conmosca.com	0%
109	Internet	doczz.net	0%

110	Internet	dokumen.pub	0%
111	Internet	pharmacologyonline.silae.it	0%
112	Internet	pt.slideshare.net	0%
113	Internet	redpav-fpolar.info.ve	0%
114	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	0%
115	Internet	ri-ng.uaq.mx	0%
116	Internet	rinacional.tecnm.mx	0%
117	Internet	www.itzonamaya.edu.mx	0%
118	Internet	www.researchgate.net	0%
119	Internet	www.sabiia.cnptia.embrapa.br	0%
120	Internet	zdocs.pub	0%
121	Publicación	Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lentej...	0%
122	Publicación	José E. Rodríguez, Américo Castro. "Evaluación del contenido de polifenoles y acti...	0%
123	Publicación	CRISTINA VERÓNICA DAVIES. "Estudio de los procesos biotecnológicos de acetific...	0%

124

Publicación

der Ohannesian, Martín. "Efecto de la Incorporación de Frutos Rojos Deshidratad...

0%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**Efecto de la Bioestimulación Magnética de Semillas de Maíz Morado (*Zea mays* L.) INIA
601 Sobre las Características Físicas, el Rendimiento de Producción, la Concentración de
Compuestos Bioactivos y la Actividad Antioxidante, Producidos en la Región de Cajamarca.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR

Bach. Lobato Gil Cesar Mario

ASESOR

M.Sc. Chuquizuta Trigoso Tony Steven

COASESOR

Dr. Arteaga Miñano Hubert Luzdemio

CHOTA – CAJAMARCA

2024


Tony Steven Chuquizuta Trigoso
CIP. 169162
Docente UNACH


Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano
CIP N° 86079
Docente UNJ



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 006-2024-FCA

Siendo las 15:10 horas, del día 25 de Setiembre de 2024, los miembros del Jurado de Tesis titulada: EFECTO DE LA BIOESTIMULACIÓN MAGNÉTICA DE SEMILLAS DE MAÍZ MORADO (ZEA MAYS L.) INIA 601 SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, EL RENDIMIENTO DE PRODUCCIÓN, LA CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, PRODUCIDOS EN LA REGIÓN DE CAJAMARCA", integrado por:

1. Dr. Ricardo Abel del Castillo Torres Presidente
2. Ph.D. Frank Fluker Velásquez Barreto Secretario
3. Mg. Dora Jhanina Rodríguez Fernández Vocal

Sustentada de manera presencial (X), virtual () por Lobato Gil César Mario, con la finalidad de

obtener el Título Profesional de (Ingeniero Agroindustrial/Ingeniero Forestal y Ambiental)

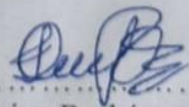
Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, desaprobado)

... la tesis, calificándola con la nota de: (... 14 ...), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Huacaris, 25 de setiembre del 2024


Dr. Ricardo Abel del Castillo Torres
Presidente


Ph. D. Frank Fluker Velásquez Barreto
Secretario


Mg. Dora Jhanina Rodríguez Fernández
Vocal

Dedicatoria

Dedico esta investigación a:

Mis familiares, por el apoyo y la paciencia que tuvieron durante todo el proceso de formación profesional.

Todas las personas, quienes de una u otra manera influyeron para mi formación moral y académica.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por darme la vida, la salud, las fuerzas, el cuidado y la oportunidad de realizar esta investigación.

De manera muy especial agradezco a mi mamá, Isalvina Gil Díaz y a mis familiares quienes estuvieron brindándome apoyo económico, emocional y moral, que a lo largo de mi formación académica que me brindaron desinteresadamente.

A mi Asesor Mg. Tony Steven Chuquizuta Trigoso y a mi coasesor el Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano, que estuvieron apoyando desde la formulación del proyecto, ejecución y redacción del informe final.

Al Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA), que, por intermedio de la Universidad Nacional de Autónoma de Chota, ha sido posible este trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), Estación Experimental Baños del Inca, que, a través, de la Mg. Alicia Elizabeth Medina Hoyos, por su apoyo durante todo el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz morado INIA 601.

Al Dr. Nils Leander Huaman Castilla por permitirme el acceso al Laboratorio de Tecnologías Sustentables para la Extracción de Compuestos de Alto Valor y al Dr. Franz Zirena Vilca al Laboratorio de Contaminantes Orgánicos y Ambiente, quienes me brindaron el acompañamiento durante las extracciones y determinaciones de compuestos bioactivos de las mazorcas de maíz morado INIA 601, ambos docentes investigadores de la Universidad Nacional de Moquegua.

Índice de contenidos

Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Índice de contenidos	5
Índice de tablas	7
Índice de figuras.....	10
Resumen.....	12
Abstract	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Formulación del Problema.....	14
1.3. Justificación	15
1.4. Objetivos.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes.....	18
2.2. Bases Teórico – Científicas	20
2.3. Marco Conceptual.....	30
2.4. Hipótesis	31
2.5. Operacionalización de Variables	32
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	33

3.1.	Tipo y Nivel de Investigación	33
3.2.	Diseño de Investigación.....	33
3.3.	Métodos de Investigación.....	34
3.4.	Población, Muestra y Muestreo	49
3.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	50
3.6.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	50
3.7.	Aspectos Éticos.....	51
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		52
4.1.	Descripción de Resultados.....	52
4.2.	Contrastación de Hipótesis	82
4.3.	Discusión de Resultados	84
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		91
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....		94
VIII. ANEXOS		107

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica del maíz morado	23
Tabla 2 Características físicas del maíz morado INIA 601	25
Tabla 3 Composición proximal de la coronta de maíz morado variedad INIA 601	26
Tabla 4 Contenido de antocianinas en coronta y bráctea del maíz morado INIA 601	28
Tabla 5 Contenido de fenoles totales en la coronta del maíz morado	29
Tabla 6 Actividad antioxidante en el maíz morado	30
Tabla 7 Operacionalización de variables	32
Tabla 8 Escala del porcentaje de pudrición del maíz.....	38
Tabla 9 Protocolo para determinar antocianinas totales	45
Tabla 10 Protocolo para determinar fenoles totales.....	47
Tabla 11 Ubicación de los lugares de procedencia de las muestras	49
Tabla 12 Instrumentos para la recolección de datos	50
Tabla 13 Esquema del análisis de varianza.....	51
Tabla 14 Análisis de varianza para días a la floración masculina (DFM)	52
Tabla 15 Comparaciones de grupos homogéneos de DFM por lugar.....	53
Tabla 16 Análisis de varianza para días a la floración femenina (DFF).....	54
Tabla 17 Comparaciones de grupos homogéneos de DFF por lugar	54
Tabla 18 Análisis de varianza para altura de planta (m).....	55
Tabla 19 Comparaciones de grupos homogéneos de altura de planta por bloque	56
Tabla 20 Comparaciones de grupos homogéneos de altura de planta por lugar.....	57
Tabla 21 Análisis de varianza para N° de mazorcas / planta.....	58
Tabla 22 Comparaciones de grupos homogéneos de N° de mazorcas / planta por lugar .	59

Tabla 23 Días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha, por lugar	60
Tabla 24 Análisis de varianza para longitud de mazorca (cm)	60
Tabla 25 Comparaciones de grupos homogéneos de longitud de mazorca por tratamiento	61
Tabla 26 Comparaciones de grupos homogéneos de longitud de mazorca por tratamiento	62
Tabla 27 Comparaciones de grupos homogéneos de PPP de mazorca por lugar	63
Tabla 28 Características físicas del maíz morado INIA 601	64
Tabla 29 Análisis de varianza para rendimiento (t/ha)	65
Tabla 30 Comparaciones de grupos homogéneos de rendimiento (t/ha) por lugar	65
Tabla 31 Rendimiento de producción de maíz morado INIA 601	66
Tabla 32 Resultados del contenido de antocianinas totales de las muestras del maíz morado INIA 601 y los bloques experimentales	67
Tabla 33 Análisis de varianza para antocianinas totales de grano (mg C3G/gss)	68
Tabla 34 Análisis de varianza para antocianinas totales de coronta (mg C3G/gss)	68
Tabla 35 Análisis de Varianza para Antocianinas Totales de Bráctea (mg C3G/gss).....	69
Tabla 36 Contenido de polifenoles de las muestras de maíz morado INIA 601 y los bloques experimentales.....	69
Tabla 37 Análisis de varianza para fenoles totales de grano (mg EAG/gss)	70
Tabla 38 Análisis de varianza para fenoles totales de coronta (mg EAG/gss)	70
Tabla 39 Análisis de varianza para fenoles totales de bráctea (mg EAG/gss).....	71
Tabla 40 Comparaciones de grupos homogéneos para fenoles totales de bráctea (mg EAG/gss) por lugar	71

Tabla 41 Antocianinas totales y fenoles totales de las muestras de maíz morado INIA 601	73
Tabla 42 Actividad antioxidante de las muestras de maíz morado INIA 601 y los bloques experimentales.....	74
Tabla 43 Análisis de varianza para actividad antioxidantes de grano ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$)	75
Tabla 44 Análisis de varianza para actividad antioxidantes de coronta ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$)	75
Tabla 45 Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de coronta ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$) por lugar	76
Tabla 46 Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de coronta ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$) por tratamiento	77
Tabla 47 Análisis de varianza para actividad antioxidante de bráctea ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$)	78
Tabla 48 Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de bráctea ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$) por lugar	79
Tabla 49 Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de bráctea ($\mu\text{g /ml Sol. DPPH}\cdot$) por tratamiento	81
Tabla 50 Actividad antioxidante de la bráctea, coronta y grano de maíz morado INIA 601	82

Índice de figuras

Figura 1 Campo magnético ocasionado por un imán.....	20
Figura 2 Campo generado por una bobina.....	21
Figura 3 Generador de campos magnéticos pulsados.....	22
Figura 4 Partes de la mazorca de maíz morado INIA 601.....	24
Figura 5 Estructura general de las antocianinas.....	28
Figura 6 Esquema experimental.....	33
Figura 7 Aplicación de campos magnéticos estáticos a las semillas de maíz morado INIA 601.....	35
Figura 8 Aplicación de campos magnéticos pulsados a las semillas de maíz morado INIA 601.....	36
Figura 9 Flujograma del proceso de extracción de compuestos bioactivos.....	41
Figura 10 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para DFM por lugar.....	53
Figura 11 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para DFF por lugar.....	55
Figura 12 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para altura de planta por bloque.....	57
Figura 13 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para altura de planta por lugar.....	58
Figura 14 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para N° de mazorcas / planta por lugar.....	59
Figura 15 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para longitud de mazorca por tratamiento.....	62
Figura 16 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para PPP de mazorca por lugar.....	63
Figura 17 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para Rendimiento (t/ha) por lugar.....	66

Figura 18 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para Fenoles Totales de Bráctea (mg EAG/gss) por Lugar	72
Figura 19 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para actividad antioxidante de coronta (μg /ml Sol. DPPH') por lugar	76
Figura 20 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para actividad antioxidante de coronta (μg /ml Sol. DPPH') por tratamiento	78
Figura 21 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para Actividad Antioxidante de Bráctea (μg /ml Sol. DPPH') por Lugar	80
Figura 22 Medias e intervalos de 95 % de Tukey para actividad antioxidante de bráctea (μg /ml Sol. DPPH') por tratamiento	81
Figura 23 Evaluación de la presencia del polen en la floración masculina	111
Figura 24 Evaluación de la emergencia de los estigmas en la floración femenina.....	111
Figura 25 Evaluación de la altura de planta de maíz morado INIA 601.....	112
Figura 26 Clasificación de las mazorcas cosechadas por grado de pudrición	112
Figura 27 Determinación de la longitud de mazorca del maíz morado INIA 601.....	113
Figura 28 Molienda y tamizado de las muestras de maíz morado INIA 601	113
Figura 29 Extracción con solvente y centrifugación de los extractos.....	114
Figura 30 Filtrado de los extractos obtenidos	114
Figura 31 Medición y ajuste del pH para determinar antocianinas totales	115
Figura 32 Lectura de las absorbancias en el espectrofotómetro	116
Figura 33 Curva estándar del ácido gálico a una absorbancia de 765 nm	117

Resumen

Considerando la problemática del sector agrario, existe una pérdida parcial en la germinación lo que conlleva a presentar una baja producción y/o rendimiento. En el contexto anterior, este proyecto buscó evaluar el efecto de la bioestimulación magnética de semillas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601 sobre las características físicas, el rendimiento de producción, la concentración de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, producidos en la región de Cajamarca (provincias de San Marcos y Cajabamba). Para ello las semillas de maíz morado INIA 601 se sometieron, previo a la siembra, a CME a una inducción de 50 mT durante 30 min y CMP a una frecuencia de 30 Hz durante 30 min, dejando a un grupo sin campos magnéticos (SCM). A los resultados obtenidos se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y la comparación de medias por la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5,0 %. Respecto a las características físicas, los campos magnéticos influyeron en la longitud de mazorca, siendo que, las semillas tratadas con CMP y CME fueron de 16,89 cm y 16,53 cm respectivamente, en cambio el SCM fue de 15,79 cm; en la altura de planta las parcelas de Cajabamba presentaron una altura de 2,34 m en cambio Cochamarca fue de 2,22 m, esto se debe principalmente a las horas de luz solar al día, necesario para la fotosíntesis. En los compuestos bioactivos, los campos magnéticos influyeron en la actividad antioxidante de la bráctea o panca, siendo de 91,82 y 89,61 μg de extracto / ml Sol. de DPPH $^{\cdot}$ para pulsados y estáticos respectivamente y para el SCM de 110,56 μg de extracto/ml Sol. de DPPH $^{\cdot}$. El lugar de procedencia de las muestras de maíz morado, influyen significativamente en la cantidad de fenoles totales de la bráctea, en la actividad antioxidante en la coronta y en la bráctea; estas diferencias, se les atribuyen a las condiciones climáticas que favorecen a la formación y concentración de algunos compuestos.

Palabras claves: Bioestimulación magnética, características físicas, rendimiento, compuestos bioactivos, actividad antioxidante.

Abstract

Considering the problems of the agricultural sector, there is a partial loss in germination, which leads to low production and/or yield. In the above context, this project sought to evaluate the effect of magnetic biostimulation of purple corn seeds (*Zea mays* L.) INIA 601 on the physical characteristics, production yield, concentration of bioactive compounds and antioxidant activity, produced in the region of Cajamarca (provinces of San Marcos and Cajabamba). For this purpose, INIA 601 purple corn seeds were subjected, prior to sowing, to CME at an induction of 50 mT for 30 min and CMP at a frequency of 30 Hz for 30 min, leaving a group without magnetic fields (SCM). The results obtained were subjected to analysis of variance (ANOVA) and comparison of means by Tukey's test with a significance level of 5.0%. Regarding the physical characteristics, the magnetic fields influenced the length of the cob, being that the seeds treated with CMP and CME were 16.89 cm and 16.53 cm respectively, while the SCM was 15.79 cm; in plant height the plots of Cajabamba presented a height of 2.34 m while Cochamarca was 2.22 m, this is mainly due to the hours of sunlight per day, necessary for photosynthesis. In the bioactive compounds, the magnetic fields influenced the antioxidant activity of the bract or panca, being 91.82 and 89.61 μg of extract/ml Sol. of DPPH- for pulsed and static respectively and for the SCM of 110.56 μg of extract/ml Sol. of DPPH-. The place of origin of the purple corn samples significantly influenced the amount of total phenols in the bract, the antioxidant activity in the crown and in the bract; these differences are attributed to the climatic conditions that favor the formation and concentration of some compounds.

Key Words: Magnetic biostimulation, physical characteristics, performance, bioactive compounds, antioxidant activity.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El desconocimiento de los agricultores sobre la elección de semillas de calidad y manejo agronómico del cultivo del maíz morado afectan a la producción, el rendimiento y la calidad, disminuyendo su valor comercial y económico. Asimismo, la polinización natural cruzada generada por los insectos los cuales transportan el polen de diferentes variedades de maíces (blanco y/o amarillo) a los sembríos de maíz morado durante la floración, suelen generar nuevas variedades híbridas con características de calidad (contenido de las antocianinas y fenoles totales) diferentes e inferiores en mazorcas a comparación de una variedad pura (Medina et al., 2016).

La variedad de maíz morado INIA 601, se cultiva en doce provincias de la región Cajamarca, a excepción de San Ignacio (Andina, 2022a). A pesar del interés de producción de esta variedad, aún persiste la pérdida parcial de la germinación de las semillas debido a diversos agentes como: Profundidad y distancia de siembra, la desuniformidad debido al poco vigor de la semilla para germinar, la temperatura y la humedad adecuada, la disposición de nutrientes, entre otros, (Ministerio del Ambiente, 2018), ante ello, urge la necesidad de desarrollar y/o transferir tecnología a la mejora de la germinación de semillas. No obstante, existe limitada información del uso de tecnologías emergentes como el uso de campos magnéticos y su influencia en el rendimiento de producción y la concentración de compuestos bioactivos (antocianinas y fenoles) y su capacidad antioxidante a semillas de maíz.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto de la bioestimulación magnética de semillas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601 sobre las características físicas, el rendimiento de producción, la concentración de

compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, producidos en región de Cajamarca (provincias de San Marcos y Cajabamba)?

1.3. Justificación

Actualmente, regiones como: Cajamarca, Lambayeque, Arequipa, Áncash, La Libertad, Lima y Ayacucho vienen cultivando, cosechando y comercializando la coronta, brácteas y granos de maíz morado de la variedad INIA 601, debido a sus compuestos bioactivos (Andina, 2022b). Asimismo, gracias al potencial comercial del maíz morado, el Perú durante los meses de enero a agosto ha logrado exportar 588 977 kg de mazorca de maíz morado, cuyos compradores principales están dados por países de Estados Unidos y España (Koo, 2023).

El interés por la variedad de maíz morado INIA 601, se debe a la concentración de antocianinas tanto en coronta (6,38 %) y brácteas (2,94 %) expresado en mg de Cianidina – 3 – Glucósido (Vásquez et al., 2020); para la formación y la concentración de este compuesto es necesario una alta variación de la temperatura entre el día y la noche, característico de la región Cajamarca (Medina et al., 2016), como consecuencia se genera un estrés en el cultivo, dando lugar a una mayor estimulación de la fotosíntesis (Mohamed et al., 2017); además, el rendimiento de grano de la variedad INIA 601 en Cajamarca, durante el periodo 2016 a 2019 fue de 2,77 t/ha (Alicia Medina et al., 2020a) y en mazorca de 5,2 t/h en comparación a otras variedad de maíz morado (Medina et al., 2022). Sin embargo, hace falta estudiar que tanto puede mejorar el rendimiento de producción cuando las semillas de maíz morado INIA 601 son bioestimuladas magnéticamente en dos localidades de la región Cajamarca, así como, la influencia en la capacidad antioxidante, el contenido de compuestos bioactivos como las antocianinas y fenoles.

La utilización de campos magnéticos en las plantas, incrementan la actividad enzimática de las semillas lo que permite una germinación en un menor tiempo (Suárez, 2023), además,

mejora la absorción de nutrientes (Taimourya et al., 2017). Por consiguiente, la bioestimulación magnética de semillas de maíz morado, sería el primer experimento en campo definitivo de la variedad INIA 601, con la finalidad de evaluar la concentración de compuestos bioactivos como: antocianinas, fenoles y la actividad antioxidante.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la bioestimulación magnética de semillas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601 sobre las características físicas, el rendimiento de producción, la concentración de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, producidos en la región de Cajamarca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las características físicas (días a la cosecha, días a la floración masculina, días a la floración femenina, altura de la planta, número de mazorcas por planta, longitud de mazorca y pudrición) del maíz morado (*Zea mays* L.) variedad INIA 601, sometido a campos magnéticos (estático y pulsado), producidos en las provincias de San Marcos y Cajabamba.
- Evaluar el rendimiento de producción del maíz morado (*Zea mays* L.) variedad INIA 601, sometidos a campos magnéticos (estático y pulsado), producidos en las provincias de San Marcos y Cajabamba.
- Evaluar la concentración de compuestos bioactivos (antocianinas totales y fenoles totales) en grano, coronta y brácteas del maíz morado variedad INIA 601, sometido a campos magnéticos (estático y pulsado), producidos en las provincias de San Marcos y Cajabamba.

- Evaluar la actividad antioxidante en las mazorcas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601, sometido a campos magnéticos (estático y pulsado), producidos en las provincias de San Marcos y Cajabamba.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El campo magnético estático aplicado a las semillas de maíz y soja con una intensidad de 200 mT durante 1 hora, mejoran la germinación, incrementando las actividades de la α -amilasa y proteasa generando más radicales libres para la adquisición de microelementos indispensables para el crecimiento a pesar de tener suelos salinos (Kataria et al., 2017a). Además, se ha evaluado la influencia en las semillas de arroz integral con una intensidad de 10 mT por 1 hora a 25 °C, se logra germinar transcurridas 72 horas después de la siembra a una temperatura de 30 °C, aumentando en un 15,2 % la actividad de la enzima α – Amilasa generando la hidrólisis del almidón en azúcar reductor en un 8,2 %, aumentando la germinación entre 9,7 % y 158,8 %, la longitud de brotes (9,1 % - 87,3 %) , la longitud de la raíz (19,2 % - 110,0 %) y peso fresco (0,9 % - 16,5 %) (Luo et al., 2022). También, los campos magnéticos son aplicado a las semillas de haba (*Vicia faba* L.), sembradas en placas Petri con papel filtro, después de 96 h, aumentó la actividad amilolítica mostrando mayor ganancia de peso y en las partes aéreas y en las raíces aumentó la cantidad de ácido Indol – 3 – Acético y ácido giberélico, en comparación con las semillas no tratadas (Podleśna et al., 2019).

El someter las semillas de maíz a pulsos electromagnéticos a una intensidad de 4 mT por 3 minutos al día durante 8 días, mejora en un 34 % el incremento de la germinación, el vigor y el tamaño de su sistema radicular en comparación con la siembra tradicional; Asimismo, se logra incrementar la clorofila a, clorofila b y caroteno (Isaac et al., 2011). La aplicación de pulsos electromagnéticos durante 15 días incrementó la acumulación de biomasa fresca y seca, esta técnica disminuye el tiempo de latencia de las semillas de maíz; los efectos anteriores están relacionados a la humedad de la semilla y al tratamiento previo (Ortiz et al., 2015). Incluso, se ha

estudiado la influencia de los pulsos electromagnéticos en maíz en condiciones de campo, con una intensidad de 3,6 mT durante 24 minutos, aumenta el establecimiento de plántulas en un 10,54 % y el rendimiento en un 11,04 % que representa 870 kg/ha. Además, disminuyeron en un 10 % la presencia de *Fusarium spp.*, solo en 12 minutos de exposición (Zepeda et al., 2019a). Los campos electromagnéticos inducidos a bajas intensidades en semillas de maíz variedad Porva con una intensidad media de 70 μ T durante 300 minutos y durante 15 días consecutivos, obtuvieron un porcentaje de germinación de 96 %, a diferencia del control que fue de 87 %, incrementándose así en un 9 % y un rendimiento de producción de grano de 7,96 t/ha del tratamiento de 15 días permanentes a una intensidad de 118 μ T (Suárez, 2023).

También, se ha evaluado la influencia del agua tratada con campos magnéticos en el crecimiento de maíz; en el que se emplearon 120 semillas divididas en 4 grupos, cada grupo de 30 semillas; donde el primer grupo no recibió agua tratada, en cambio los demás grupos fueron sometidos a agua tratada con el número de imanes de 3, 6 y 9 de 70 mT respectivamente. Los resultados demostraron que las plantas suministradas con agua tratada con 6 imanes obtuvieron una longitud de $194,10 \pm 66,74$ cm y un peso seco de 52,22 g en comparación con las semillas que solo fueron regadas con agua del grifo (Alattar et al., 2021).

Por otra parte, estudios reportan la inducción de campos magnéticos a microalgas con la finalidad de evaluar el efecto de los campos magnéticos en el incremento de compuestos. Asundi et al. (2024) aplicaron 500 μ T a la microalga *Chlorella vulgaris*, durante 120 min en un periodo de 15 días aumentó el contenido de proteína en un 15,6 % y con una exposición de 40 min bajo las mismas condiciones incrementó el contenido de betacaroteno en un 20,4 % en comparación con el testigo. También, Medeiros et al. (2017), aplicaron 60 mT durante 1 h durante 10 días, en la microalga *Chlorella kessleri*, estimuló la síntesis de lípidos en un 13,7 % y aumentó en un 25 %

de carotenoides totales. Mosquera et al. (2016), evaluaron la aplicación campos magnéticos a microalga *Chlorella fusca* con las mismas condiciones anteriores durante 15 días, aumentó el contenido de bioamasa en un 20,5 % y los carbohidratos en un 24,8 %.

A pesar de tener pocos estudios del efecto de los campos magnéticos en la germinación de semillas de maíz, no hay reportes sobre su efecto en el rendimiento de maíz morado INIA 601, en los compuestos bioactivos como las antocianinas y los polifenoles, por lo que este estudio se convierte en una contribución importante a superar este vacío científico.

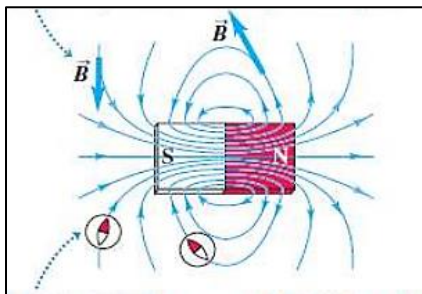
2.2. Bases Teórico – Científicas

2.2.1. Campos Magnéticos.

2.2.1.1. Descripción de Campos Magnéticos. Son fuerzas de atracción o repulsión que experimentan ciertas partículas al estar en las inmediaciones del campo, ya sea por una carga o un conjunto de cargas en movimiento, estas partículas, a su vez reaccionan a ese campo magnético generando otra corriente o carga en movimiento (De La Torre, 2019). En la Figura 1 se observa las líneas de campo, éstas mientras más saturadas estén más fuerte será el campo en ese lugar. Las líneas del campo magnético, constantemente apuntan hacia el exterior del polo Norte y son conducidos hacia el polo Sur.

Figura 1

Campo magnético ocasionado por un imán



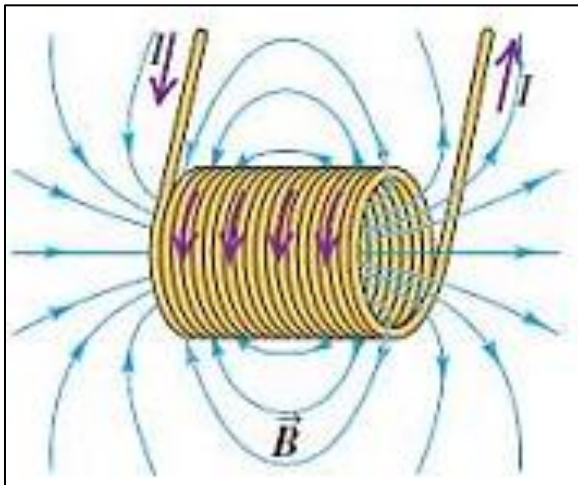
Notas: adaptado de De La Torre (2019).

2.2.1.2. Tipos de Campos Magnéticos.

2.2.1.2.1. Campos Magnéticos Estáticos. Son provocados por una corriente continua, la cual conserva su carga polar (Gomez, 2009). Mantienen una intensidad invariable y son generados por imanes estables, pero pueden verse afectadas por el tiempo de exposición prolongados y según la frecuencia, como, por ejemplo, los electroimanes de corriente alterna (Arteaga, 2019). En la Figura 2, se muestra un campo magnético generado por una bobina.

Figura 2

Campo generado por una bobina

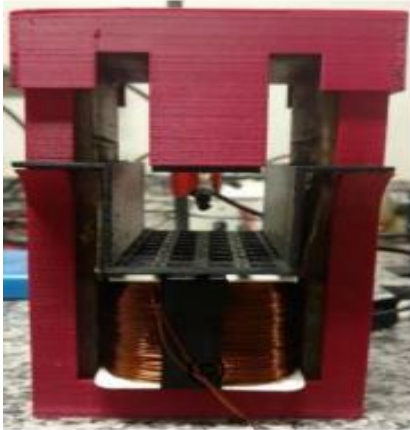


Notas: adaptado de De La Torre (2019).

2.2.1.2.2. Campos Magnéticos Pulsados. Son aquellos en la que la corriente es rectificadada por un banco de condensadores y la descarga es por pulsos a una determinada frecuencia y tipo de onda (Arteaga, 2019). En la Figura 3, se observa un generador de pulsos magnéticos pulsados.

Figura 3

Generador de campos magnéticos pulsados



Notas: adaptado de Arteaga (2019).

2.2.1.3. El magnetismo en la Agricultura. En la última década, investigadores vienen buscando soluciones y enfoques económicos sostenibles, factibles, amigables con el medio ambiente y que garanticen un auge en los cultivos. Los campos magnéticos, se emplea en la agricultura para mejorar la calidad, el vigor germinativo de las semillas, el desarrollo de los cultivos, el aumento de tamaño y rendimiento de los frutos. Existen algunos estudios que afirman que los campos electromagnéticos pueden causar interferencias, provocando cambios morfológicos y fisiológicos en el entorno (Martinez et al., 2017). Modifica las células apicales, de acuerdo a la intensidad lo cual favorece la detección y adquisición de nutrientes (Pietruszewski y Martínez, 2015).

La utilización de los campos magnéticos, ayudan a contrarrestar los factores abióticos que interfieren en el crecimiento de un cultivo; siendo así, que mejoran el desarrollo de las plantas de maíz sin importar su desarrollo en suelos con estrés hídrico (Anjali y Devendra, 2012) , (Javed et al., 2011); también, alivia el estrés de la radiación UV ambiental, lo que las plantas no tienen que derivar su

energía para la desintoxicación de los de radicales libres, que generan daños oxidativos (Especies reactivas del Oxígeno) (Kataria et al., 2017b).

Durante el desarrollo vegetativo del maíz, los campos magnéticos inciden en los cloroplastos presentes en las células vegetales, generando que los átomos que se encuentran en éstos, se distribuyan hacia la orientación del campo magnético externo, acumulando de esta manera la energía, lo que da lugar a la aceleración del metabolismo celular, mejorando el transporte de los nutrientes (Aladjadjiyan, 2002).

2.2.2. Generalidades del Maíz Morado (*Zea mays* L.)

2.2.2.1. Clasificación Taxonómica. En la Tabla 1 se muestra la taxonomía del maíz morado.

Tabla 1

Clasificación taxonómica del maíz morado

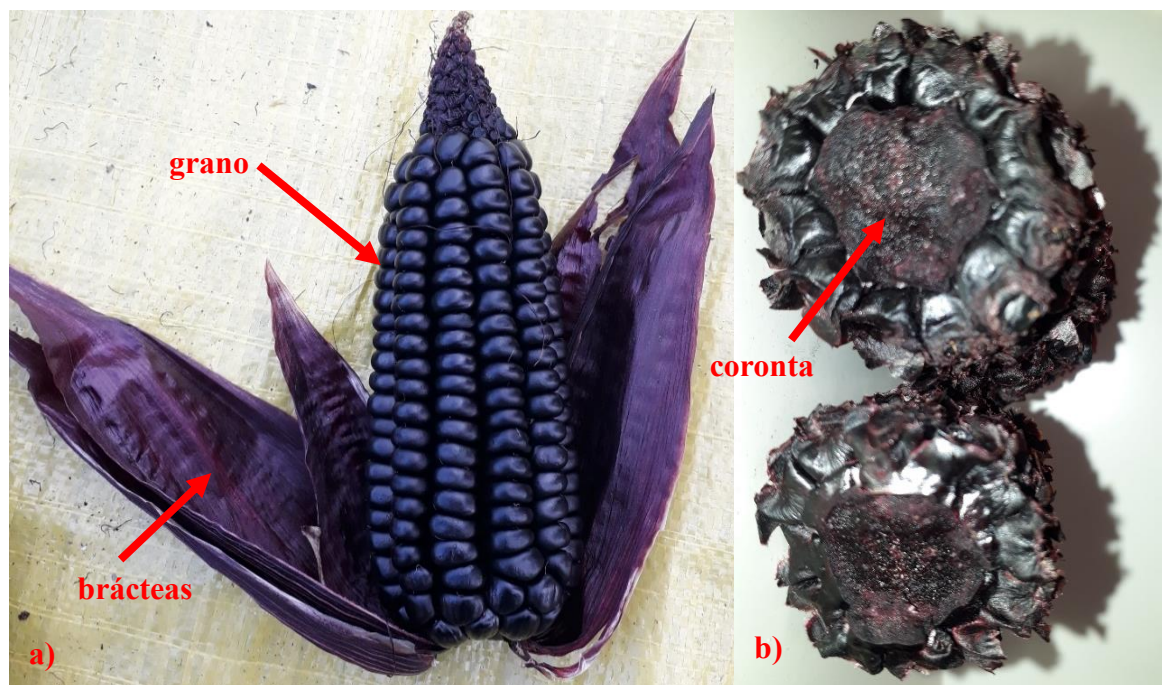
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta.</i>
Clase	<i>Liliopsida.</i>
Subclase	<i>Commelinidae.</i>
Orden	<i>Poales.</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Subfamilia	<i>Panicoideae.</i>
Tribu	<i>Andropogoneae.</i>
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Z. mays</i>
Nombre Binomial	<i>Zea mays</i> L.

Nota: Adaptado de Perez (2018).

2.2.2.2. Maíz Morado INIA 601. Surgió en la década de 1990, en la Estación Experimental de Cajabamba. Esta variedad se caracteriza por la libertad de propagar el polen, se desarrolla en las regiones del norteñas del país como son: Piura, La Libertad y Cajamarca, se cultiva a una altitud comprendida de 2 600 a 2 900 m.s.n.m. (Estación Experimental Agraria Baños del Inca, 2014a). En la Figura 4, se observa el grano, coronta y brácteas del maíz morado INIA 601.

Figura 4

Partes de la mazorca de maíz morado INIA 601



Notas:

a) Mazorca de maíz con brácteas variedad INIA 601.

b) Coronta o tusa del maíz morado INIA 601.

2.2.2.2.1. Principales Características Agronómicas del Maíz Morado INIA 601. Las características físicas del maíz morado INIA 601, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2

Características físicas del maíz morado INIA 601

Característica	Estación Experimental Agraria del Inca (2014) y Medina et al. (2020)	Rabanal y Medina, (2021)*	Rabanal y Medina, (2022)**	Huaychani, (2022)***	
				a)	b)
Altura de la planta	2,16 m	1,90 m	2,14 m	2,12 m	2,37 m
Altura de mazorca	1,24 m	0,88 m	1,03	-	-
Fluorescencia Masculina	106 días	118 días	150 días	97 días	99 días
Fluorescencia Femenina	112 días	126 días	155 días	104 días	102 días
Días a la madurez fisiológica	170 días	-	-	-	-
Número de mazorcas por planta	1 a 2	1,3	1	1,3	2,3
Longitud de mazorca	17,5 cm	-	-	15,2 cm	18,7 cm
Porcentaje de desgrane	78 %	-	-	-	-
Acame de raíz	-	-	1,61 %	-	-
Acame de tallo	-	-	0,75 %	-	-
Porcentaje de pudrición de mazorca	9,07 %	4,1	5,9 %	-	-
Rendimiento	6,0 t/ha	5,3 t/ha	4,4 t/ha	3,65 t/ha	6,6 t/ha

Nota.

* Ichocán, San Marcos.

** Chala, Bambamarca, Hualgayoc.

*** Huanchac, Huaraz: a) Cultivo sin fertilización y b) Cultivo con fertilización 120 N–110 P– 80 K.

2.2.2.2.2. Valor Nutricional del Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 3 se muestra la composición proximal de la coronta del maíz morado INIA 601, provenientes de Cochamarca, distrito de Gregorio Pita, provincia de San Marcos.

Tabla 3

Composición proximal de la coronta de maíz morado variedad INIA 601

Componente	Unidad	Valor
Carbohidratos	%	84,79
Energía Total	Kcal. /100 g	352,39
Proteína	%	2,70
Grasa	%	0,27
Ceniza	%	2,22
Humedad	%	10,02
Fibra cruda	%	1,72
Compuestos fenólicos	mg EAG/g maíz morado	77,62 ± 5,90

Nota. Adaptado de Egusquiza (2019).

2.2.2.2.3. Beneficios para la Salud. El maíz morado, gracias a la presencia de las antocianinas, poseen una actividad antioxidante que disminuye el riesgo de padecer diabetes (Kang et al., 2013), combate la obesidad e interviene en la pérdida de peso (Tsuda et al., 2003), estimula la reparación de los órganos del tejido conjuntivo y promueve la producción natural del colágeno en el organismo (Cordero et al., 2018), previene la formación de células cancerígenas en el colon y afecciones relacionadas al corazón (Instituto Nacional de Salud, 2015); evita la aparición de cataratas y/o degeneración ocular (Jiménez, 2019); además, contiene hierro, calcio y fósforo que interviene en la formación de proteínas indispensables para que las células y tejidos se desarrollen y conserven (Andina, 2021).

2.2.2.2.4. Usos. Se emplea en panadería (panetones, turón de Doña Pepa, entre otros), en la gastronomía (tamales, humitas, refrescos, hojuelas, postres etc.), en la industria se utiliza en la elaboración del Whisky a base de la destilación de trigo, cebada malteada y maíz morado (Manrique, 2022). La extracción de colorantes ya que la antocianina matiza a los colorantes naturales demandados en diversos países del mundo (Velarde, 2018).

2.2.3. *Compuestos Bioactivos*

2.2.3.1. Definición de Compuestos Bioactivos. Son los que forman un conjunto muy diverso de moléculas con diferentes estructuras químicas y distribuciones en la naturaleza. Por sus propiedades antioxidantes cumplen funciones específicas en el organismo vivo (Slim, 2023).

2.2.3.2. Clasificación de los Compuestos Bioactivos. Se clasifican en tres grandes grupos: Los terpenoides, los compuestos fenólicos y los compuestos azufrados. Dentro de los compuestos fenólicos se encuentran los alcoholes y ácidos fenólicos simples, además, los polifenoles (Slim, 2023)

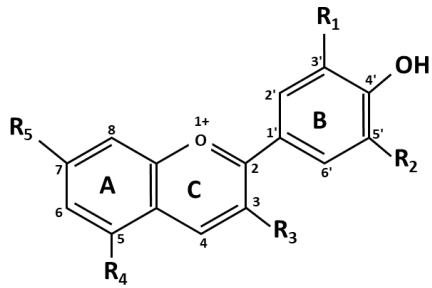
2.2.3.3. Antocianinas

2.2.3.3.1. Descripción de las antocianinas. Pertenecen a los flavonoides pigmentados, se les atribuye la formación del rojo, morado y azul. Presentan un azúcar en la posición 3. El color está determinado por: La cantidad de hidroxilos y metoxilos en el anillo B (Figura 5), la aparición de ácidos aromáticos y el pH del medio donde se sitúan (Taiz y Zeiger, 2007).

En la Figura 5, se muestra la estructura general de las antocianinas, la cual consta de dos anillos aromáticos.

Figura 5

Estructura general de las antocianinas



Fuente: Estructura general de las antocianinas. Adaptada de SPRINGER [Imagen], Chatham et al. (2019), <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-019-03414-0>

2.2.3.3.2. Contenido de Antocianinas en el Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 4, se muestra la cantidad de antocianinas que se encuentran en la coronta y bráctea del maíz morado INIA 601.

Tabla 4

Contenido de antocianinas en coronta y bráctea del maíz morado INIA 601

Lugar	Antocianinas (mg E. cianidina /g)		Referencia
	Coronta	Bráctea	
Llollón	7,5	2,5	Rabanal y Medina (2021)
Llanupacha	6,7	2,9	
Tartar Chico	5,5	3,9	Rabanal y Medina (2022)
Shaullo Chico	7,9	4,9	
Iglesiapampa	6,5	3,7	
Chala	7,9	4,5	

2.2.3.3.3. Determinación de Antocianinas Totales. El método más utilizado es la determinación por pH diferencial, en el que se utilizan como buffers a cloruro de potasio (pH 1) y acetato de sodio (pH 4,5); se deja reaccionar por 30 min en ausencia de luz; los resultados son obtenidos en un espectrofotómetro UV-Vis. a absorbancias de 520 nm y 700 nm. Los valores se expresan en mg de Cianidina – 3 – Glucósido/g (Lee et al., 2005b).

2.2.3.4. Fenoles

2.2.3.4.1. Contenido de fenoles Totales del Maíz Morado. En la tabla 5 se muestra el contenido de fenoles totales, presentes en la coronta del maíz morado.

Tabla 5

Contenido de fenoles totales en la coronta del maíz morado

Lugar	Fenoles totales mg EAG/g
Lima	94,09
Cajamarca	75,79
Apurímac	67,85

Nota: Adaptado de Ccaccya (2020).

2.2.3.4.2. Determinación de Fenoles Totales. Se utiliza la técnica de Folin Ciocalteu, en el que se usa Carbonato de Sodio, es necesario considerar la protección de la luz; los resultados se obtienen a 765 nm que arroja el espectrofotómetro UV visible. Los valores se expresan en mg equivalentes de ácido gálico (EAG) / g (Arteaga, 2019).

2.2.3.5. Actividad Antioxidante.

2.2.3.5.1. Actividad Antioxidante en el Maíz Morado. En la Tabla 6, se muestra la actividad antioxidante del maíz morado en tres regiones del país.

Tabla 6

Actividad antioxidante en el maíz morado

Lugar	Actividad antioxidante µg/mL
Lima	28,67
Cajamarca	34,67
Apurímac	42,67

Nota: Adaptado de Ccaccya (2020).

2.2.3.5.2. Determinación de la Actividad Antioxidante.

A. Técnica del Radical DPPH (2,2 – Difenil -1- Picrilhidracilo). Consiste en hacer reaccionar los electrones del radical DPPH con un antioxidante, lo que le permite ganar un electrón, logrando ser más estable. El cambio de color de morado a amarillo es determinado con un espectrofotómetro a 517 nm, se resta para hallar el porcentaje de inhibición de los radicales libres (Ccaccya, 2020).

B. Técnica del Catión ABTS⁺ (Ácido 2,2 Azino, Bis, Etilbenzotiazolin, 6 Sulfónico). Se oxida el catión ABTS⁺ con persulfato de potasio, se obtiene el radical ABTS, éste muestra una coloración turquesa, el cual cambia de color en presencia de un antioxidante, esta variación es determinada con un espectrofotómetro a 734 nm, se resta para determinar el porcentaje de inhibición (Ccaccya, 2020).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Campos Magnéticos

Es el lugar donde una carga se mueve a una determinada velocidad impulsada por una fuerza magnética que es proporcionalmente a la velocidad como al campo (Arteaga, 2019).

2.3.2. *Compuestos Bioactivos*

Son las sustancias alimenticias pequeñas que benefician a la salud del consumidor. Estos están presentes en los vegetales, en frutos y/o semillas que contienen aceites esenciales (Herrera et al., 2014).

2.3.3. *Antocianinas Totales*

Son pigmentos, responsables de la coloración de rojo a azul, principalmente se encuentran en los vegetales, cereales y frutas; gracias a sus intensas tonalidades y beneficios a la salud es una alternativa del uso de aditivos artificiales (Garzón, 2008).

2.3.4. *Fenoles Totales*

Son metabolitos secundarios, que se encuentran en mayor cantidad en las plantas, en hortalizas y frutos. Están implicadas en una gran variedad de actividades fisiológicas y ecológicas (García, 2016).

2.3.5. *Actividad Antioxidante*

Es el poder que contiene los compuestos bioactivos de un alimento para reducir los radicales libres, además, evita que un sustrato se oxide (Mariaca et al., 2016).

2.4. Hipótesis

2.4.1. *Hipótesis Nula (Ho)*

Ho: El campo magnético estático y pulsado aplicados a semillas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601, no influye significativamente sobre las características físicas, el rendimiento de producción, la concentración de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, producidos en la región de Cajamarca (Cochamarca y Cajabamba).

2.4.2. Hipótesis Alternativa (H1)

H1: El campo magnético estático y pulsado aplicados a semillas de maíz morado (*Zea mays* L.) INIA 601, influye significativamente sobre las características físicas, el rendimiento de producción, la concentración de compuestos bioactivos y la actividad antioxidante, producidos en la región de Cajamarca (Cochamarca y Cajabamba).

2.5. Operacionalización de Variables

En la Tabla 7 se muestran las variables independientes e independientes, asimismo, sus dimensiones e indicadores.

Tabla 7

Operacionalización de variables

Variable	Factores	Dimensión	Indicadores
Independiente	1. Campo magnético	Sin Campo Magnético (SCM)	-
		Campo Magnético Estático (CME)	mT
		Campo Magnético Pulsado (CMP)	Hz
Dependiente	2. Lugar de producción de maíz morado INIA 601	Cochamarca	-
		Cajabamba	-
	1. Características físicas	Días a la cosecha	Días
		Días a la floración masculina	Días
		Días a la floración femenina	Días
		Altura de planta	m
		Número de mazorcas por planta	Nº de mazorca
		Longitud de mazorca	cm
		Pudrición	%
	2. Rendimiento de producción	Mazorcas al 14 % de humedad	t/h
	3. Compuestos bioactivos	Contenido de antocianinas totales	mg Cianidina-3-Glucósido/gss
		Contenido de fenoles totales	mg Ac. gálico /gss
	4. Actividad antioxidante	Análisis de la actividad antioxidante	µg/ml Sol. de DPPH

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada y experimental, siendo que se determinó la influencia de los campos magnéticos en las características físicas, en el contenido de compuestos bioactivos (antocianinas y fenoles totales) y actividad antioxidante del maíz morado INIA 601.

3.1.2. Nivel de Investigación

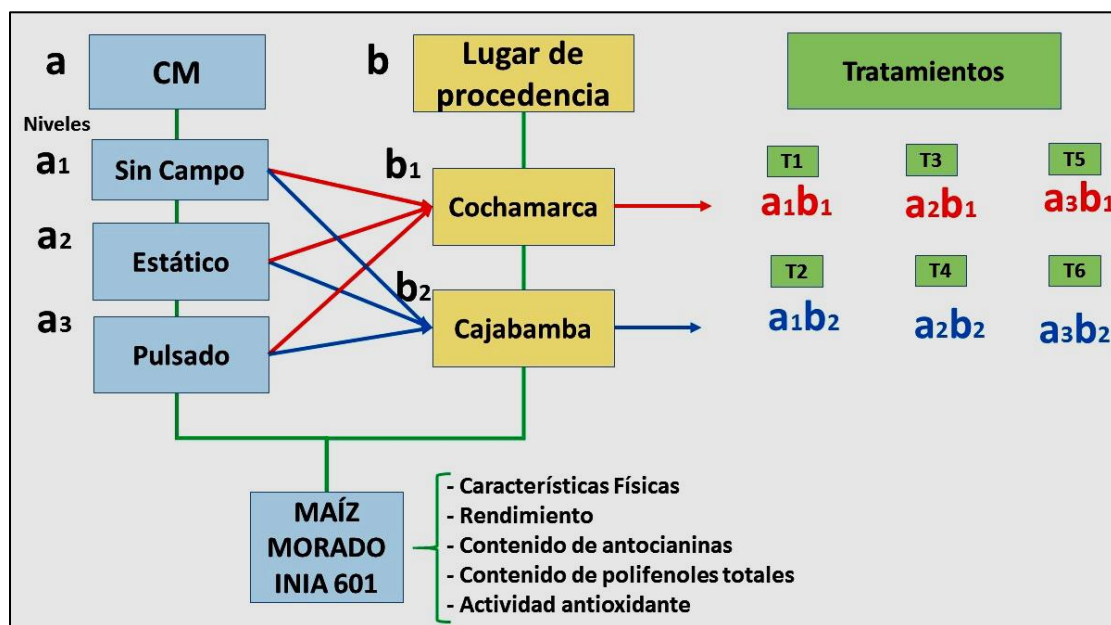
El nivel de investigación es Aplicativo – Explicativo, ya que se evaluó el efecto de los campos magnéticos sobre la concentración de compuestos bioactivos del maíz morado INIA 601, comprobándose de esta manera la hipótesis.

3.2. Diseño de Investigación

En la Figura 6, se muestra el esquema experimental de la investigación.

Figura 6

Esquema experimental



Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con Arreglo Factorial 3 x 2, cuyos factores son: Campo magnético: Sin Campo Magnético, Campo magnético Estático (inducidos a 50 mT por 30 min) y Campo magnético Pulsado (con frecuencia de 30 Hz, durante 30 min) y lugar de procedencia del maíz morado INIA 601 (Cochamarca y Cajabamba); generándose seis tratamientos con cinco repeticiones obteniendo un total de 30 ensayos experimentales.

Dentro de las características físicas se evaluaron: Días a la cosecha, días a la floración masculina, días a la floración femenina, altura de la planta, número de mazorcas por planta, longitud de la mazorca, porcentaje de pudrición de mazorca; asimismo, el rendimiento promedio (t/ha.).

Los compuestos bioactivos que se determinaron fueron: el contenido de antocianinas totales, fenoles totales y la actividad antioxidante de las muestras de grano, coronta y bráctea del maíz morado INIA 601.

3.3. Métodos de Investigación

El desarrollo del proyecto de tesis abarcó tres etapas: En la **primera etapa**, se sometieron las semillas de maíz morado INIA 601, a los campos magnéticos estáticos y pulsados. En la **segunda etapa**, se llevaron a sembrarlos en los lugares seleccionados; durante el desarrollo vegetativo se evaluaron las principales características físicas del maíz morado INIA 601, incluyendo el rendimiento. En la **tercera etapa**, una vez que las mazorcas alcanzaron la madurez fisiológica, se cosecharon y se evaluó: El contenido de antocianinas totales, el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante.

Los métodos que se emplearon en cada etapa, se describen a continuación:

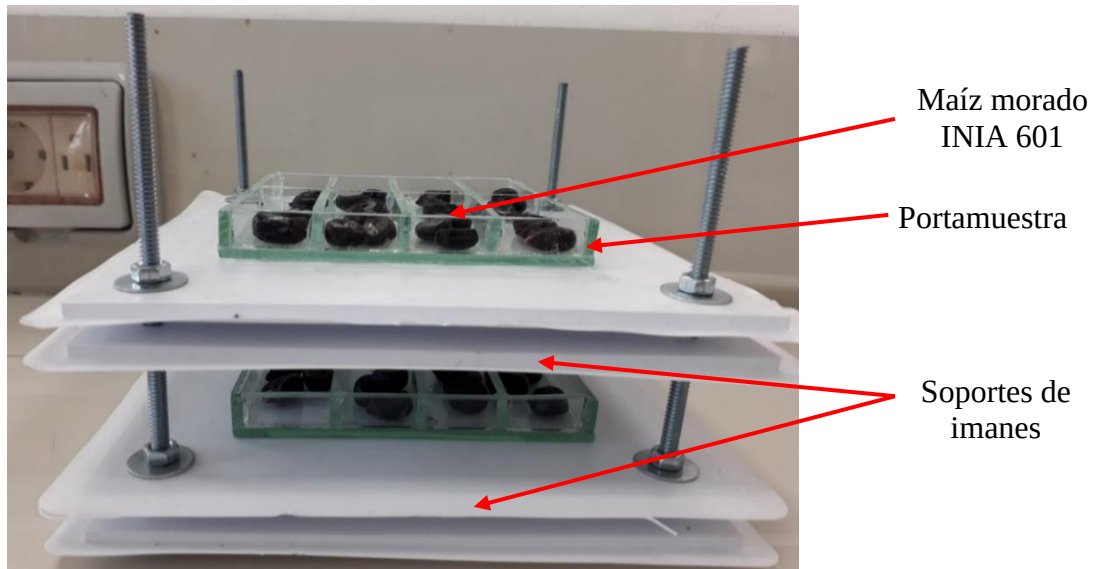
Primera Etapa

3.3.1. *Aplicación de los Campos Magnéticos Estáticos y Pulsados a las semillas de Maíz Morado INIA 601.*

3.3.1.1. Aplicación de Campos Magnéticos Estáticos. El equipo para la aplicación de estos campos consta de dos componentes: 1. Generador de campos magnéticos constituido por imanes de neodimio y 2. Estructura de soporte de imanes. Las semillas de maíz morado INIA 601, han sido colocadas en el portamuestra compuesto de vidrio de dimensiones de $10 * 10 * 1 \text{ cm}^3$ (espesor 2 mm), han sido llevadas al equipo para aplicar los campos magnéticos estáticos, con una inducción de 50 mT por 30 minutos; como se observa en la Figura 7.

Figura 7

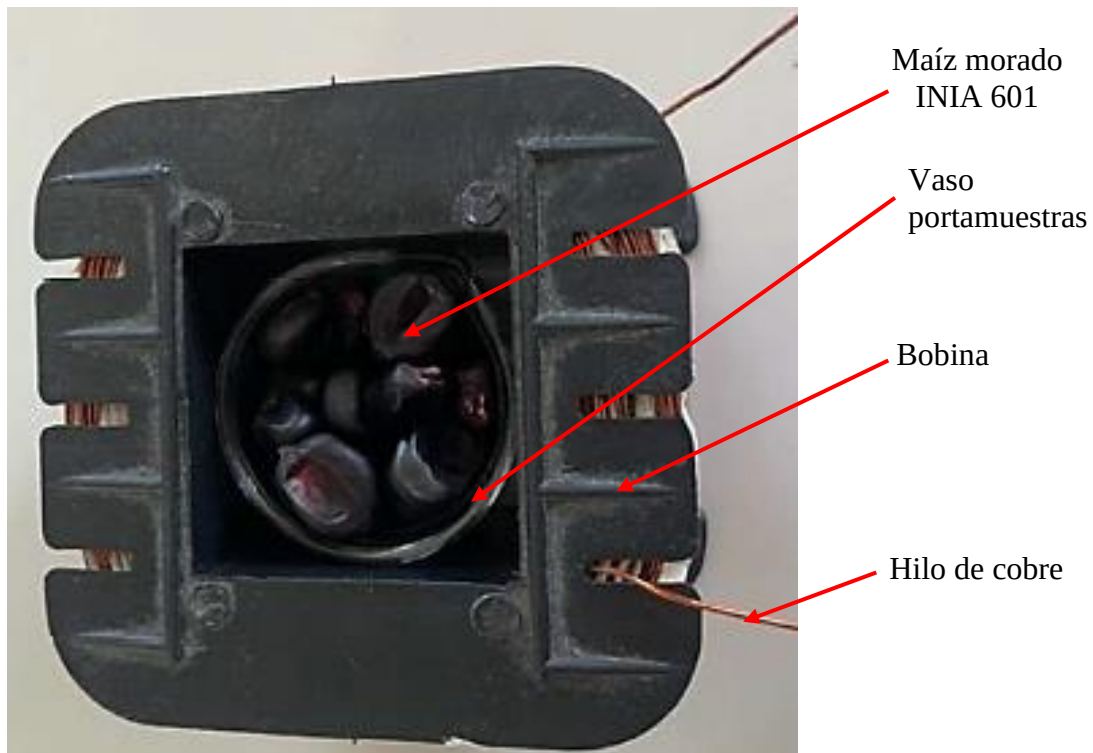
Aplicación de campos magnéticos estáticos a las semillas de maíz morado INIA 601



3.3.1.2. Aplicación de Campos Magnéticos Pulsados. El equipo en el cual fueron expuestos estos campos consta de cuatro partes: 1. Fuente de alimentación de energía, la cual suministra 15 voltios para su funcionamiento, 2. Controlador de pulsos magnéticos (tiene una pantalla Led para ver los parámetros), 3. Fuente de alimentación, la cual provee de energía al controlador de pulso y 4. La bobina. Las semillas de maíz morado INIA 601, han sido colocadas en un vaso de precipitación de 30 ml, luego han sido colocadas dentro de la bobina para aplicar los campos magnéticos pulsados, con una frecuencia de 30 Hz por un tiempo de 30 minutos. En la Figura 8, se observa la bobina y la muestra de maíz morado INIA 601.

Figura 8

Aplicación de campos magnéticos pulsados a las semillas de maíz morado INIA 601



Segunda Etapa

3.3.2. *Características Físicas del Maíz Morado INIA 601*

3.3.2.1. Días a la floración masculina. Se determinó en seis surcos del centro de cada repetición. Se contabilizaron las plantas de maíz morado desde la fecha de siembra hasta que la floración masculina (panoja) presentó el 50 % de la emisión del polen.

3.3.2.2. Días a la floración femenina. Se determinó en los seis surcos que se encontraban al centro de cada parcela. Se empezó a contabilizar desde que las plantas de maíz morado presentaron estigma más de la mitad de las plantas de cada repetición.

3.3.2.3. Altura de la Planta. De los seis surcos centrales de cada repetición, se tomaron 10 plantas seleccionadas al azar, se utilizó una vara métrica para tomar la medida desde la base de la planta hasta el lugar en que empieza a dividirse la espiga. Los resultados se registraron en metros (m).

3.3.2.4. Número de mazorcas por planta. Es el número promedio de mazorcas que tenga cada planta; se obtuvo al contabilizar el número de mazorcas durante la cosecha y al dividir entre el número de plantas de los seis surcos del centro de cada repetición.

3.3.2.5. Días a la Cosecha. Se consideró el periodo desde el día de siembra hasta el día de la cosecha; las fechas de siembra de las semillas de maíz morado INIA 601 tratadas con campos magnéticos estáticos y pulsados, en las localidades de Cajabamba y Cochamarca, fueron:

Siembra en Cajabamba: 12 de diciembre del 2022.

Siembra en Cochamarca: 19 de diciembre del 2022.

3.3.2.6. Longitud de la Mazorca. De los seis surcos del centro de cada repetición, se consideró 10 mazorcas al azar y con el uso de una regla métrica se midió la longitud de la mazorca, los resultados fueron expresados en centímetros (cm).

3.3.2.7. Pudrición de Mazorca. En cada parcela se consideró la incidencia de la pudrición causada por hongos, utilizando una escala de seis clases o grados, como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8

Escala del porcentaje de pudrición del maíz

Grado	Porcentaje de pudrición (%)	Promedio
1	Sana	0,0
2	1 – 10	5,5
3	11 – 25	18,0
4	26 – 50	38,0
5	51 – 75	63,0
6	76 – 100	88,0

Nota: Adaptado de Castro y McNab, (2004).

Cada mazorca cosechada, se colocó en su determinado grupo dependiendo de la clase o grado y se realizó la contabilización. Se halló la media ponderada de severidad, desde el grado dos, se utilizó la fórmula empleada por el Centro Investigación de Maíz y Trigo – CIMMYT (Castro y McNab, 2004), siendo:

$$PPP = \left[\frac{(N^{\circ} \text{ Mz. Podr. en el } 2^{\circ} * \text{Prom. del } 2^{\circ}) + \dots + (N^{\circ} \text{ Mz. Podr. en el } 6^{\circ} * \text{Prom. del } 6^{\circ})}{N} \right] \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

PPP: Porcentaje Ponderado de Pudrición (%)

N° Mz. Podr. : Número de Mazorcas Podridas

Prom. : Promedio.

N: Número total de mazorcas.

3.3.3. Rendimiento de Producción del Maíz Morado INIA 601

Después que el contenido de humedad del maíz esté menos de 35 %, se realiza la cosecha de las mazorcas de maíz, incluido las brácteas, se procede a determinar el rendimiento, a través de Ecuación 2 empleada por Medina (2020):

$$\text{Rdto} = \text{PC} \times \text{FF} \times \text{FH} \times \text{FD} \times \left(\frac{10}{A} \right) \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

Rdto: Es el rendimiento promedio en t/ha.

PC: Es el peso de campo (Kg/parcela).

PC. Peso de las mazorcas de maíz cosechadas por cada parcela (Kg/parcela).

FF: Factor de corrección por fallas.

$$\text{FF} = \text{N}^\circ \text{ de golpes} \times \text{parcela} - \left(\frac{0.3(\text{N}^\circ \text{ de fallas})}{\text{N}^\circ \text{ de golpes} - \text{N}^\circ \text{ de fallas}} \right)$$

1 Falla: es la ausencia de dos plantas en cada golpe.

FH: Factor de corrección de humedad al 14 %.

$$\text{FH} = \left(\frac{100 - H^\circ}{86} \right)$$

Donde:

H°: Dato de la humedad, obtenido luego de sacar la muestra de la estufa.

86: coeficiente de corrección de la humedad al 14 %.

FD: Factor de desgrane.

$$\text{FD} = \left(\frac{\text{Peso del grano}}{\text{Peso del grano} + \text{peso de coronta}} \right)$$

Se tomó diez mazorcas al azar, se desgranó y se realizó el pesado del grano y de la coronta.

Factor para expresar el rendimiento en t/ha.

$$\frac{10}{A} = \left(\frac{\frac{\text{Constante}}{\text{ha}}}{(\text{N}^\circ \text{ SC } (\text{LS} + \text{DG}) \text{ DS})} \right)$$

Donde:

10: Constante para expresar el rendimiento en t/ha.

A: Área cosechada por parcela.

N° SC: Número de surcos cosechados.

LS: Longitud del surco cosechado.

DG: Distancia ente golpes.

DS: Distancia entre surcos.

Tercera Etapa.

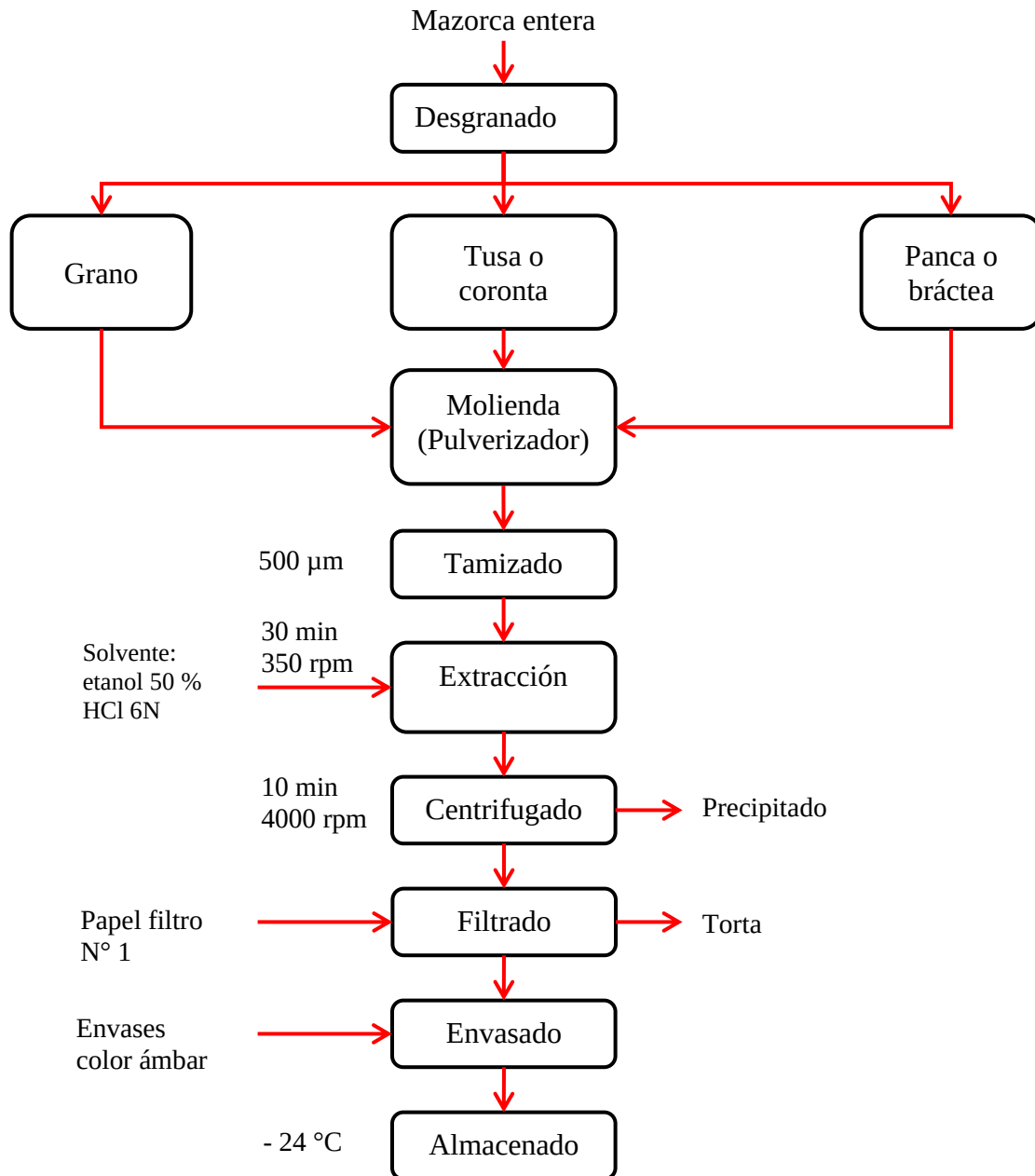
La evaluación de los compuestos bioactivos del maíz morado INIA 601, presentes en la coronta, bráctea y grano, se realizaron en el Laboratorio de Tecnologías Sustentables para la Extracción de Compuestos de Alto Valor, perteneciente a la Universidad Nacional de Moquegua.

3.3.4. Obtención de los Extractos de la Tusa o Coronta, de la Panca o Bráctea y del Grano del Maíz Morado INIA 601.

En la Figura 9, se muestran las diversas etapas para obtener los extractos de las muestras de panca o bráctea, tusa o coronta y grano.

Figura 9

Flujograma del proceso de extracción de compuestos bioactivos



3.3.4.1. Desgranado. Después de cosechar las mazorcas de maíz morado INIA 601 cultivadas, se separó las brácteas o pancas, la coronta o tusa y el grano.

3.3.4.2. Molienda. Aún en estado fresco, se redujo las partículas de la coronta con el uso de un molino de tornillo sin fin; en cambio para la panca se empleó un pulverizador multifuncional (HENKEL Soluciones Integrales, modelo WFA-GR 1 000), con un voltaje de 220 V, intensidad de 60 Hz y 25 000 RPM y para el grano se pesó 20 g de cada UE, se utilizó un mortero de porcelana.

3.3.4.3. Tamizado. Luego la coronta molida, la panca y el grano, fueron tamizadas en un tamiz N° 35, siendo de 500 µm, se colocaron en bolsas de polipropileno, las cuales fueron selladas con su respectiva codificación y se almacenaron a una temperatura de - 24 °C.

3.3.4.4. Extracción. Antes de realizar la extracción de los compuestos bioactivos se realizó lo siguiente:

3.3.4.4.1. Determinación de la Humedad de las Muestras de Maíz Morado. Se realizó siguiendo el procedimiento:

- Se retiraron las muestras que estaban en anaquel, de cada muestra se colocó 1 g en la porta muestra, con la ayuda de una cuchara dosificadora.
- Se colocaron en la balanza de determinación de humedad de (AND MX-50), a una temperatura de 105 °C, se realizó tres repeticiones por cada muestra.
- Una vez determinada se registró en un software RsFig Versión 2.41 M, se guardó en formato Excel.

- Terminada la lectura, una vez desechada la muestra, la porta muestra se limpió y se secó con papel toalla, se realizó este procedimiento para todas las muestras.

3.3.4.4.2. Preparación de Disoluciones para Extraer los Compuestos Bioactivos.

A. Preparación de la Solución de Ácido Clorhídrico (HCl) al 6 N. Con una pipeta se colocó 5 ml del ácido clorhídrico 6 N en una fiola de 10 ml, se agitó en el Vórtex (MINI MIXER – MX-30S - EUROTECH) por 1 min.

B. Preparación del Etanol al 50 %, Acidificado con 0,01 % de HCl 6 N. Con probeta de 250 ml y una micropipeta, se colocó la cantidad de 501,5 ml de etanol a una fiola de 1 L, fue aforada con agua destilada, se llevó al Vórtex, con un alcoholímetro se determinó la concentración de solvente, luego se agregó 100 µL de la solución de HCl, preparada anteriormente y se agitó para homogeneizar la solución.

3.3.4.4.3. Pesado. Se pesó 1,00 g de las muestras de tusa o coronta, panca o bráctea y del grano en una balanza analítica (Entris, modelo 224I-1S).

3.3.4.4.4. Extracción con Solvente. Con una probeta se colocó 20 ml de etanol al 50 %, con 0,01 % de HCl al 6 N, se trasvasó en un vaso de 40 ml, se agregó la barra agitadora octogonal (13 mm), se selló con papel Parafilm y se llevó al agitador magnético (Cimarec⁺ Thermo Scientific), se esperó para que el solvente alcance los 30 °C; una vez logrado la temperatura, se agrega la muestra pesada y con el uso de un cronómetro se controla 30 min, a 350 rpm.

3.3.4.5. Centrifugado. Terminado el tiempo de extracción, se retiran las barras agitadoras y las muestras de los vasos de precipitación se trasvasan en los tubos de centrífuga, realizándose a 4 000 rpm por 10 min, en una centrífuga.

3.3.4.6. Filtrado. El sobrenadante se filtró con papel Wattman N° 1 en una probeta de 25 ml, por un tiempo de 10 min, en ausencia de luz.

3.3.4.7. Envasado. Después de filtrar, se agrega solvente de trabajo hasta completar los 20 ml (relación 1/20). Finalmente se colocó en envases de color ámbar de 50 ml, se colocó el tapón y se tapó.

3.3.4.8. Almacenamiento. Se almacenó a – 24 °C, en una congeladora (INDREL®– CV 54 D)

3.3.5. *Cuantificación del Contenido de Antocianinas Totales*

Las antocianinas totales (AT) de maíz morado se determinó mediante la técnica de pH-diferencial; considerando el método descrito por Lee et al. (2005), con algunas modificaciones, utilizando Cloruro de potasio (0,025 M) a un pH de 1 y acetato de sodio (0,4 M) a un pH de 4,5; de acuerdo a la Tabla 9.

Tabla 9

Protocolo para determinar antocianinas totales

Tipo de extracto	Buffer*	Tubo	Agua Destilada (μL)	Extracto de las muestras (μL)	Buffer (μL)	Vol. Cubeta (μL)
		Blanco	3 000	-	-	3 000
Tusa o coronta^a	Cloruro de potasio pH 1,0	1	-	30	2 970	3 000
	Acetato de sodio pH 4,5	2	-	30	2 970	3 000
Panca o bráctea^b	Cloruro de potasio pH 1,0	1	-	60	2 940	3 000
	Acetato de sodio pH 4,5	2	-	60	2 940	3 000
Grano^c	Cloruro de potasio pH 1,0	1	-	300	2 700	3 000
	Acetato de sodio pH 4,5	2	-	300	2 700	3 000

Notas:

^a Factor de dilución de 100.

^b Factor de dilución de 50.

^c Factor de dilución de 10.

*Mezcla para mantener el pH constante.

Después de colocar las cantidades en los tubos, se lleva al Vórtex por 1 min y se deja reaccionar por 30 min, en oscuridad. A cada muestra se realizó por triplicado. Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro Genesys 150 UV-Visible a 520 nm y 700 nm.

Para el contenido de antocianinas totales se empleó la Ecuación 3, los datos obtenidos fueron expresados en miligramos (mg) equivalentes de Cianidina – 3 – Glucósido/ gramo de sólido seco (gss) de muestra de maíz morado.

$$\text{Antocianinas totales} \left(\frac{\text{mg EC3G}}{\text{gss}} \right) = \frac{A * \text{MW} * \text{FD} * 10^3 * V * \text{PI}_E}{\epsilon * l * \text{PBH}_E * \text{PS}} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH1}} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH4,5}}$$

MW = Peso molecular (449,2 g/mol) para Cianidina -3-Glucósido (C3G).

FD = Factor de dilución.

10^3 = Factor de conversión de g a mg.

ϵ = Coeficiente de extinción molar (26900 L/mol. cm), para C3G.

I = Espesor de la cubeta del espectrofotómetro (cm)

V= Volumen de extracción (L)

PBH_E = Peso Base Húmeda de Extracción (gbh)

PI_E = Peso de Ingreso a la Estufa (gbh)

PS = Peso seco, después de determinar la humedad de la muestra (gss)

3.3.6. Cuantificación del Contenido de Fenoles Totales

Los fenoles totales fueron determinados por la técnica de Folin – Ciocalteau, según modificaciones de Albarici et al. (2009), y Jin et al. (2017), siguiendo el procedimiento:

3.3.6.1. Preparación de Reactivos. Se empleó 20 mL de Folin – Ciocalteau se diluyó con 20 mL de agua destilada para obtener 1 N y 100 mg de Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) se diluyó con 100 mL de agua destilada para llegar a 10 % de concentración, en ambas soluciones se homogenizaron en un Vórtex. Se empleó la curva de calibración del ácido gálico, en el que se utilizó las concentraciones de 20 a 70 mg/L y como disolvente agua destilada. El protocolo para determinar de los fenoles totales se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10*Protocolo para determinar fenoles totales*

Tubo	Solvente de extracción (ml)	Agua destilada (ml)	Extracto diluido (ml)	Vol. Folin Ciocalteu (ml)	Vol. Carbonato de sodio (ml)*	Vol. Cubeta (μl)
Blanco (0)	1,7	-	-	0,1	0,2	2,0
Tubo de reacción	-	1,5	0,2	0,1	0,2	2,0

FD: Factor de dilución

Notas: *Antes de colocar el carbonato de sodio se agita en el Vórtex y se espera 3 min para recién agregarlo.

Se dejó reaccionar por 1 h en ausencia de luz; las lecturas de las absorbancias se realizarán a 765 nm mediante un espectrofotómetro UV visible y el contenido de fenoles totales se calculará a través de la curva estándar del ácido gálico previamente preparado (ver Anexo 7); los resultados serán expresados en mg equivalentes de ácido gálico / gramo de maíz morado (sólido seco), que será calculado mediante la Ecuación 4, con algunas modificaciones (Rios, 2021).

$$PT \left(\frac{\text{mg AG}}{\text{gss}} \right) = \frac{(\text{ABS}_{765 \text{ nm}} - b) * \text{FD} * V * \text{PIE}}{a * \text{PBHE} * \text{PS}} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

ABS_{765 nm}: Absorbancia a 765 nm.

b: Intersección de la curva de calibración del ácido gálico

V: Volumen de extracción (L)

PIE: Peso de Ingreso a la Estufa (gbh)

a: Pendiente de la curva de calibración del ácido gálico

PBHE: Peso Base Húmeda de Extracción (gbh)

PS: Peso seco, después de determinar la humedad de la muestra (gss)

3.3.7. Determinación de la Actividad Antioxidante

Se cuantificó mediante la técnica de captación del radical 2,2 difenil, 1 picrilhidrazil (DPPH[•]), considerando la metodología de (Ratha et al., 2023), con algunas modificaciones: Se utilizó metanol puro (99,7 %) y radical DPPH.

3.3.7.1. Preparación de los Reactivos. Se preparó una solución metanólica de DPPH[•] a 200 µM, lo cual se utilizó 0,0473 g del radical de DPPH y se aforó en una fiola de color ámbar de 600 ml con metanol puro; para diluir los extractos del grano, coronta y brácteas, se utilizó metanol puro, mediante diluciones seriadas; para las reacciones, se utilizaron 1,0 ml de extracto de la muestra diluida con metanol y 1,0 ml de la solución metanólica de DPPH[•], se dejó reaccionar por 30 min. en ausencia de luz y finalmente se realizó las lecturas en el espectrofotómetro (Genesys 150 UV-Visible Spectrophotometer) a 517 nm.

Después de que se obtuvo las absorbancias se estimó el porcentaje de inhibición con Ecuación 5 (Ratha et al., 2023).

$$\% \text{ inhibición} = 1 - \left(\frac{\text{ABS}_{\text{muestra}}}{\text{ABS}_{\text{control}}} \right) * 100 \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

ABS_{muestra} = Absorbancia muestral a 517 nm.

ABS_{control} = Absorbancia de control a 517 nm.

Los resultados se expresan en IC₅₀, mediante la ecuación 6.

$$IC_{50} = \frac{50 - n}{m} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

n: ordenada

m: pendiente

El IC50, se consideró la gráfica del porcentaje de inhibición del radical DPPH frente a las concentraciones de los extractos de las muestras; los resultados se expresan en µg / ml de solución de DPPH'.

3.4. Población, Muestra y Muestreo

3.4.1. Población

Fue la producción de Maíz Morado en desarrollo vegetativo y en estado de madurez óptimo, de la variedad INIA 601, producidos en las provincias de San Marcos (localidad de Cochamarca) y Cajabamba, región Cajamarca.

3.4.2. Muestra

Las muestras empleadas para los análisis de las características físicas del maíz morado (*Zea mays* L.) de la variedad INIA 601, fueron de los surcos del centro de cada repetición. La muestra utilizada para los análisis del contenido de antocianinas totales, fenoles totales y la actividad antioxidante, fue de 2 kg de mazorcas (incluidos las brácteas) en estado óptimo de cosecha, de cada localidad (Cochamarca y Cajabamba) a los cuales se realizaron los análisis descritos anteriormente.

Tabla 11

Ubicación de los lugares de procedencia de las muestras

Provincia	Distrito	Localidad	Ubicación geográfica		
			Altitud	Latitud	Longitud
Cajabamba	Cajabamba	Cajabamba	2 640 m.s.n.m.	7° 36' 39''	78° 04' 15''
San Marcos	Gregorio Pita	Cochamarca	2 864 m.s.n.m.	7° 16' 52''	78° 13' 09''

3.4.3. Muestreo

El muestreo se realizó de manera aleatoria, considerando que las muestras estén libres de daños mecánicos y/o biológicos.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

Dentro de las técnicas a usar tenemos:

La observación, la experimentación, cuantificación a nivel de campo y de laboratorio.

3.5.2. Instrumentos para la Recolección de Datos

En la Tabla 2, se muestran las técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

Tabla 12

Instrumentos para la recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Recolección de datos
Observación	▪ Ficha de registro	▪ Características y lugar de procedencia del maíz morado INIA 601
	▪ Celular	▪ Fotos del desarrollo del proyecto
Experimentación y Cuantificación	▪ Cuadro de rendimiento	▪ Porcentajes de rendimiento de producción del maíz morado INIA 601
	▪ Cuadro de recolección de análisis de muestras	▪ Contenido de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante
	▪ Registro en Excel	▪ Resultados obtenidos del cuaderno de registro y de los análisis
	▪ Software estadístico	▪ Procesar resultados

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

A los resultados obtenidos se determinó la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Se calculó la Análisis de Varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5 % (0,05).

En la Ecuación 7, se muestra la ecuación lineal del Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con Arreglo Factorial.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk} \quad \text{Ecuación 7.}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la variable respuesta

μ = Efecto de la media poblacional

$A_i = \mu_i - \mu$

$B_j = \mu_j - \mu$

$AB_{ij} = \mu_{ij} - \mu_i - \mu_j + \mu$

$E_{ijk} = Y_{ijk} - \mu_{ij}$

En la Tabla 13, se observa el esquema del Análisis de Varianza, que se va a emplear en la investigación.

Tabla 13

Esquema del análisis de varianza

FV	GL	SC	CM	F
A	a – 1	A_{yy}	A	A/E
B	b – 1	B_{yy}	B	B/E
AB	(a – 1)(b – 1)	AB_{yy}	AB	AB/E
Error	ab (r – 1)	E_{yy}	E	
Total	abr – 1	W_{yy}	W	

Fuente: Adaptado de Torres, (2013).

3.7. Aspectos Éticos

Se utilizó adecuadamente los recursos genéticos (maíz morado Variedad INIA 601). Además, esta investigación contribuirá a la preservación y uso sostenible de la biodiversidad, con fines de investigación de índole no comercial. Se empleó códigos de conducta entre el investigador y las comunidades beneficiadas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de Resultados

4.1.1. Características Físicas del Maíz Morado INIA 601

4.1.1.1. Días a la Floración Masculina. En la Tabla 14, se observa que el valor $p = 0,0000$; es decir, el $p \leq 0,05$; por consiguiente, para los Días a la Floración Masculina, existe diferencia significativa respecto al lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Tabla 14

Análisis de varianza para días a la floración masculina (DFM)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	27,8667	4	6,96667	1,88	0,1492
B: Lugar	1 293,63	1	1 293,63	349,63	0,0000
C: Tratamiento	2,46667	2	1,23333	0,33	0,7201
Residuos	14,9333	22	3,7		
Total (corregido)	1 405,37	29			

4.1.1.1.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para DFM por Lugar. En la Tabla 15, a un 95 % de nivel de confianza, se observa que hay una diferencia significativa respecto al lugar de siembra del maíz morado INIA 601, siendo así que en Cajabamba se obtuvo la Floración Masculina a los 92,2 días; mientras que, en Cochamarca fue de 105,33 días.

Tabla 15

Comparaciones de grupos homogéneos de DFM por lugar

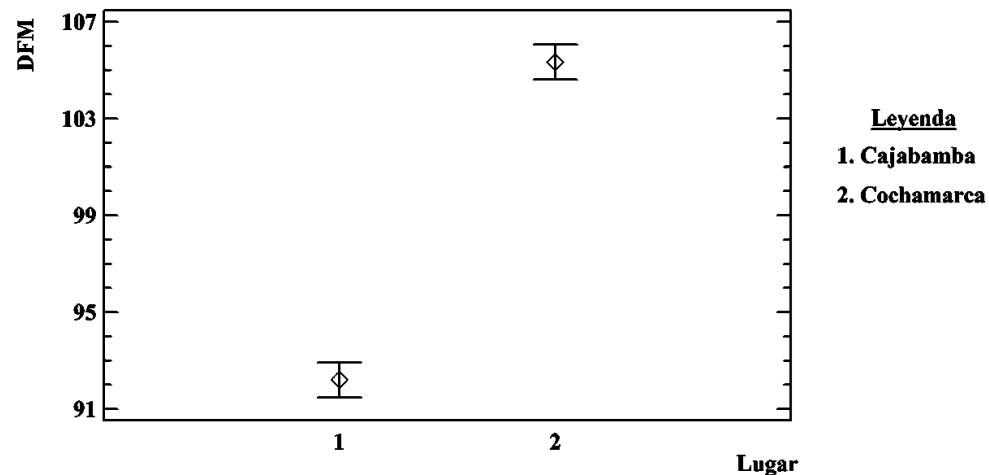
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	15	92,2	0,496655	a
2	15	105,333	0,496655	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-13,1333	1,45664	

Notas: * indica una diferencia significativa.

En la Figura 10, podemos observar que a un nivel de significancia de 0,05 existe diferencias significativas entre el lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Figura 10

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para DFM por lugar



4.1.1.2. Días a la Floración Femenina (DFF). En la Tabla 16, se observa que el valor $p \leq 0,05$; por consiguiente, para los Días a la Floración Femenina, existe diferencia significativa respecto los bloques y al lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Tabla 16*Análisis de varianza para días a la floración femenina (DFF)*

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	57,3333	4	14,3333	2,26	0,0956
B: Lugar	720,3	1	720,3	113,46	0,0000
C: Tratamiento	24,8667	2	12,4333	1,96	0,1649
Residuos	139,667	22	6,34848		
Total (corregido)	942,167	29			

En la Tabla 17, se muestra las comparaciones de grupos homogéneos para Días a la Floración Femenina por lugar, empleando la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 %, en la que en Cajabamba se obtuvo la floración femenina a los 98,93 días y en Cochamarca a los 108,73 días después de la siembra.

Tabla 17*Comparaciones de grupos homogéneos de DFF por lugar*

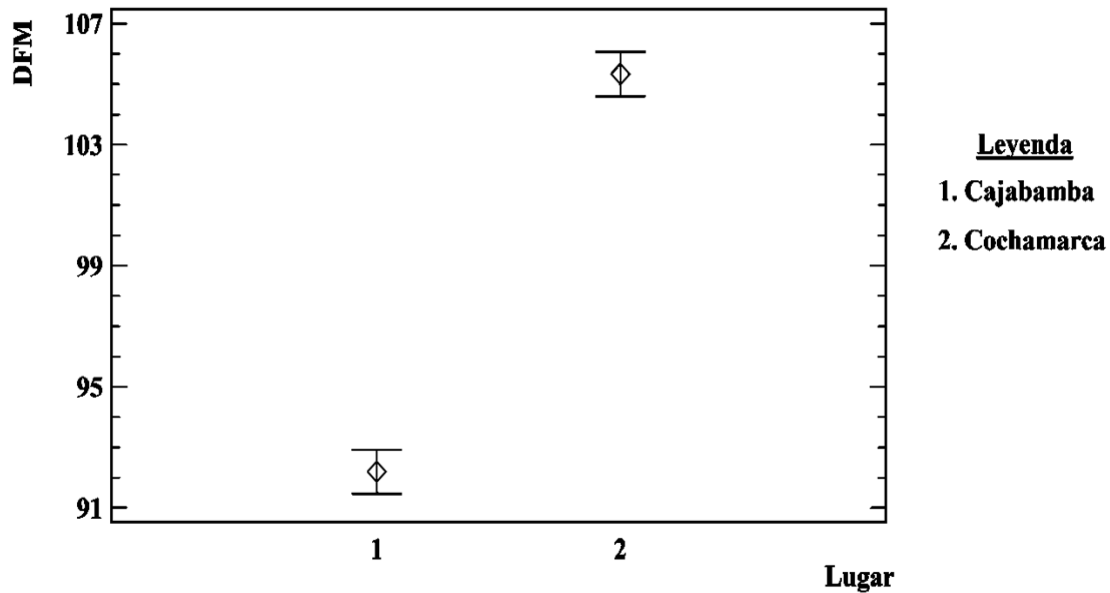
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	15	98,9333	0,650563	a
2	15	108,733	0,650563	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-9,8	1,90804	

Notas: * Denota una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura 11, podemos observar que a un nivel de significancia de 0,05 existe diferencias significativas entre el lugar de siembra respecto a los Días a la Floración Femenina del maíz morado INIA 601.

Figura 11

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para DFF por lugar



4.1.1.3. Altura de la Planta. En la Tabla 18, se observa que el valor $p \leq 0,05$; por consiguiente, para la altura de planta del maíz morado INIA 601, existe diferencia significativa respecto al bloque, lugar y tratamiento de siembra del maíz morado INIA 601.

Tabla 18

Análisis de varianza para altura de planta (m)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	0,0981133	4	0,0245283	4,03	0,0134
B: Lugar	0,116563	1	0,116563	19,14	0,0002
C: Tratamiento	0,0190067	2	0,00950333	1,56	0,2325
Residuos	0,134013	22	0,00609152		
Total (corregido)	0,367697	29			

4.1.1.3.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Altura de Planta (m) por

Bloque. En la Tabla 19, se observa la comparación de grupos homogéneos para la altura de planta por bloque, se observa que existe diferencia significativa entre los bloques, a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 19

Comparaciones de grupos homogéneos de altura de planta por bloque

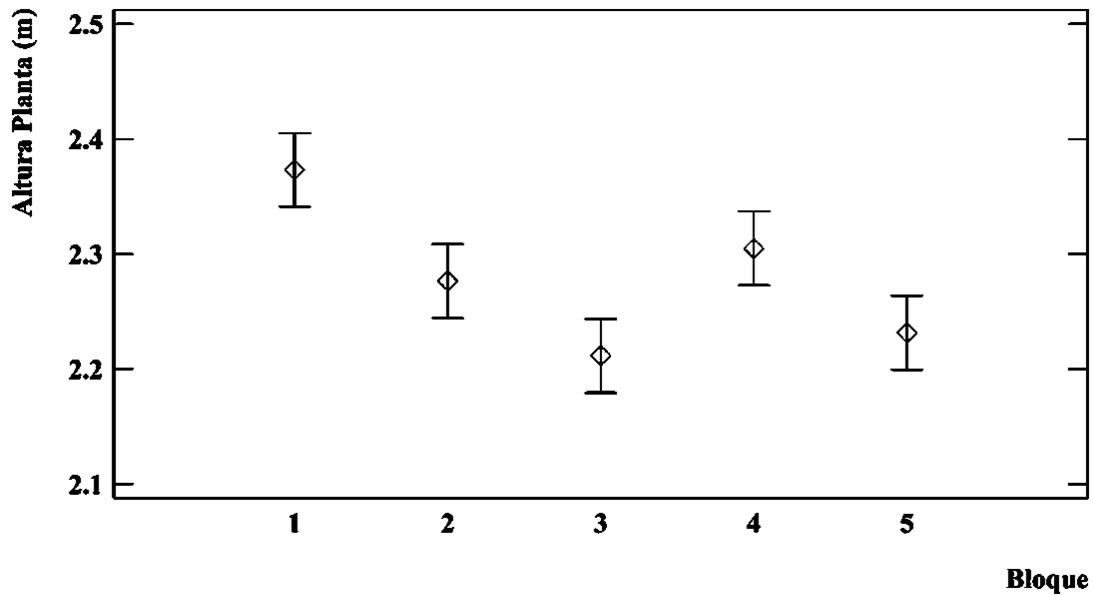
Bloque	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
3	6	2,21167	0,031863	a
5	6	2,23167	0,031863	a
2	6	2,27667	0,031863	ab
4	6	2,305	0,031863	ab
1	6	2,37333	0,031863	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2		0,0966667	0,133731	
1 - 3	*	0,161667	0,133731	
1 - 4		0,0683333	0,133731	
1 - 5	*	0,141667	0,133731	
2 - 3		0,065	0,133731	
2 - 4		-0,0283333	0,133731	
2 - 5		0,045	0,133731	
3 - 4		-0,0933333	0,133731	
3 - 5		-0,02	0,133731	
4 - 5		0,0733333	0,133731	

Notas: * Denota una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura 12, se observa la comparación de grupos homogéneos para la altura de planta por bloque de siembra, siendo que, existe diferencias entre el bloque 1 con el bloque 3 y el bloque 5.

Figura 12

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para altura de planta por bloque



4.1.1.3.2. *Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Altura Planta (m) por*

Lugar. En la Tabla 20, se observa la comparación de grupos homogéneos para la altura de planta por lugar de siembra, a un nivel de confianza del 95 %, se observa que existe una diferencia significativa entre el lugar de Cajabamba y Cochamarca; siendo, una altura promedio de 2,34 m, y 2,22 m respectivamente.

Tabla 20

Comparaciones de grupos homogéneos de altura de planta por lugar

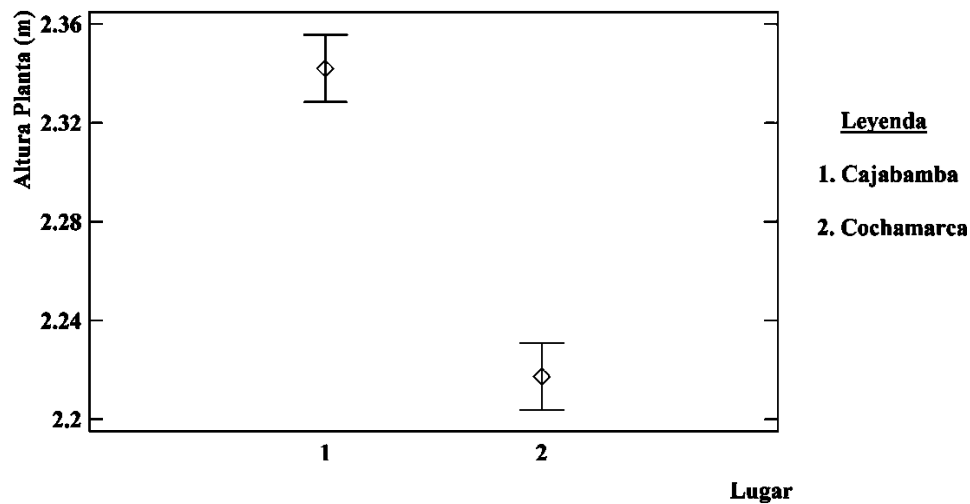
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
2	15	2,21733	0,0201519	a
1	15	2,342	0,0201519	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	0,124667	0,0591038	

Notas: * Denota una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura 13, podemos observar que a un nivel de significancia de 0,05 existe diferencias significativas entre el lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Figura 13

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para altura de planta por lugar



4.1.1.4. Número de Mazorcas por Planta (N° de mazorcas / planta). En la Tabla 21, se observa que el valor $p = 0,0000$; es decir, el $p \leq 0,05$; por consiguiente, para los N° de mazorcas por planta, existe diferencia significativa respecto al lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Tabla 21

Análisis de varianza para N° de mazorcas / planta

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	0,0277133	4	0,00692833	0,79	0,5414
B: Lugar	0,549453	1	0,549453	63,01	0,0000
C: Tratamiento	0,00252667	2	0,00126333	0,14	0,8660
Residuos	0,191853	22	0,00872061		
Total (corregido)	0,771547	29			

4.1.1.4.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para N° de Mazorcas /Planta

por Lugar. En la Tabla 22, se observa la comparación de grupos homogéneos para N° de mazorcas por planta, se observa que existe diferencia significativa entre el lugar de siembra, a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 22

Comparaciones de grupos homogéneos de N° de mazorcas / planta por lugar

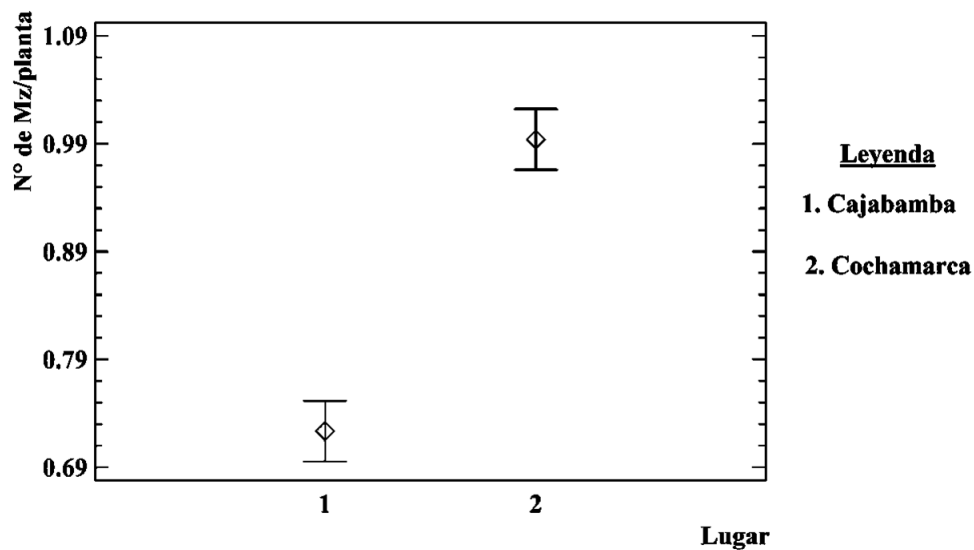
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	15	0,723333	0,0241117	a
2	15	0,994	0,0241117	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-0,270667	0,0707173	

Notas: * Denota una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura 14, podemos observar que a un nivel de significancia de 0,05 existe diferencias significativas entre el lugar de siembra del maíz morado INIA 601, siendo así que en Cajabamba se obtuvo un menor N° de mazorcas por planta, mientras que, en Cochamarca fue el N° de mazorcas por planta cercano a 1.

Figura 14

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para N° de mazorcas / planta, por lugar



4.1.1.5. Días a la Cosecha. En la tabla 23 se muestra los días transcurridos desde la fecha de siembra del maíz morado hasta la fecha de cosecha, siendo así que en Cajabamba se ha obtenido en 183 días, mientras que en Cochamarca se ha cosechado a los 213 días, con una diferencia de 30 días

Tabla 23

Días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha, por lugar

Lugar de Procedencia	Fecha de siembra	Fecha de cosecha	Días transcurridos	Diferencia
Cajabamba	12/12/2022	13/06/2023	183	30 días
Cochamarca	19/12/2022	20/07/2023	213	

4.1.1.6. Longitud de la Mazorca. En la Tabla 24, se observa que el valor $p = 0,0013$; es decir, el $p \leq 0,05$; por consiguiente, para longitud de mazorca, existe diferencia significativa respecto al tratamiento aplicado a las semillas de maíz morado INIA 601.

Tabla 24

Análisis de varianza para longitud de mazorca (cm)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	0,764647	4	0,191162	0,92	0,4718
B: Lugar	0,158413	1	0,158413	0,76	0,3929
C: Tratamiento	6,25866	2	3,12933	15,01	0,0001
Residuos	4,58776	22	0,208535		
Total (corregido)	11,7695	29			

4.1.1.6.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Longitud de Mazorca

por Tratamiento. En la Tabla 25, se observa la comparación de grupos homogéneos para la longitud de mazorca por tratamiento aplicado, a un nivel de confianza del 95 %, se observa que existe diferencia significativa, siendo que, el SCM obtuvo una longitud de 15,791 cm, mientras que CME y CMP, obtuvieron una longitud de mazorca de 16,526 cm y 16,889 cm respectivamente.

Tabla 25

Comparaciones de grupos homogéneos de longitud de mazorca por tratamiento

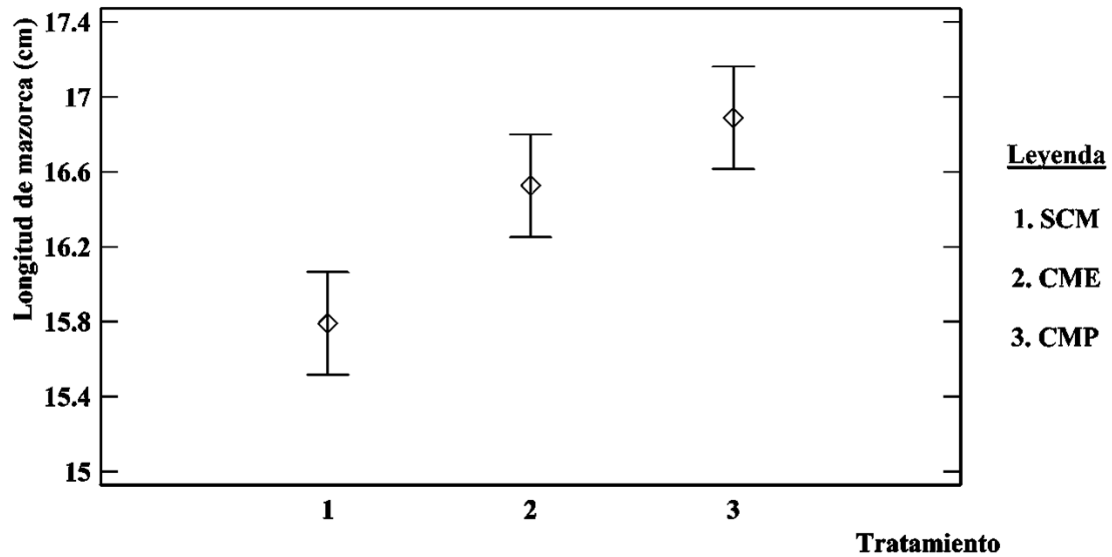
Tratamiento	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	10	15,791	0,144407	a
2	10	16,526	0,144407	b
3	10	16,889	0,144407	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-0,735	0,513205	
1 - 3	*	-1,098	0,513205	
2 - 3		-0,363	0,513205	

Notas: * Denota una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura 15, podemos observar que a un nivel de significancia de 0,05 existe diferencias significativas entre el tratamiento aplicado al maíz morado INIA 601, siendo que los tratamientos con campos magnéticos obtuvieron una longitud de mazorca por encima de los 16 cm.

Figura 15

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para longitud de mazorca, por tratamiento



4.1.1.7. Porcentaje Ponderado de Pudrición de Mazorca (PPP). En la Tabla 26, se observa que el valor $p = 0,0000$; es decir, el $p \leq 0,05$; por consiguiente, para el porcentaje de pudrición ponderado, existe diferencia significativa respecto al bloque y lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Tabla 26

Comparaciones de grupos homogéneos de longitud de mazorca por tratamiento

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	96,168	4	24,042	1,69	0,1877
B: Lugar	801,97	1	801,97	56,45	0,0000
C: Tratamiento	11,8206	2	5,9103	0,42	0,6648
Residuos	312,567	22	14,2076		
Total (corregido)	1 222,53	29			

4.1.1.7.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para PPP de Mazorca por

Lugar. En la Tabla 27, se observa que la comparación de grupos homogéneos del Porcentaje de Pudrición Ponderado, a un nivel de confianza del 95 %, en los cuales existen diferencia significativa respecto al lugar de siembra del maíz morado INIA 601, con una diferencia de 10,34 %.

Tabla 27

Comparaciones de grupos homogéneos de PPP de mazorca por lugar

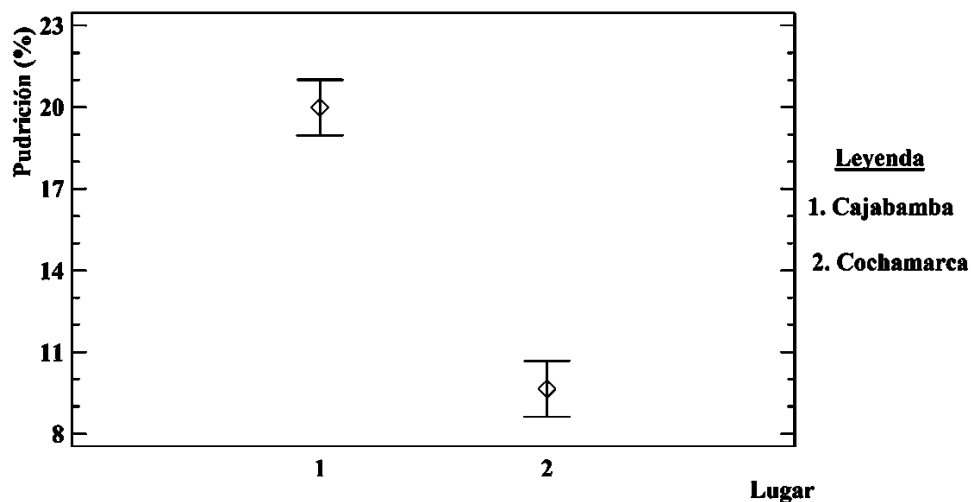
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
2	15	9,65133	0,973228	a
1	15	19,992	0,973228	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	10,3407	2,85438	

Notas: * Denota una diferencia estadísticamente significativa.

En la Figura 16, podemos observar que a un nivel de significancia de 0,05 existe diferencias significativas entre los lugares de siembra, siendo así que en Cajabamba hubo más acame y a consecuencia de ello más porcentaje de pudrición en comparación de Cochamarca.

Figura 16

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para PPP de mazorca por lugar



4.1.1.8. Resumen de las Características Físicas el Maíz Morado INIA 601. A

continuación, en la Tabla 28, se detallan las características físicas de la planta y de la mazorca de maíz morado INIA 601; asimismo, el reporte del análisis estadístico de los tratamientos y lugares de procedencia de las muestras.

Tabla 28

Características físicas del maíz morado INIA 601

Variables		Trat.	DFM (días)	DFE (días)	Altura de Planta (m)	Nº de Mazorca / Planta	Longitud de Mazorca (cm)	Pudrición (%)
Trat.	SCM	$\bar{x}$	99,100 ^a	105,100 ^a	2,245 ^a	0,849 ^a	15,791 ^a	14,992 ^a
		Desvest.	2,211	2,809	0,055	0,073	0,429	3,356
	CME	$\bar{x}$	98,800 ^a	103,400 ^a	2,304 ^a	0,856 ^a	16,526 ^b	13,982 ^a
		Desvest.	1,506	2,125	0,118	0,086	0,481	3,625
	CMP	$\bar{x}$	98,400 ^a	103,000 ^a	2,290 ^a	0,871 ^a	16,889 ^b	15,491 ^a
		Desvest.	1,587	1,842	0,098	0,091	0,426	3,676
Lugar	Cajabamba	$\bar{x}$	92,200 ^a	98,933 ^a	2,342 ^b	0,723 ^a	16,475 ^a	19,992 ^b
		Desvest.	2,709	3,786	0,102	0,111	0,534	4,938
	Cochamarca	$\bar{x}$	105,333 ^b	108,733 ^b	2,217 ^a	0,994 ^b	16,329 ^a	9,651 ^a
		Desvest.	0,827	0,730	0,078	0,055	0,356	2,167
Valor – p, lugar			0.000	0,000	0,000	0,000	0,393	0,000
Valor – p, Tratamiento			0.720	0,165	0,233	0,866	0,000	0,665

En la tabla anterior, se observa que las mejores características en: la floración masculina, la floración femenina y la altura de planta en Cajabamba; en cambio, el número de mazorcas por planta en Cochamarca se obtuvieron valores más cercanos a la unidad, independientemente de campo magnético aplicado. Respecto a la longitud de mazorca, el mejor tratamiento es con Campos Magnéticos Pulsados llegando a superar los 16,5 cm; los mayores porcentajes de pudrición se encontraron en el maíz morado INIA 601 de las muestras procedente de Cajabamba, siendo de un 10 % de diferencia, a consecuencia de un mayor porcentaje de acame de raíz y tallo (ver Anexo 5).

4.1.2. Rendimiento de Producción de Maíz Morado INIA 601.

En la tabla 29, se observa que el valor $p \leq 0,05$; por consiguiente, para el rendimiento promedio, existe diferencia significativa respecto al lugar de siembra del maíz morado INIA 601.

Tabla 29

Análisis de varianza para rendimiento (t/ha)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	1,9054	4	0,47635	0,72	0,5861
B: Lugar	17,9104	1	17,9104	27,15	0,0000
C: Tratamiento	0,0126467	2	0,00632333	0,01	0,9905
Residuos	14,5134	22	0,6597		
Total (corregido)	34,3419	29			

4.1.2.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Rendimiento (t/ha) por

Lugar. En la Tabla 30, se muestra la comparación de grupos homogéneos de rendimiento por lugar de siembra, a un nivel de confianza del 95 %, siendo que en Cajabamba (1) la media es de 3,354 t/ha y en Cochamarca de 4,899 t/ha, existiendo una diferencia de 1,545.

Tabla 30

Comparaciones de grupos homogéneos de rendimiento (t/ha) por lugar

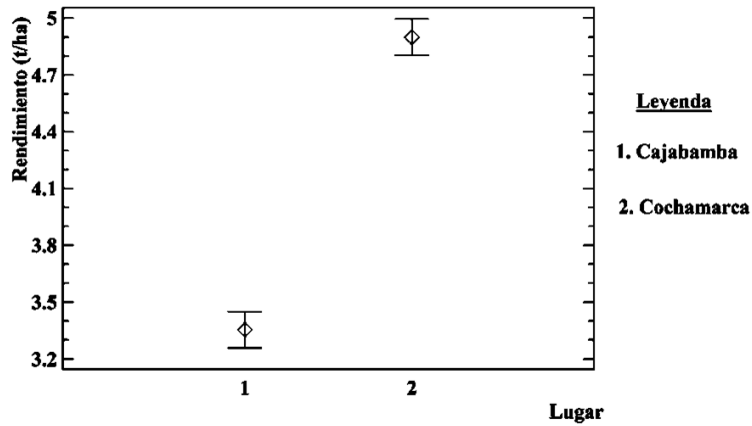
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	15	3,354	0,209714	a
2	15	4,89933	0,209714	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-1,54533	0,615072	

* indica una diferencia significativa.

En la Figura 17, se muestra la diferencia significativa, a un nivel de confianza del 95 %, siendo que Cajabamba obtuvo un menor rendimiento en comparación con Cochamarca.

Figura 17

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para rendimiento (t/ha) por lugar



4.1.2.2. Resumen del Rendimiento de Producción del Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 31 se muestra el reporte del análisis estadístico del rendimiento de producción del maíz morado INIA 601, en relación con el tratamiento aplicado y el lugar de procedencia.

Tabla 31

Rendimiento de producción de maíz morado INIA 601

Variables			Rendimiento (t/ha)
Tratamiento	SCM	$\bar{x}$	4,155 ^a
		Desvest.	0,699
	CME	$\bar{x}$	4,107 ^a
		Desvest.	0,738
	CMP	$\bar{x}$	4,117 ^a
		Desvest.	0,944
Lugar	Cajabamba	$\bar{x}$	3,353 ^a
		Desvest.	0,828
	Cochamarca	$\bar{x}$	4,899 ^b
		Desvest.	0,759
Valor – p, lugar			0,000
Valor – p, Tratamiento			0,991

En la Tabla 31, se puede observar que respecto al tratamiento aplicado no hay diferencia significativa; sin embargo, en el lugar de procedencia si existe diferencia significativa, presentando

mejores resultados la localidad de Cochamarca, con 4,899 tn/ha, en comparación a Cajabamba que fue de 3,353 tn/ha.

4.1.3. Contenido de Antocianinas Totales

En la Tabla 32 se muestran los resultados del contenido de antocianinas totales de las muestras del maíz morado INIA 601 y sus bloques experimentales

Tabla 32

Resultados del contenido de antocianinas totales de las muestras del maíz morado INIA 601 y los bloques experimentales

Bloque	Lugar	Tratamiento	Antocianinas Totales (mg EC3G/gss)		
			Grano	Tusa o Coronta	Panca o bráctea
I	Cajabamba	SCM	1,219	11,634	8,060
	Cajabamba	CME	1,049	9,307	6,696
	Cajabamba	CMP	0,934	8,984	6,785
	Cochamarca	SCM	1,177	7,771	6,913
	Cochamarca	CME	0,865	8,650	8,249
	Cochamarca	CMP	0,776	8,283	7,581
II	Cajabamba	SCM	0,779	10,910	5,366
	Cajabamba	CME	1,395	9,875	6,496
	Cajabamba	CMP	0,927	8,761	6,156
	Cochamarca	SCM	0,960	9,385	7,542
	Cochamarca	CME	1,045	9,719	8,182
	Cochamarca	CMP	1,150	10,465	8,722
III	Cajabamba	SCM	1,081	10,531	4,230
	Cajabamba	CME	1,220	9,017	6,924
	Cajabamba	CMP	1,026	7,782	8,683
	Cochamarca	SCM	0,830	8,850	7,899
	Cochamarca	CME	1,117	10,420	8,066
	Cochamarca	CMP	1,156	9,919	5,349
IV	Cajabamba	SCM	1,110	8,004	6,574
	Cajabamba	CME	1,241	9,318	5,600
	Cajabamba	CMP	1,380	7,982	7,091
	Cochamarca	SCM	0,963	8,650	9,034
	Cochamarca	CME	1,225	10,008	8,594
	Cochamarca	CMP	1,418	11,322	5,499

4.1.3.1. Antocianinas Totales de Grano de Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 33, se muestra el análisis de varianza del contenido de antocianinas totales del grano de maíz, que a un nivel de confianza del 95 %, no existe diferencia significativa tanto para el bloque, lugar y tratamiento aplicado a las semillas de maíz morado.

Tabla 33

Análisis de varianza para antocianinas totales de grano (mg C3G/gss)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	0,165824	3	0,0552746	1,78	0,1885
B: Lugar	0,01921	1	0,01921	0,62	0,4420
C: Tratamiento	0,068727	2	0,0343635	1,11	0,3527
Residuos	0,104405	17	0,0309975		
Total (corregido)	0,780719	23			

4.1.3.3. Antocianinas Totales de Coronta de Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 34, se muestra en análisis de varianza de las antocianinas totales de la coronta, a un nivel de confianza del 95 % no existe diferencias significativas.

Tabla 34

Análisis de varianza para antocianinas totales de coronta (mg C3G/gss)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	1,9611	3	0,653699	0,44	0,7296
B: Lugar	0,074482	1	0,074482	0,05	0,8261
C: Tratamiento	0,552886	2	0,276443	0,18	0,8330
Residuos	25,4465	17	1,49685		
Total (corregido)	28,035	23			

4.1.3.4. Antocianinas Totales de la Bráctea de Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 35, se observa el ANOVA de antocianinas totales de la bráctea, a un nivel de confianza del 95 %, no existe diferencias significativas, tanto para el bloque, lugar y tratamiento.

Tabla 35

Análisis de Varianza para Antocianinas Totales de Bráctea (mg C3G/gss)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	0,832374	3	0,277458	0,16	0,9196
B: Lugar	7,00812	1	7,00812	4,13	0,0582
C: Tratamiento	0,786696	2	0,393348	0,23	0,7957
Residuos	28,8762	17	1,6986		
Total (corregido)	37,5034	23			

4.1.4. Contenido de Fenoles Totales

Tabla 36

Contenido de polifenoles de las muestras de maíz morado INIA 601 y los bloques experimentales

Bloque	Lugar	Tratamiento	Polifenoles Totales (mg EAG/gss)		
			Grano	Tusa o Coronta	Panca o bráctea
I	Cajabamba	SCM	2,210	21,674	27,552
	Cajabamba	CME	1,790	18,148	27,332
	Cajabamba	CMP	1,755	19,901	24,335
	Cochamarca	SCM	2,091	16,870	26,370
	Cochamarca	CME	2,367	19,819	28,157
	Cochamarca	CMP	1,729	16,334	29,064
II	Cajabamba	SCM	1,419	20,025	24,363
	Cajabamba	CME	2,681	19,014	21,614
	Cajabamba	CMP	1,966	21,839	24,445
	Cochamarca	SCM	2,101	20,458	30,356
	Cochamarca	CME	2,059	19,777	29,806
	Cochamarca	CMP	2,119	18,808	30,768
III	Cajabamba	SCM	2,186	23,014	20,899
	Cajabamba	CME	2,044	17,221	24,528
	Cajabamba	CMP	1,973	17,612	27,277
	Cochamarca	SCM	2,014	20,478	28,102
	Cochamarca	CME	2,280	20,313	26,947
	Cochamarca	CMP	1,869	19,386	29,394
IV	Cajabamba	SCM	2,482	24,664	30,081
	Cajabamba	CME	2,241	18,808	24,088
	Cajabamba	CMP	2,221	19,344	31,098
	Cochamarca	SCM	2,049	21,324	26,947
	Cochamarca	CME	2,350	19,695	27,634
	Cochamarca	CMP	2,474	21,035	29,641

4.1.4.1. Fenoles Totales de Grano de Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 37, se muestra el ANOVA del contenido de fenoles del grano de maíz morado INIA 601, siendo el nivel de confianza del 95 %, no existe diferencia significativa.

Tabla 37

Análisis de varianza para fenoles totales de grano (mg EAG/gss)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	0,338768	3	0,112923	1,58	0,2314
B: Lugar	0,0118815	1	0,0118815	0,17	0,6887
C: Tratamiento	0,195706	2	0,0978532	1,37	0,2813
Residuos	1,21624	17	0,0715434		
Total (corregido)	1,76259	23			

4.1.4.2. Fenoles Totales de Coronta o Tusa de Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 38, se observa el ANOVA del contenido de fenoles totales de la coronta, a un nivel de confianza del 95 %, ya sea para el bloque, lugar y tratamiento no existe diferencias significativas.

Tabla 38

Análisis de varianza para fenoles totales de coronta (mg EAG/gss)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	12,5537	3	4,18456	1,39	0,2789
B: Lugar	2,02246	1	2,02246	0,67	0,4232
C: Tratamiento	18,834	2	9,41699	3,14	0,0693
Residuos	51,0495	17	3,00291		
Total (corregido)	84,4596	23			

4.1.4.3. Fenoles Totales de Bráctea o Panca de Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 39, se muestra el ANOVA de los fenoles totales de la bráctea, siendo un nivel de confianza del 95 %, existe diferencia significativa únicamente el lugar de siembra.

Tabla 39

Análisis de varianza para fenoles totales de bráctea (mg EAG/gss)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	13,1259	3	4,37531	0,75	0,5360
B: Lugar	52,7296	1	52,7296	9,07	0,0079
C: Tratamiento	16,7924	2	8,39619	1,44	0,2636
Residuos	98,8674	17	5,81573		
Total (corregido)	181,515	23			

4.1.4.3.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Fenoles Totales de Bráctea (mg EAG/gss) por Lugar. En la Tabla 40, se observa la comparación de grupos homogéneos con la prueba de Tukey, con un nivel de confianza del 95 %, para fenoles totales de la bráctea o panca, siendo que el lugar de Cajabamba (1) muestra una media de 25,634 mg EAG/gss y el lugar de Cochamarca 28,599 mg EAG/gss, con una diferencia de 2,965.

Tabla 40

Comparaciones de grupos homogéneos para fenoles totales de bráctea (mg EAG/gss) por lugar

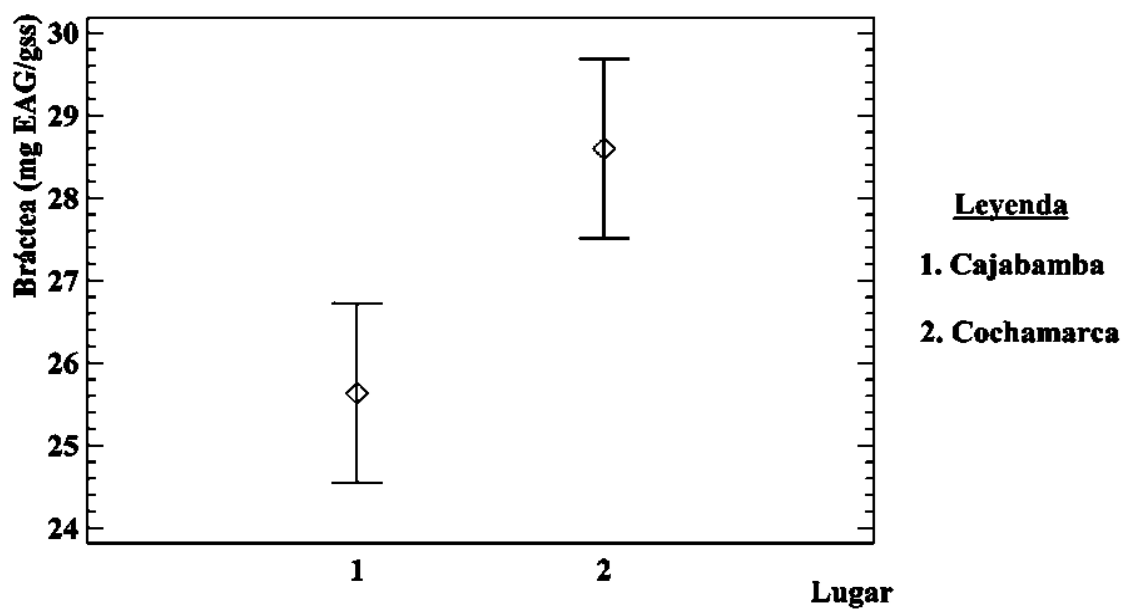
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	12	25,6343	0,696164	a
2	12	28,5988	0,696164	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	-2,9645	2,07717	

Notas: * indica una diferencia significativa.

En la Figura 18 se observa las medias e intervalos de 95 % de confianza con la prueba de comparación Tukey, para fenoles totales de la bráctea.

Figura 18

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para Fenoles Totales de Bráctea (mg EAG/gss) por Lugar



4.1.4.4. Resumen de la Concentración de Compuestos Bioactivos. En la Tabla 41, se detallan las cantidades de antocianinas totales y fenoles totales presentes en la bráctea, coronta y en el grano del maíz morado INIA 601, siendo que los campos magnéticos no influyen significativamente; sin embargo, existió una cierta diferencia en el que sobresale las muestras con CME, respecto a las antocianinas totales tanto en las tres muestras de la mazorca; por otro lado, la mayor concentración de fenoles totales presentes en la bráctea destaca el tratamiento con CMP, en la coronta el SCM y en el grano el CME. El lugar de procedencia no influye significativamente en las antocianinas totales y en los fenoles totales de las muestras de la bráctea, coronta y grano, con excepción de los fenoles totales presentes en la bráctea, el cual resalta el lugar de Cochamarca con un mejor resultado.

Tabla 41

Antocianinas totales y fenoles totales de las muestras de maíz morado INIA 601

Variables			Antocianinas Totales (mg C3G/gss)			Fenoles totales (mg EAG/gss)		
			Bráctea	Coronta	Grano	Bráctea	Coronta	Grano
Trat.	SCM	$\bar{x}$	6,953 ^a	9,467 ^a	1,015 ^a	26,834 ^a	21,063 ^a	2,069 ^a
		Desvest.	1,266	1,125	0,166	2,870	1,977	0,249
	CME	$\bar{x}$	7,351 ^a	9,539 ^a	1,145 ^a	26,263 ^a	19,100 ^a	2,227 ^a
		Desvest.	0,404	0,557	0,147	1,781	0,544	0,259
	CMP	$\bar{x}$	6,984 ^a	9,187 ^a	1,096 ^a	28,253 ^a	19,283 ^a	2,014 ^a
		Desvest.	1,360	0,933	0,239	1,960	1,845	0,259
Lugar	Cajabamba	$\bar{x}$	6,555 ^a	9,342 ^a	1,113 ^a	25,634 ^a	20,105 ^a	2,081 ^a
		Desvest.	1,099	0,840	0,181	3,166	1,507	0,341
	Cochamarca	$\bar{x}$	7,636 ^a	9,453 ^a	1,057 ^a	28,599 ^b	19,525 ^a	2,059 ^a
		Desvest.	0,920	0,902	0,186	1,240	1,404	0,170
Valor – p, lugar			0,058	0,826	0,442	0,008	0,423	0,689
Valor – p, Tratamiento			0,796	0,833	0,353	0,264	0,069	0,281

4.1.5. Análisis de la Actividad Antioxidante

Tabla 42

Actividad antioxidante de las muestras de maíz morado INIA 601 y los bloques experimentales

Bloque	Lugar	Tratamiento	Actividad Antioxidante (μg /ml Sol. DPPH)		
			Grano	Tusa o Coronta	Panca o bráctea
I	Cajabamba	SCM	653,677	167,354	134,477
	Cajabamba	CME	620,493	190,166	111,097
	Cajabamba	CMP	655,259	167,297	97,309
	Cochamarca	SCM	654,385	107,405	86,009
	Cochamarca	CME	669,328	92,690	66,711
	Cochamarca	CMP	669,982	145,333	80,389
II	Cajabamba	SCM	711,676	180,371	128,048
	Cajabamba	CME	588,134	192,208	111,652
	Cajabamba	CMP	635,408	185,306	95,894
	Cochamarca	SCM	628,526	106,010	95,441
	Cochamarca	CME	645,205	92,969	68,614
	Cochamarca	CMP	590,062	142,617	81,795
III	Cajabamba	SCM	655,198	173,614	133,864
	Cajabamba	CME	592,100	176,090	108,904
	Cajabamba	CMP	645,855	188,680	98,113
	Cochamarca	SCM	687,331	105,805	89,319
	Cochamarca	CME	658,767	87,800	68,980
	Cochamarca	CMP	647,010	136,062	74,876
IV	Cajabamba	SCM	569,055	167,711	132,181
	Cajabamba	CME	611,189	191,269	102,586
	Cajabamba	CMP	576,819	192,286	102,854
	Cochamarca	SCM	699,149	100,680	85,109
	Cochamarca	CME	621,366	94,938	78,346
	Cochamarca	CMP	542,700	131,505	103,300

4.1.5.1. Actividad Antioxidante de Grano del Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 43, se observa el ANOVA, para la actividad antioxidante del grano de maíz morado INIA 601, a un 95 % de confianza, no existen diferencias significativas, respecto al bloque, lugar de siembra y tratamiento aplicado.

Tabla 43

Análisis de varianza para actividad antioxidantes de grano (μg /ml Sol. DPPH')

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	9 115,98	3	3 038,66	2,17	0,1287
B: Lugar	1 649,18	1	1 649,18	1,18	0,2926
C: Tratamiento	6 381,77	2	3 190,88	2,28	0,1325
Residuos	2 3771,5	17	1 398,32		
Total (corregido)	4 0918,4	23			

4.1.5.2. Actividad Antioxidante de Coronta de Maíz Morado INIA 601. En la tabla 44, se observa el ANOVA para la actividad antioxidante de la coronta o tusa de maíz morado INIA 601, a un 95 % de nivel de confianza, existe diferencia significativa respecto al lugar de siembra y tratamiento aplicado.

Tabla 44

Análisis de varianza para actividad antioxidantes de coronta (μg /ml Sol. DPPH')

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	102,728	3	34,2427	0,18	0,9115
B: Lugar	2 8603,1	1	2 8603,1	146,60	0,0000
C: Tratamiento	2 573,3	2	1 286,65	6,59	0,0076
Residuos	3 316,82	17	195,107		
Total (corregido)	34 596,0	23			

4.1.5.2.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Coronta (μg /ml Sol.

DPPH) por Lugar. En la Tabla 45, se muestra la comparación de grupos homogéneos para la actividad antioxidante de la coronta de maíz morado, a un nivel de confianza del 95 %, siendo que las muestras de Cajabamba requieren 181,029 μg y Cochamarca 111,985 μg de extracto / ml de sol. de *DPPH*.

Tabla 45

*Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de coronta (μg /ml Sol. *DPPH*) por lugar*

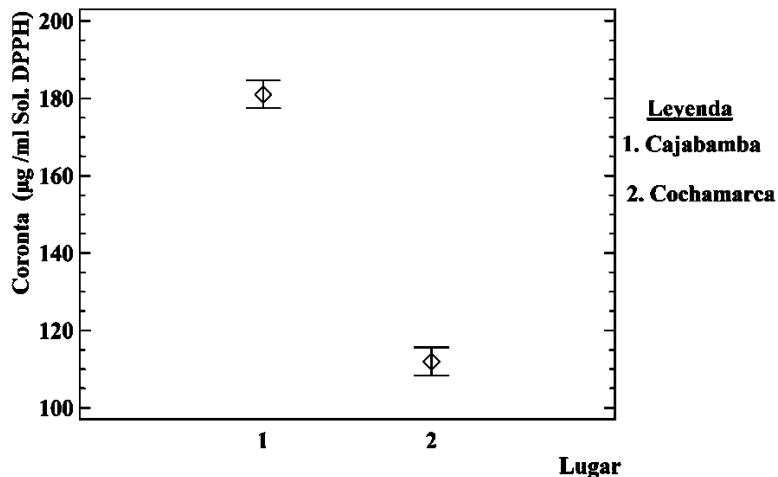
Lugar	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
2	12	111,985	14,03223	a
1	12	181,029	14,03223	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2	*	69,0448	12,0311	

* indica una diferencia significativa.

En la Figura 19, se muestra la gráfica de las medias e intervalos a un 95 % de nivel de confianza de la prueba de comparación de Tukey de la actividad antioxidante de la coronta o tusa de maíz morado INIA 601, respecto al lugar de siembra.

Figura 19

*Medias e intervalos de 95 % de Tukey para actividad antioxidante de coronta (μg /ml Sol. *DPPH*) por lugar*



4.1.5.2.2. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Actividad Antioxidante

de Coronta ($\mu\text{g} / \text{ml}$ Sol. DPPH') por Tratamiento. En la Tabla 46, se muestra la comparación de grupos homogéneos de la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95 % para la actividad antioxidante de la coronta de maíz morado INIA 601, respecto al tratamiento aplicado, siendo que el CMP (3) requiere 161,136 μg , el CME (2) la cantidad de 139,766 μg y el SCM de 138,619 μg de extracto / ml sol. de DPPH'.

Tabla 46

Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de coronta ($\mu\text{g} / \text{ml}$ Sol. DPPH') por tratamiento

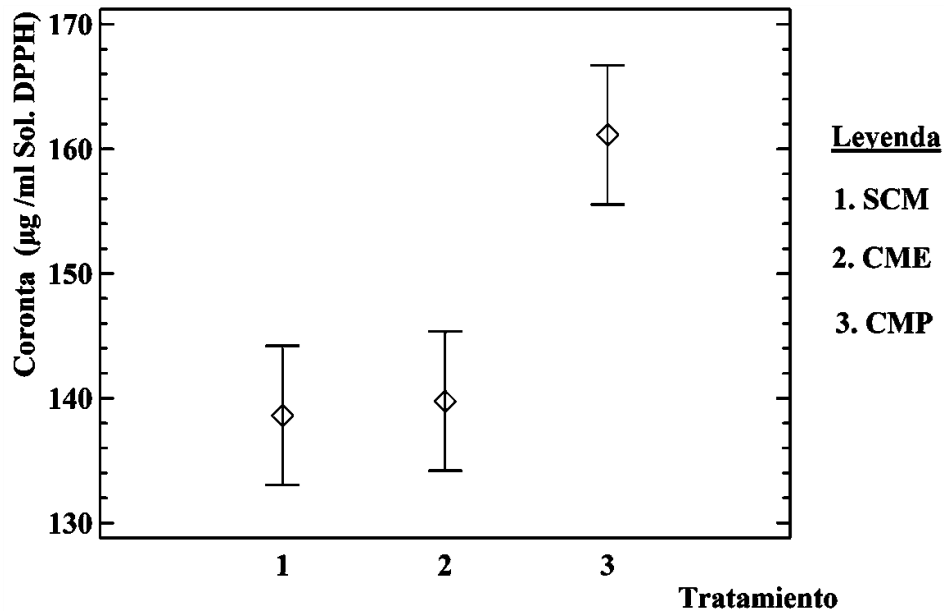
Tratamiento	N	Media LS	Sigma LS	Grupos homogéneos
1	8	138,619	4,93846	a
2	8	139,766	4,93846	a
3	8	161,136	4,93846	b
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
1 - 2		-1,1475	17,9257	
1 - 3	*	-22,517	17,9257	
2 - 3	*	-21,3695	17,9257	

* indica una diferencia significativa.

En la Figura 20, se observa las medias e intervalos a un nivel de confianza del 95 % de la prueba de comparación Tukey de la actividad antioxidante de la coronta de maíz morado INIA 601, mostrando la diferencia entre tratamientos aplicados.

Figura 20

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para actividad antioxidante de coronta ($\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}$) por tratamiento



4.1.5.3. Análisis de Varianza para Actividad Antioxidante de Bráctea ($\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}$).

En la Tabla 47, se observa el ANOVA a un nivel de confianza del 95 %, de la actividad antioxidante de la bráctea, existe diferencias significativas, respecto al lugar de siembra ($p=0,0000$) y al tratamiento aplicado ($p = 0,0008$).

Tabla 47

Análisis de varianza para actividad antioxidante de bráctea ($\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}$)

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-p
Efectos principales					
A: Bloque	97,4536	3	32,4845	0,34	0,7974
B: Lugar	5 956,34	1	5 956,34	62,16	0,0000
C: Tratamiento	2 119,26	2	1059,63	11,06	0,0008
Residuos	1 628,86	17	95,8153		
Total (corregido)	9 801,91	23			

4.1.5.3.1. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Bráctea (μg /ml Sol.

DPPH') por Lugar. En la Tabla 48, se observa la comparación de grupos homogéneos para la actividad antioxidante de la bráctea o panca, con un nivel de confianza del 95 % de la prueba de comparación Tukey, siendo que, las muestras del lugar de Cajabamba (1) requieren 113,082 μg de extracto y las muestras de Cochamarca (2) de 81,574 μg de extracto/ ml de sol. de DPPH', con una diferencia significativa de 31,508.

Tabla 48

Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de bráctea (μg /ml Sol. DPPH') por lugar

<i>Lugar</i>	<i>N</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
2	12	81,5741	2,8257	a
1	12	113,082	2,8257	b
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	
1 - 2	*	31,5075	8,43116	

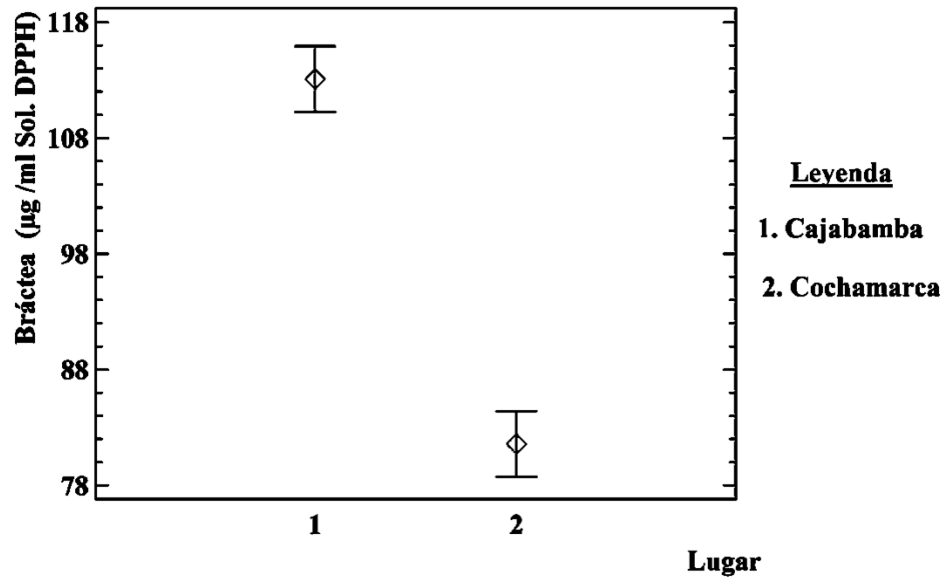
* indica una diferencia significativa.

En la Figura 21, se observa las medias e intervalos con un nivel de confianza del 95 % de la prueba de comparación Tukey, para la actividad antioxidante de la bráctea o panca.

Figura 21

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para Actividad Antioxidante de Bráctea (μg /ml Sol.

DPPH) por Lugar



4.1.5.3.2. Pruebas de Comparaciones Múltiples de Tukey para Bráctea (μg /ml Sol.

DPPH) por Tratamiento. En la Tabla 49, se muestra la comparación de grupos homogéneos a un nivel de confianza del 95 % de la prueba Tukey para la actividad antioxidante de la bráctea o panca, respecto al tratamiento aplicado, siendo que el CMP (3) requiere 91,816 μg de extracto, el CME (2) de 89,611 μg de extracto y el SCM (1) de 110,556 μg de extracto/ml de sol. de DPPH; como se observa los tratamientos con campos magnéticos se encuentran en un solo grupo (A).

Tabla 49

Comparaciones de grupos homogéneos para actividad antioxidante de bráctea ($\mu\text{g/ml Sol. DPPH}$) por tratamiento

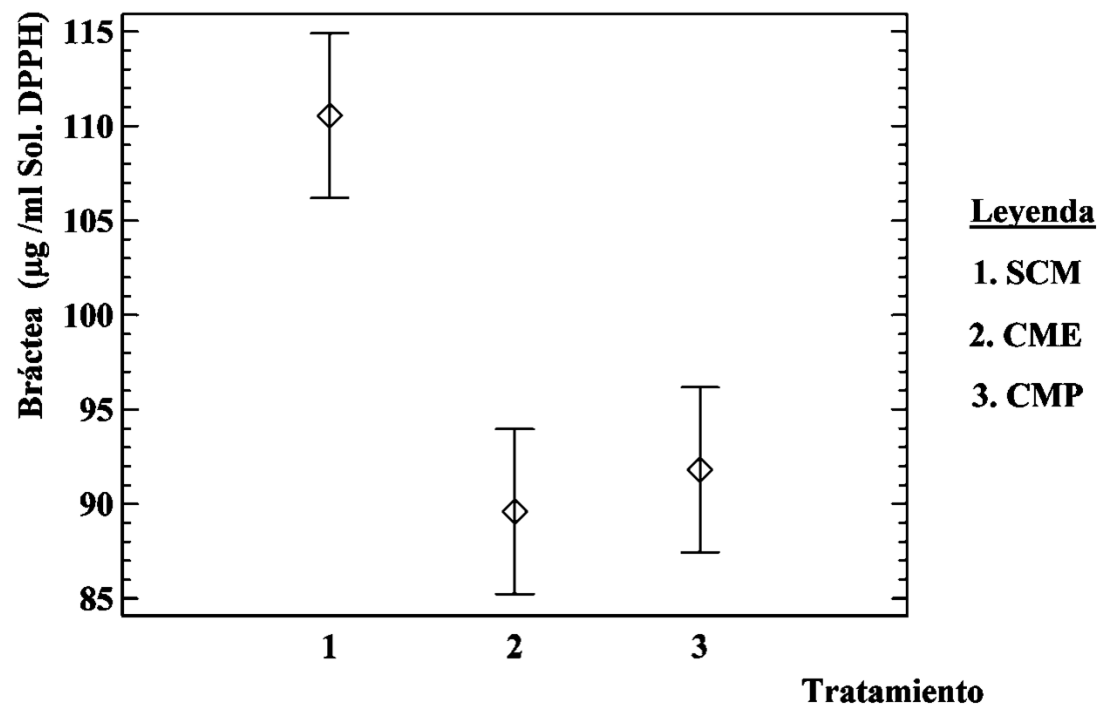
<i>Tratamiento</i>	<i>N</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos homogéneos</i>
2	8	89,6112	3,46077	a
3	8	91,8162	3,46077	a
1	8	110,556	3,46077	b
<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>	
1 - 2	*	20,9447	12,5619	
1 - 3	*	18,7398	12,5619	
2 - 3		-2,205	12,5619	

* indica una diferencia significativa.

En la Figura 22, se observa las medias e intervalos de confianza de 95 % para la actividad antioxidante de la bráctea de la prueba de Tukey, respecto al tratamiento aplicado.

Figura 22

Medias e intervalos de 95 % de Tukey para actividad antioxidante de bráctea ($\mu\text{g/ml Sol. DPPH}$) por tratamiento



4.1.5.4. Resumen de la Actividad Antioxidante de la Bráctea, Coronta y Grano del

Maíz Morado INIA 601. En la Tabla 50, se muestran los resultados de la actividad antioxidante de la bráctea, coronta y grano de maíz morado INIA 601, respecto al tratamiento aplicado hay diferencia significativa en las muestras de bráctea, siendo con mejor actividad antioxidante es CME y CMP, por lo que se requiere menos cantidad de extracto para inhibir 1 ml de solución del radical DPPH y en la coronta el CMP es el que requiere más cantidad de solución para inhibir la misma cantidad de radicales libres en comparación con los demás tratamientos; por otro lado, en las muestras de grano, no hay diferencia significativa, sin embargo, se observan mejores resultados las muestras con campos magnéticos. Respecto al lugar de procedencia, hay diferencia significativa, siendo las muestras de Cochamarca con mejores resultados en comparación con las de Cajabamba, con excepción de las muestras del grano.

Tabla 50

Actividad antioxidante de la bráctea, coronta y grano de maíz morado INIA 601

Variables		Actividad Antioxidante (µg / ml Sol. DPPH')			
Trat.	SCM	$\bar{x}$	Bráctea	Coronta	Grano
		Desvest.	110,556 ^b	138,619 ^a	657,375 ^a
	CME	$\bar{x}$	3,788	4,535	45,432
		Desvest.	89,612 ^a	139,766 ^a	625,823 ^a
	CMP	$\bar{x}$	4,687	5,322	18,061
		Desvest.	91,816 ^a	161,136 ^b	620,387 ^a
Lugar	Cajabamba	$\bar{x}$	7,760	8,686	46,324
		Desvest.	113,081 ^b	181,029 ^b	626,239 ^a
	Cochamarca	$\bar{x}$	3,356	8,277	36,598
		Desvest.	81,574 ^a	111,984 ^a	642,818 ^a
	Valor – p, lugar		7,466	4,085	36,713
	Valor – p, Tratamiento		0,000	0,000	0,293
		0,001	0,008	0,133	

4.2. Contrastación de Hipótesis

Si H_0 $p \geq 0,05$: la hipótesis nula se acepta.

Si H_1 $p < 0,05$: la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa se acepta.

4.2.1. Características Físicas

Los campos magnéticos no influyen significativamente en las características físicas de: Días a la Floración Masculina (DFM), Días a la Floración Femenina (DFF), altura de planta, N° de mazorcas/ planta y porcentaje ponderado de pudrición, Por lo tanto, la H_0 , se acepta para las características físicas evaluadas, excepto para la longitud de mazorca.

Para longitud de mazorca el valor $p = 0,0001$; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa.

4.2.2. Rendimiento de Producción

Los campos magnéticos no influyen significativamente en el rendimiento de producción ($p=0,99$), por lo tanto, la Hipótesis nula se acepta.

4.2.3. Concentración de Compuestos Bioactivos

Respecto al contenido de antocianinas totales y fenoles totales los campos magnéticos no influyen significativamente, por lo que la Hipótesis nula (H_0) se acepta.

4.2.4. Actividad Antioxidante

Para la actividad antioxidante en las muestras de coronta y brácteas, los campos magnéticos influyen significativamente ($p = 0,0076$ y $p = 0,0008$ respectivamente), por lo tanto, la hipótesis alternativa (H_1) se acepta.

4.3. Discusión de Resultados

4.3.1. Características Físicas

4.3.1.1. Días a la Floración Masculina y Femenina. Los campos magnéticos tanto estáticos como pulsados, no mostraron un impacto significativo en el desarrollo de la floración masculina (DFM) ni en la floración femenina (DFF) de la planta de maíz morado INIA 601. Sin embargo, se observó una diferencia significativa entre los distintos lugares de siembra, atribuida en parte a las variaciones de las temperaturas, precipitaciones y la cantidad de horas de sol. En Cajabamba, el tiempo de floración fue más corto, a los 92,2 días para la floración masculina y 98,9 días para la femenina. Esto se asocia con un clima cálido y una mayor cantidad de horas de sol, factores que aceleran la fluorescencia y favorecen a la fotosíntesis. Cajabamba presenta una temperatura mínima de 12 °C y una máxima de 23 °C, con una precipitación de 3,5 mm y un promedio de 5,47 horas de sol (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENHAMI, 2024). Estos factores, aunque no coinciden completamente con las óptimas establecidas por Kogut (2023), la temperatura diurna de 25 a 33 °C, nocturna de 17 a 23 °C y de 6 a 8 horas de luz solar, lo que genera un estrés en el cultivo. Este estrés, provocado por las horas de sol y las condiciones climáticas, pueden estimular al cultivo a una mayor absorción de nutrientes, lo que atribuye a un desarrollo más rápido.

En cambio, Cochamarca presentó un tiempo de floración más prolongado, posiblemente debido a sus condiciones climáticas distintas. Con una temperatura mínima de 7,9 °C y una de 20,49 °C, una precipitación de 2,87 mm y solo 3,2

horas de sol al día (SENHAMI, 2024), Cochamarca no proporciona un ambiente propicio para el desarrollo de las fluorescencias en un tiempo más corto como Cajabamba. La menor cantidad de horas de sol y las temperaturas más bajas pueden reducir la eficiencia en la fotosíntesis (Mohamed et al., 2017), retrasando la floración. Además, la menor precipitación en Cochamarca también podría limitar la cantidad de agua disponible, lo que influye negativamente en la absorción de nutrientes y en el desarrollo del cultivo.

4.3.1.2. La Altura de Planta. Los campos magnéticos no influyeron en la altura de planta del maíz morado INIA 601, en cambio, existió una pequeña diferencia en comparación con el cultivo convencional o SCM. Sin embargo, algunos estudios indican que la exposición de semillas a un campo magnético antes de sembrarlas puede tener efectos positivos en la altura de planta en otros cultivos.

Estudios como el de Kutby et al. (2020) demostraron el aumento de la altura de la planta en cultivos de tomate (*Lyccopersicon esculentum* L.), después de exponer las semillas a campos magnéticos. De igual modo, El-Yazied et al. (2012), emplearon el agua de riego tratada con campos magnéticos en tomate Castlerock, también obtuvieron un incremento de la altura de la planta; esto se le atribuye a que los campos magnéticos incrementan la actividad enzimática de las semillas (Suárez, 2023), lo que facilita una mejor absorción de nutrientes tales como: Mg, Ca, Fe, K, P y Na; además, los campos magnéticos bioestimulan a la membrana plasmática de las células permitiendo una mejor permeabilidad (Taimourya et al., 2017) y en consecuencia una mejora en la absorción de agua y nutrientes. Por otro lado, respecto al lugar de procedencia del maíz morado, se

observaron diferencias significativas en altura de planta, siendo que en Cajabamba se obtuvo la mayor altura de planta, llegando a medir hasta 2,34 m, debido a que las condiciones climáticas favorecieron el desarrollo del cultivo, principalmente a las horas diarias de sol, superando así a las plantas cultivadas en Cochamarca, las cuales llegaron a medir 2,21 m. Las condiciones ambientales específicas de los lugares de siembra fueron determinantes en el desarrollo de la planta del maíz morado INIA 601.

4.3.1.3. Número de Mazorcas por Planta. Los campos magnéticos no influyeron significativamente en el número de mazorcas por planta; en cambio, para el lugar de procedencia se observó diferencia significativa, reportándose en Cajabamba 0,72 y en Cochamarca 0,99 mazorcas por planta, muy cercano a la unidad, característico de esta variedad INIA 601, que está entre 1 a 2 mazorcas por planta (Estación Experimental Agraria Baños del Inca, 2014b). Cajabamba presentó un resultado inferior, en parte debido al ataque de *Euxesta spp*, en su estado larval, esta se alimenta de los estigmas (Bertolaccini et al., 2018), afectando así el transporte del polen, necesario para la formación de grano de la mazorca; por otro lado, presentó una mayor altura de planta, quedando propensas al viento, como resultado de ello, dio lugar a un mayor porcentaje de acame de tallo y de raíz.

4.3.1.4. Longitud de Mazorca. Respecto a la longitud de mazorca del maíz morado INIA 601, los campos magnéticos influyeron de manera significativa, siendo el tratamiento con mayor longitud de mazorca el con campos magnéticos pulsados, superando los 16,5 cm, tanto en Cajabamba como en Cochamarca; debido a que, estos inciden en el estiramiento de los enlaces Carbono – Oxígeno del almidón,

pero mantiene sin modificaciones los cristales de la glucosa, siendo los responsables de una elevada reserva de energía (Suárez, 2023); además, depende de la fertilización del suelo con N, P y K, llegando hasta 18,76 cm con una alta fertilización (Huaychani, 2022); también han sido aplicados a sésamo (*Sesamum indicum*), encontrándose un mejor tamaño y peso de fruto (Tirono et al., 2021); incluso, se ha empleado agua de riego tratada con campos magnéticos con un dispositivo de imanes de 136 mT para el cultivo de plátano Williams, incrementándose la longitud y peso del plátano (El-Kholy et al., 2015), en cultivos de maíz y soja los campos magnéticos incrementan la actividad de la α -amilasa y proteasa, generan más radicales libres (Kataria et al., 2017a), de manera similar en cultivos de arroz (Luo et al., 2022) y en haba (Podleśna et al., 2019). Los lugares de siembra no influyeron significativamente en la longitud de mazorca del maíz morado INIA 601, en Cajabamba se obtuvo 16,48 cm y en Cochamarca 16,33 cm, las condiciones climáticas contribuyeron en Cajabamba a ser mayor la longitud de mazorca.

4.3.1.5. Porcentaje de Pudrición de Mazorca. Para el porcentaje de pudrición de las mazorcas del maíz morado INIA 601, los campos magnéticos no influyeron de manera significativa; en cambio, el lugar de procedencia si influye, siendo de 19,99 % en Cajabamba en comparación con Cochamarca que fue de 9,65 %, mostrando una diferencia de 10 %; debido a las condiciones climatológicas distintas en cada lugar de siembra, a las fluctuaciones de la temperatura durante el ciclo de cultivo, la humedad del suelo, la humedad relativa, los daños por aves, promueven la proliferación de hongos, el impacto del insecto *Eusesta sp.* la cuál

ataca a las mazorcas desde la fase de formación de pistilos y continúa durante el desarrollo del grano (Alicia Medina et al., 2020b). Además, la aplicación de campos magnéticos en otros cultivos como en sésamo, favorece a la resistencia de *F. oxysporum* (Tirono et al., 2021) y en el cultivo de maíz, disminuyen en un 10 % la presencia de *Fusarium spp.* con una intensidad de 3,6 mT durante 12 minutos (Zepeda et al., 2019b).

4.3.2. Rendimiento de Producción

Los campos magnéticos no influyeron de manera significativa en el rendimiento de producción del maíz morado INIA 601; sin embargo, estudios realizados afirman que, el pretratamiento con campos magnéticos a semillas antes de sembrarlas, mejora el metabolismo del carbono y el nitrógeno, evidenciando un aumento en el rendimiento de producción de los cultivos, a pesar de que éstos sean cultivados en suelos salinos (Baghel et al., 2016); además, mejora la absorción de iones (Martinez et al., 2017), debido a una elevada energía activa en las soluciones de electrolitos celulares (Faten, 2014) y a una mejor membrana de la cubierta de la semilla, reduciendo la fuga celular y la conductividad eléctrica, (Vashisth y Joshi, 2017). En nuestro estudio se evidenció las diferencias significativas respecto al lugar de procedencia, siendo que, en Cajabamba, existió más acame tanto de tallo y raíz, dando lugar a las pudriciones debido a los factores adversos del cambio climático, tales como: el incremento de la temperatura y la variación de las precipitaciones lo que reducen significativamente el rendimiento en el cultivo de maíz, viéndose afectado en diversas etapas del desarrollo vegetativo; complementario a ello, el incremento de plagas y enfermedades (Ahumada et al., 2014).

4.3.3. Compuestos Bioactivos Presentes en el Maíz Morado

Los campos magnéticos, influyen en otras características distintas a las evaluadas, sin embargo existen estudios que, los campos magnéticos aplicados a semillas de soya antes de sembrarlas, regula el metabolismo de las proteínas de almacenamiento, incrementando a la producción de las globulinas y reduciendo la producción de prolamina; además, aumenta el contenido de lípidos, debido al incremento de producción varios ácidos grasos, ácido caprílico, palmítico, heptadecanoico, linoleico, lignocérico y eicosapentaenoico (Radhakrishnan, 2018); así como en el anterior estudio, los campos magnéticos pueden afectar o influir en compuestos más específicos; también se han aplicado campos magnéticos a brotes de toronjil con una exposición de 50 mT durante 1 hora, logrando aumentar el contenido de fenoles y flavonoides (Ulgen et al., 2021); concentran compuestos minerales en ciertas partes de la planta, tal es el caso del tomate Castlerock que se encontró P en las hojas de la planta (El-Yazied et al., 2012). Algunas investigaciones reportadas, Asundi et al. (2024), han aplicado campos magnéticos a la microalga *Chlorella vulgaris*, evaluaron la cantidad de compuestos, aumentando en un 15,6 % de proteína y 20,4 % de betacaroteno en la microalga; de manera similar, Medeiros et al. (2017), reportaron un aumento en un 13,7 % biosíntesis de lípidos y un 25 % de carotenoides totales en la microalga *Chlorella kessleri* y Mosquera et al. (2016), reportó un aumento de la biomasa en un 20,5 % y un 24,8 % de carbohidratos en la microalga *Chlorella fusca*. Los campos magnéticos, de acuerdo a los estudios anteriores tienen efecto en las macromoléculas, no existiendo efectos en los compuestos bioactivos como los reportados en nuestro estudio.

4.3.4. Actividad Antioxidante de las Muestras de Maíz Morado INIA 601

Las condiciones de cada lugar de siembra tanto de Cajabamba y Cochamarca son diversas, lo que han favorecido a que exista una a diferencia significativa en los fenoles totales de la bráctea

o panca y en las actividades antioxidantes, estudios indican que, la temperatura mínima en temporada seca puede afectar al contenido de compuestos fenólicos en maíz morado, aumentando el contenido de antocianinas totales, fenoles totales y actividad antioxidante (Duangpapeng et al., 2019) ; por otra parte, las temperaturas bajas y la radiación UV durante el cultivo de maíz morado, favorecen a la acumulación de antocianinas y actividad antioxidante, debido a una mayor biosíntesis (Khampas et al, 2015); además las altas radiaciones UV y bajas temperaturas, generan un estrés en el cultivo, estimulando a una mayor biosíntesis de antocianinas y almacenamiento de compuestos fenólicos en la coronta y en la panca (Mohamed et al., 2017).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los campos magnéticos influyeron significativamente únicamente en la longitud de mazorca, siendo de 16,89 cm con CMP, 16,53 cm con CME, en comparación con el cultivo convencional o SCM que fue de 15,79 cm, lo que se le atribuye a que los campos magnéticos inciden en el estiramiento de los enlaces Carbono – Oxígeno del almidón. Por otro lado, los lugares de procedencia influyeron en las características físicas, siendo que en Cajabamba el tiempo transcurrido desde la siembra hasta las fluorescencias fue de 92,2 días para DFM y de 98,93 días para DFF; además, se obtuvieron las plantas más altas llegando a medir 2,42 cm. En cambio, en Cochamarca las mejores características fueron para N° de mazorcas por planta siendo de 0,99 y un menor porcentaje de pudrición que fue de 9,65 % en comparación con el 19,99 % de Cajabamba, debido a las condiciones climáticas adversas.
- Los campos magnéticos no influyeron en el rendimiento de producción del maíz morado INIA 601, pero sí el lugar de procedencia, en Cajabamba fue de 3,35 t/ha, parte de este bajo rendimiento, fue al alto porcentaje de acame de raíz, acame de tallo y porcentaje de pudrición de las mazorcas, en comparación con las muestras de Cochamarca, que el rendimiento fue de 4,89 t/ha. Las mejores condiciones para obtener un alto rendimiento fue Cochamarca.
- Los campos magnéticos no influyeron en la concentración de antocianinas y fenoles totales en las muestras de grano, coronta ni en bráctea del maíz morado INIA 601; en cambio, sí influyó de manera significativa el lugar de procedencia en: El contenido de fenoles totales de la bráctea, siendo que las muestras procedentes de Cajabamba presentaron 25,63 mg

EAG/gss y Cochamarca presentó 28,60 mg EAG/gss, debido a las variaciones de las temperaturas entre el día y la noche que presenta Cochamarca, son las que favorecen la formación de compuestos bioactivos.

- Los campos magnéticos estáticos y pulsados influyeron significativamente en la actividad antioxidante, en las muestras de bráctea, que fue de 89,612 y 91,816 $\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}^{\cdot}$ respectivamente, en comparación con el SCM que fue de 110,556 $\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}^{\cdot}$, lo cual las semillas tratadas requirieron una menor cantidad de extracto para inhibir los radicales libres del DPPH y en las muestras de coronta el SCM junto con el tratamiento con CME requirieron menor cantidad de extracto en comparación con el CMP. El lugar de procedencia influyó en las muestras, siendo que Cajabamba presentó 113,081 $\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}^{\cdot}$ en bráctea y 181,03 $\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}^{\cdot}$ en coronta, en comparación con las muestras de Cochamarca que fueron de 81,574 $\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}^{\cdot}$ en bráctea y 111,99 $\mu\text{g} / \text{ml Sol. DPPH}^{\cdot}$ en coronta, mientras más contenido de fenoles presentes se requiere menor cantidad de extracto para inhibir los radicales libres de DPPH.

5.2. Recomendaciones

- Realizar otras investigaciones con distintas tecnologías que favorezcan mejores desarrollos vegetativos e incrementación de compuestos; además, incluir otras variedades de maíces.
- Evaluar el efecto de los campos magnéticos en otros componentes del maíz morado y en otras variedades.
- Considerar un estudio de la aplicación de campos magnéticos en la fase vegetativa en campo definitivo para evaluar su influencia.
- Remojar las semillas antes de someterlas a los campos magnéticos, para ver la influencia que tienen en el cultivo de maíz.

- Realizar caracterizaciones de otras macromoléculas para ver su influencia de los campos magnéticos en el maíz morado INIA 601 y modificaciones estructurales.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Ahumada, R., Velázquez, G., Flores, E. y Romero, J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.*, 22(61), 48-53. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67431579007.pdf>
- Aladjadjiyan, A. (2002). Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of Zea mays. *Journal of Central European Agriculture*, 3(2), 90-94. https://www.researchgate.net/publication/27200594_Study_of_the_influence_of_magnetic_field_on_some_biological_characteristics_of_Zea_mays
- Alattar, E., Elwasife, K. y Radwan, E. (2021). Effects of magnetic field treated water on some growth parameters of corn (Zea mays) plants. *AIMS Biophysics*, 8(3), 266-288. <https://doi.org/10.3934/biophy.2021021>
- Albarici, T. R., De Freitas, D. y Cruz, J. D. (2009). *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Ministério da Agric* Protocolos de análises para polpa de açaí: um guia prático de consulta. cnptia.embrapa. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/12189/1/LI_2009.pdf
- Andina. (2021, noviembre 26). *Maíz morado: recuerda los beneficios a la salud que brinda este superalimento peruano* | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-maiz-morado-recuerda-los-beneficios-consumir-este-superalimento-peruano-811243.aspx>
- Andina. (2022a, marzo 4). *El maíz morado es sensación en Cajamarca y cautiva a mercados de Europa y EE.UU.* Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-el-maiz-morado-es-sensacion-cajamarca-y-cautiva-a-mercados-europa-y-eeuu-883369.aspx>

- Andina. (2022b, julio 31). *Seis regiones ya cultivan novedoso maíz morado INIA 601 de gran beneficio para la salud* | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-seis-regiones-ya-cultivan-novedoso-maiz-morado-inia-601-gran-beneficio-para-salud-903712.aspx>
- Anjali, A. y Devendra, K. J. (2012). El pretratamiento de semillas con campo magnético estático mejora el estrés hídrico del suelo en plántulas de mays (*Zea mays* L.). *Revista India de Bioquímica y Biofísica*, 49(1), 63-70. https://www.researchgate.net/publication/266686376_Pre-treatment_of_seeds_with_static_magnetic_field_ameliorates_soil_water_stress_in_seedling_of_mays_Zea_mays_L
- Arteaga, H. (2019a). *Efeito dos campos magnéticos pulsados no congelamento de alimentos: aprimoramento da técnica e sua aplicação em Mirtilo*. Universidad de São Paulo.
- Arteaga, H. (2019b). *Efeito dos campos magnéticos pulsados no congelamento de alimentos: aprimoramento da técnica e sua aplicação em Mirtilo*. Universidad de São Paulo.
- Astrid, G. (2008). LAS ANTOCIANINAS COMO COLORANTES NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS: REVISIÓN. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2008000300002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Asundi, S., Rout, S., Stephen, S., Khandual, S., Dutta, S. y Kumar, S. (2024). Parametric Study of the Effect of Increased Magnetic Field Exposure on Microalgae *Chlorella vulgaris* Growth and Bioactive Compound Production. *Phycology* 2024, Vol. 4, Pages 314-329, 4(2), 314-329. <https://doi.org/10.3390/PHYCOLOGY4020016>

- Baghel, L., Kataria, S. y Guruprasad, K. N. (2016). Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*, 37(7), 455-470. <https://doi.org/10.1002/BEM.21988>
- Bertolaccini, I., Curis, M. C., Lute, A., Favaro, J. C., Bollad, L. y Gallardo, F. (2018). EFECTO DE *Euxestophaga argentinensis* (HYMENOPTERA, FIGITIDAE) SOBRE LARVAS DE LA MOSCA DE LA MAZORCA *Euxesta* sp. EN DOS FECHAS DE SIEMBRA DE MAÍZ DULCE. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 34(3), 185-190. <https://revistas.udec.cl/index.php/chjaas/article/view/844>
- Castro, C. y McNab, A. (2004). *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo*.
- Ccaccya, A. (2020). *Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del maíz morado Zea Mays L. procedente de tres regiones del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Ccaccya, A. M. (2020). *Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del maíz morado Zea Mays L. procedente de tres regiones del Perú* [Maestría]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Chatham, L. A., Paulsmeyer, M. y Juvik, J. A. (2019). Prospects for economical natural colorants: insights from maize. *Theoretical and Applied Genetics* 2019 132:11, 132(11), 2927-2946. <https://doi.org/10.1007/S00122-019-03414-0>
- Cordero, B. C., Mariño, M. y Torres, K. J. (2018). *Aceptación de la bebida de maíz morado (Zea mays L.) y aguaymanto (Physalis peruviana L.) en la comunidad universitaria de la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle*. Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Trabajo de Pregrado.

- De La Torre, F. (2019). *UNIDAD 1: Introducción al magnetismo*. rephip.
<https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/16744/21502-19> ACCIONAMIENTOS
 ELECTROMECAÑICOS Introducción al magnetismo.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Duangpapeng, P., Lertrat, K., Lomthaisong, K., Scott, M. P. y Suriharn, B. (2019). Variability in Anthocyanins, Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity in the Tassels of Collected Waxy Corn Germplasm. *Agronomy* 2019, Vol. 9, Page 158, 9(3), 158.
<https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9030158>
- Egusquiza, T. A. (2019). Formulación de filtrante a base de coronta de maíz morado (Zea mays L) endulzado con estevia. *Repositorio@ulcb.edu*, 1, 1-51.
- El-Kholy, M. F., Samia, S. y Farag, A. A. (2015). Effect of magnetic water and different levels of NPK on growth, yield and fruit quality of Williams banana plant. *Nat. Sci*, 13(7), 94-101.
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Effect+of+Magnetic+Water+and+Different+Levels+of+NPK+on+Growth,+Yield+and+Fruit+Quality+of+Williams+Banana+Plant&author=El-Kholy,+M.F.&author=Samia,+S.&author=Hosny,+S.&author=Farag,+A.A.&publication_year=2015&journal=Nat.+Sci.&volume=13&pages=94%E2%80%93101
- El-Yazied, A., El-Gizawy, A., Khalf, S. y El-Satar, A. (2012). *Efecto de los tratamientos con campos magnéticos para semillas y agua de riego, así como los niveles de N, P y K, sobre la productividad de plantas de tomate*.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123262649>
- Estación Experimental Agraria Baños del Inca. (2014a). *Maiz Inia* 601.
<https://www.inia.gob.pe/wp->

content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-
amilaceo/INIA_601.pdf

Estación Experimental Agraria Baños del Inca. (2014b). *Maiz Inia 601*.

[https://www.inia.gob.pe/wp-](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_601.pdf)

[content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-
amilaceo/INIA_601.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/maiz-amilaceo/INIA_601.pdf)

Faten, D. (2014). Why Magnetic Fields are Used to Enhance aPlant's Growth and Productivity?

Annual Research & Review in Biology, 4(6), 886-896.

<https://www.journalarrb.com/index.php/ARRB/article/view/25220/47203>

García, M. (2016). *Contenido en antocianinas y compuestos fenolicos en diferentes trutos frescos y deshidratados*. Universidad Miguel Hernández de Elche.

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactios: Revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.

Gomez, I. (2009). Efectos De Los Campos Electromagnéticos Pulsados (Pemf) En El Cultivo De Las Stem Cells Circulantes. En *Tesis doctoral*. Universidad de Zaragoza.

Herrera, F., Betancur, D. y Segura, M. (2014). Compuestos bioactivos de la dieta con potencial en la prevención de patologías relacionadas con sobrepeso y obesidad; péptidos biológicamente activos. *Nutricion Hospitalaria*, 29(1), 10-20. <https://doi.org/10.3305/nh.2014.29.1.6990>

Huaychani, F. E. (2022). *Evaluación del comportamiento del maíz morado INIA 601 (Zea Mays L.) con tres niveles de fertilización en condiciones de 3450 msnm en Huanchac - Independencia - Huaraz - 2019*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5256>

Instituto Nacional de Salud. (2015, noviembre 5). *Maíz morado ayuda a prevenir cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares* | INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. [ins.gob.](https://ins.gob.pe/)

<https://web.ins.gob.pe/index.php/es/prensa/noticia/maiz-morado-ayuda-prevenir-cancer-de-colon-y-enfermedades-cardiovasculares>

- Isaac, E., Hernández, C., Domínguez, A. y Cruz, A. (2011). Effect of pre-sowing electromagnetic treatment on seed germination and seedling growth in maize (*Zea mays* L.). *Agronomía Colombiana*, 29(2), 405-411.
- Javed, N., Ashraf, M., Akram, N. A. y Al-Qurainy, F. (2011). Alleviation of Adverse Effects of Drought Stress on Growth and Some Potential Physiological Attributes in Maize (*Zea mays* L.) by Seed Electromagnetic Treatment. *Photochemistry and Photobiology*, 87(6), 1354-1362. <https://doi.org/10.1111/J.1751-1097.2011.00990.X>
- Jiménez, P. (2019, julio 23). *Conoce los beneficios del maíz morado*. eluniversal. <https://www.eluniversal.com.mx/menu/conoce-los-beneficios-del-maiz-morado>
- Jin, T. Z., Yu, Y. y Gurtler, J. B. (2017). Effects of pulsed electric field processing on microbial survival, quality change and nutritional characteristics of blueberries. *LWT*, 77, 517-524. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.12.009>
- Kang, M. K., Lim, S. S., Lee, J. Y., Yeo, K. M. y Kang, Y. H. (2013). Anthocyanin-Rich Purple Corn Extract Inhibit Diabetes-Associated Glomerular Angiogenesis. *PLoS ONE*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0079823>
- Kataria, S., Baghel, L. y Guruprasad, K. N. (2017a). Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 83-90. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2017.02.010>
- Kataria, S., Baghel, L. y Guruprasad, K. N. (2017b). Alleviation of Adverse Effects of Ambient UV Stress on Growth and Some Potential Physiological Attributes in Soybean (*Glycine max*)

- by Seed Pre-treatment with Static Magnetic Field. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(3), 550-565. <https://doi.org/10.1007/S00344-016-9657-3/METRICS>
- Khampas, S., Kamol Lertra, T., Lomthaisong, K., Simla, S. y Suriarn, B. (2015). Effect of location, genotype and their interactions for anthocyanins and antioxidant activities of purple waxy corn cobs. *Turkish Journal of Field Crops*, 20(1), 15-23. <https://doi.org/10.17557/00971>
- Koo, W. (2023, septiembre 11). *Maíz Morado Perú Exportación 2023 Agosto*. Agrodaperu. <https://www.agrodaperu.com/2023/09/maiz-morado-peru-exportacion-2023-agosto.html>
- Kutby, A. M., Al-Zahrani, H. S. y Hakeem, K. R. (2020). Role of Magnetic Field and Brassinosteroids in Mitigating Salinity Stress in Tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.). *Internacional Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(6), 306-319. www.ijert.org
- Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., Barnes, K. W., Eisele, ; T, Giusti, ; M M, Haché, ; J, Hofsommer, ; H, Koswig, ; S, Krueger, D. A., Kupina, ; S, Martin, ; S K, Martinsen, ; B K, Miller, T. C., Paquette, ; F, Ryabkova, ; A, Skrede, ; G, Trenn, ; U y Wightman, J. D. (2005). Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 88(5), 1269-1278. <https://doi.org/10.1093/JAOAC/88.5.1269>
- Luo, X., Li, D., Tao, Y., Wang, P., Yang, R. y Han, Y. (2022). Effect of static magnetic field treatment on the germination of brown rice: Changes in α -amylase activity and structural and functional properties in starch. *Food Chemistry*, 383, 132-392. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.132392>

- Manrique, R. (2022). *El súper maíz morado con que Cajamarca busca elevar la producción del grano - Redagráfica Perú*. 14 de marzo. <https://www.redagricola.com/pe/el-super-maiz-morado-con-que-cajamarca-busca-elevar-la-produccion-del-grano/>
- Mariaca, C. J., Zapata, M. y Uribe, P. (2016). Oxidación y antioxidantes: hechos y controversias . *Rev Asoc Colomb Dermatol*, 24(3), 162-173.
- Martinez, E., Florez, M. y Carbonell, M. V. (2017). Stimulatory Effect of the Magnetic Treatment on the Germination of Cereal Seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 2(1), 375-381. <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.1.47>
- Medeiros, L., Vieira, J. A., Centeno da Rosa, A. P. y Oliveira, L. (2017). Growth stimulation and synthesis of lipids, pigments and antioxidants with magnetic fields in *Chlorella kessleri* cultivations. *Bioresource technology*, 244(Pt 2), 1425-1432. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2017.06.036>
- Medina, A, Yoshino, M., Morita, T. y Maruyama, T. (2016). *Guía de Producción Comercial del Maíz Morado*. Repositorio Institucional INIA. http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/421/1/Medina-Guia_de_produccion_comercial.pdf
- Medina, Alicia, Guevara, M., Mondragón, J. C. y De La Fuente, J. (2022, marzo 2). *El maíz morado supera en rentabilidad a las demás variedades en la región Cajamarca*. Plataforma Digital Única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/regioncajamarca/noticias/587525-el-maiz-morado-supera-en-rentabilidad-a-las-demas-variedades-en-la-region-cajamarca>
- Medina, Alicia, Narro, L. A. y Chávez, A. (2020a). Purple corn (*Zea mays* L.) crop in the Peruvian Highlands: Adaptation and identification of high-yield and high anthocyanin content

- cultivars. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291-299.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Medina, Alicia, Narro, L. A. y Chávez, A. (2020b). Purple corn (*Zea mays* L.) crop in the Peruvian Highlands: Adaptation and identification of high-yield and high anthocyanin content cultivars. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291-299.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- Ministerio del Ambiente, M. (2018, diciembre). *LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ PERUANO CON FINES DE BIOSEGURIDAD* Ministerio del Ambiente. minam.gob.pe. <https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/Linea-de-base-maíz-LowRes.pdf>
- Mohamed, Lertrat, K. y Suriharn, B. (2017). Phenolic compound, anthocyanin content, and antioxidant activity in some parts of purple waxy corn across maturity stages and locations. *International Food Research Journal*, 24(2), 490-497.
- Mosquera, K., Barcelos, B., Vieira, J. A. y Oliveira, L. (2016). Static magnetic fields in culture of *Chlorella fusca*: Bioeffects on growth and biomass composition. *Process Biochemistry*, 51(7), 912-916. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2016.04.005>
- Ortiz, J., Suárez, D., Esperanza, A., Velásquez, P. E. y Santis, A. M. (2015). Comparison of the Effects in the Germination and Growth of Corn Seeds (*Zea Mays* L.) by Exposure to Magnetic, Electrical and Electromagnetic Fields. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, 43, 169-174. <https://doi.org/10.3303/CET1543029>
- Perez, M. del P. (2018). *Comportamiento agronómico y contenido de antocianina de tres ecotipos de maíz morado (Zea mays L.) bajo condiciones semiáridas de Arequipa - 2013*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

- Pietruszewski, S. y Martínez, E. (2015). Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: a review. *International Agrophysics*, 29(3), 377-389. <https://doi.org/10.1515/INTAG-2015-0044>
- Podleśna, A., Bojarszczuk, J. y Podleśny, J. (2019). Effect of Pre-sowing Magnetic Field Treatment on Some Biochemical and Physiological Processes in Faba Bean (*Vicia faba* L. spp. Minor). *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 1153-1160. <https://doi.org/10.1007/S00344-019-09920-1/FIGURES/8>
- Rabanal, M. y Medina, A. (2021). Evaluación del rendimiento, características morfológicas y químicas de variedades del maíz morado (*Zea mays* L.) en la región Cajamarca-Perú. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-10. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.829>
- Rabanal, M. y Medina, A. (2022). Vista de Cultivares de maíz morado de alto rendimiento y contenido de antocianinas en la región Cajamarca, Perú | Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2850>
- Radhakrishnan, R. (2018). Seed pretreatment with magnetic field alters the storage proteins and lipid profiles in harvested soybean seeds. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(2), 343-347. <https://doi.org/10.1007/S12298-018-0505-8/METRICS>
- Ratha, J., Yongram, C., Panyatip, P., Powijitkul, P., Siriparu, P., Datham, S., Priprem, A., Srisongkram, T. y Puthongking, P. (2023). Polyphenol and Tryptophan Contents of Purple Corn (*Zea mays* L.) Variety KND and Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) Aqueous Extracts: Insights into Phytochemical Profiles with Antioxidant Activities and PCA Analysis. *Plants* 2023, Vol. 12, Page 603, 12(3), 603. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12030603>

- Rios, B. A. (2021). *VARIABILIDAD DEL PERFIL POLIFENÓLICO Y NUTRICIONAL DE Zea mays L. (MAÍZ MORADO) PROVENIENTE DE DOS ZONAS GEOGRÁFICAS DE LA REGIÓN AREQUIPA*. Universidad Católica de Santa María, Trabajo de Pregrado.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2024). *senamhi.gob*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENHAMI. (2024). *SENAMHI - Estaciones*. *senamhi.gob*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Slim, S. (2023). Food Bioactive Compounds: Chemical Challenges and Opportunities. *Food Bioactive Compounds: Chemical Challenges and Opportunities*, 426. <https://doi.org/10.3390/BOOKS978-3-0365-6792-1>
- Suárez, D. (2023). *Efecto de campos electromagnéticos inducidos a baja intensidad sobre procesos morfo-fisiológicos y de productividad de Zea mays L. var Porva, como alternativa tecnológica sostenible para la producción agrícola* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/14414/TFSC1624_BIB310515_TFG_DOCINADE_Su%C3%A1rez-Rivero%20Deivis_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Taimourya, H., Oussible, M., Baamal, L., Harif, A., Zaid, E., Guedira, A. y Smouni, A. (2017). Magnetic treatment of culture medium enhance growth and minerals uptake of strawberry (*Fragaria× ananassa* Duch.) and tomato (*Solanum lycopersicum*) in Fe deficiency conditions. *Int. J. Sci. Eng.*, 8, 1414-1436. [https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Int.+J.+Sci.+Eng.+Res.&title=Magnetic+Treatment+of+Culture+Medium+Enhance+Growth+and+Minerals+Uptake+of+Strawberry+\(Fragaria%C3%97+ananassa+Duch.\)+and+Tomato+\(Solanum+lycopersicum\)+in+Fe+D](https://scholar.google.com/scholar_lookup?journal=Int.+J.+Sci.+Eng.+Res.&title=Magnetic+Treatment+of+Culture+Medium+Enhance+Growth+and+Minerals+Uptake+of+Strawberry+(Fragaria%C3%97+ananassa+Duch.)+and+Tomato+(Solanum+lycopersicum)+in+Fe+D)

- efficiency+Conditions&author=H.+Taimourya&author=M.+Oussible&author=L.+Baamal&author=A.+Harif&author=E.+Zaid&volume=8&publication_year=2017&pages=1414-1436&#d=gs_cit&t=1710629976378&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AGhFS_3LiRSQJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2007). Fisiología Vegetal. *Fisiología vegetal*, 1338. https://books.google.com.pe/books?id=7QIbYg-OC5AC&printsec=frontcover&hl=es&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Tirono, M., Hananto, F. S., Suhariningsih y Aini, V. Q. (2021). An effective dose of magnetic field to increase sesame plant growth and its resistance to fusarium oxysporum wilt. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 16(3), 285-291. <https://doi.org/10.18280/IJDNE.160306>
- Torres, E. A. (2013). *Métodos Estadísticos Para la Investigación Experimental*.
- Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H. y Osawa, T. (2003). Dietary Cyanidin 3-O- β -D-Glucoside-Rich Purple Corn Color Prevents Obesity and Ameliorates Hyperglycemia in Mice. *The Journal of Nutrition*, 133(7), 2125-2130. <https://doi.org/10.1093/JN/133.7.2125>
- Ulgen, C., Yildirim, A. B., Sahin, G. y Turker, A. U. (2021). Do magnetic field applications affect in vitro regeneration, growth, phenolic profiles, antioxidant potential and defense enzyme activities (SOD, CAT and PAL) in lemon balm (*Melissa officinalis* L.)? *Industrial Crops and Products*, 169. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2021.113624>
- Vashisth, A. y Joshi, D. K. (2017). Growth characteristics of maize seeds exposed to magnetic field. *Bioelectromagnetics*, 38(2), 151-157. <https://doi.org/10.1002/BEM.22023>
- Vásquez Arce, V., Piña Díaz, P. C., Medina Hoyos, A., Cabrera Hoyos, H. A., Seminario Cunya, A., Jiménez Díaz, L. A. y Seminario Cunya, J. F. (2020). Anthocyanin content in crown and

bracts from six cultivars of purple maize (*Zea mays* L.) from Peru. *Manglar*, 17(4), 353-358.
<https://doi.org/10.17268/manglar.2020.053>

Velarde, A. X. (2018). *Determinación de parámetros tecnológicos para la obtención por evaporación de antocianinas a base de un extracto hidroalcohólico de coronta de maíz morado (Zea mays L.) var. Arequipeño*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna.

Zepeda, R., Virgen, J., Suazo, F., Domínguez, A., Rodríguez, H. y Hernández, C. (2019a). Campo electromagnético en plántulas, rendimiento y calidad de maíz en condiciones de campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 629-642.
<https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V10I3.1561>

Zepeda, R., Virgen, J., Suazo, F., Domínguez, A., Rodríguez, H. y Hernández, C. (2019b). Campo electromagnético en plántulas, rendimiento y calidad de maíz en condiciones de campo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 629-642.
<https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V10I3.1561>

VIII. ANEXOS

Anexo 1

Croquis de la distribución de las unidades experimentales en Cajabamba

LUGAR: A,E, PAMPA GRANDE CAJABAMBA

FORMULA DE FERTILIZACIÓN: 120 -70 - 40

COORDENADAS:

PRODUCTOR:

Latitud:

FECHA DE SIEMBRA: 12/12/2022

FECHA DE
COSECHA:

13/06/2023

CAMPAÑA AGRÍCOLA 2022-2023

REPETICIONES	BORDE						
	V	501 (3)		502 (2)		503 (1)	Área = 44 m
	IV	403 (2)		402 (1)		401 (3)	Área = 44 m
	III	301 (1)		302 (3)		303 (2)	Área = 44 m
	II	203 (3)		202 (2)		201 (1)	Área = 44 m
	I	101 (2)		102 (1)		103 (3)	Área = 44 m
2640 Semillas 11 golpes, 3 semillas/golpe, 8 surcos, 5 repeticiones, 2 tratamientos							
		5,5	1 M	5,5	1 M	5,5	

18,5 M

VARIEDADES	
1	INIA 601 CON CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO
2	INIA 601 CON CAMPO MAGNÉTICO PULSADO
3	INIA 601 SIN CAMPOS MAGNÉTICOS

08 surcos/ repetición o unidad experimental (0,80 M entre surcos)

Anexo 2

Croquis de la distribución de las unidades experimentales en Cochamarca

LUGAR:
COCHAMARCA
COORDENADAS:

FÓRMULA DE FERTILIZACIÓN: 120-40-50

PRODUCTOR:

LATITUD:

FECHA DE
SIEMBRA: 19/12/2022
CAMPAÑA AGRÍCOLA 2022-
2023

FECHA DE
COSECHA: 20/07/2023

BORDE INIA 601 semilla básica	III	301 (1)		302 (3)		303 (2)		301 (1)		302 (3)		303 (2)	BORDE INIA 601 semilla básica	4 M
	II	203 (3)		202 (2)		201 (1)		IV	403(2)		402(1)		401(3)	8M
	I	101(2)		102 (1)		103 (3)		V	501(3)		502(2)		503(1)	8M
	BORDE													

11 golpes, 3 semillas/golpe, 10 surcos, 5 repeticiones, 2
tratamientos

5,5	1 M	5,5	1M	5,5	1M	5,5	1M	5,5	1M	5,5	1M	5,5
-----	-----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----

VARIEDADES	
1	INIA 601 CON CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO
2	INIA 601 CON CAMPO MAGNÉTICO PULSADO
3	INIA 601 SIN CAMPOS MAGNÉTICOS

10 surcos/ repetición o unidad experimental (0,80 M entre surcos)

11 golpes por surco (0,50 m entre golpes), 3 semillas/golpe

Anexo 3

Datos meteorológicos de los lugares de siembra

Lugar	Variable	Meses						
		Dic-22	Ene-23	Feb-23	Mar-23	Abr-23	May-23	Jun-23
Cajabamba	Temperatura diaria mínima Promedio (°C)	12,865 ± 0,662	12,729 ± 1,411	13,882 ± 0,787	12,674 ± 1,601	13,223 ± 0,961	13,316 ± 0,863	11,054 ± 2,225
	Temperatura diaria máxima Promedio (°C)	23,130 ± 2,082	22,526 ± 2,289	23,196 ± 1,495	22,503 ± 2,509	22,920 ± 2,119	24,435 ± 1,628	24,569 ± 0,673
	Precipitación Total Diaria Promedio (mm)	6,250 ± 7,425	4,142 ± 5,972	3,300 ± 5,663	6,800 ± 11,727	2,183 ± 4,036	1,887 ± 4,533	0,115 ± 0,416
	Humedad Relativa Diaria Promedio (%)	72,744 ± 6,691	75,326 ± 6,831	75,525 ± 5,651	75,285 ± 7,682	78,39 ± 5,056	73,816 ± 4,58	73,654 ± 3,909
	Horas de Sol Diaria Promedio (h)	3,940 ± 3,31	5,061 ± 3,431	4,511 ± 2,946	3,984 ± 3,123	6,077 ± 3,14	6,287 ± 3,358	8,423 ± 2,563
	Velocidad de Viento Diario Promedio (m/s)	0,305 ± 0,457	0,41 ± 0,633	0,414 ± 0,458	0,310 ± 0,575	0,183 ± 0,353	0,481 ± 0,547	0,477 ± 0,425
Cochamarca	Temperatura diaria mínima Promedio (°C)	9,477 ± 0,783	7,81 ± 1,38	8,729 ± 0,996	8,000 ± 1,822	8,040 ± 1,164	7,994 ± 1,355	5,537 ± 2,019
	Temperatura diaria máxima Promedio (°C)	20,962 ± 1,989	20,265 ± 1,343	19,875 ± 1,248	20,281 ± 1,284	20,367 ± 1,102	20,581 ± 1,78	21,107 ± 1,346
	Precipitación Total Diaria Promedio (mm)	2,392 ± 5,218	5,087 ± 5,949	4,086 ± 7,249	4,129 ± 6,295	3,190 ± 6,753	1,161 ± 2,631	0,037 ± 0,201
	Humedad Relativa Diaria Promedio (%)	81,331 ± 5,406	82,700 ± 5,064	85,631 ± 3,304	81,733 ± 5,604	82,893 ± 3,37	83,544 ± 4,113	77,683 ± 4,537
	Horas de Sol Diaria Promedio (h)	1,062 ± 0,888	2,171 ± 1,826	2,55 ± 1,47	2,494 ± 2,382	4,020 ± 2,364	4,148 ± 3,493	5,967 ± 3,046
	Velocidad de Viento Diario Promedio (m/s)	0,338 ± 0,612	0,532 ± 0,704	0,618 ± 0,733	0,668 ± 0,738	0,320 ± 0,582	0,632 ± 0,806	1,117 ± 1,023
Lugar	Características climatológicas							
	Temperatura diaria mínima (°C)	Temperatura diaria máxima (°C)	Precipitación diaria promedio (mm)	Humedad relativa diaria (%)	Horas sol día (h)	Velocidad del viento (m/s)		
Cajabamba	12,82	23,33	3,53	74,96	5,47	0,37		
Cochamarca	7,94	20,49	2,87	82,22	3,20	0,60		

Notas: Adaptado de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI (2024).

Anexo 4

Cantidades de los compuestos químicos requeridos por localidad

Lugar	Área:	592 m²	
Cajabamba	Requerimientos		
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
	120 uN/ha	70 uP/ha	40 uK/ha
	Compuestos químicos		
	Urea (46 %)*	Superfosfato Triple (46 %)	Cloruro de Potasio (KCl) 60 %
	7,7 Kg,	9 Kg,	4 Kg
Cochamarca	Área:	1148 m²	
	Requerimientos		
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
	120 uN/ha	40 uP/ha	50 uK/ha
	Compuestos químicos		
	Urea (46 %)*	Superfosfato Triple (46 %)	Cloruro de Potasio (KCl) 60 %
	15 Kg,	10 Kg,	9,56 Kg

Notas:

* La urea se coloca la cantidad por abonamiento

Anexo 5

Características físicas de la planta de maíz morado y la humedad de la mazorca cosechada.

Lugar	Tratamiento	Altura de Mazorca (m)	Acame Raíz (%)	Acame Tallo (%)	Humedad* (%)
Cajabamba	SCM	1,286 ± 0,067	14,336 ± 4,383	9,490 ± 5,961	35,878 ± 1,906
Cajabamba	CME	1,358 ± 0,08	28,050 ± 13,773	10,878 ± 3,912	34,878 ± 2,615
Cajabamba	CMP	1,334 ± 0,05	20,124 ± 4,724	12,170 ± 5,639	35,354 ± 2,167
Cochamarca	SCM	1,204 ± 0,068	0,560 ± 0,894	4,926 ± 1,996	30,476 ± 3,509
Cochamarca	CME	1,202 ± 0,048	0,980 ± 1,078	5,326 ± 1,489	29,848 ± 2,149
Cochamarca	CMP	1,200 ± 0,062	0,642 ± 0,879	3,256 ± 1,628	30,480 ± 3,221

Notas: * Humedad determinada del grano de la mazorca cosechada.

Anexo 6

Fotos de las evaluaciones durante el desarrollo del proyecto de investigación

Figura 23

Evaluación de la presencia del polen en la floración masculina



Figura 24

Evaluación de la emergencia de los estigmas en la floración femenina



Figura 25

Evaluación de la altura de planta de maíz morado INIA 601



Figura 26

Clasificación de las mazorcas cosechadas por grado de pudrición

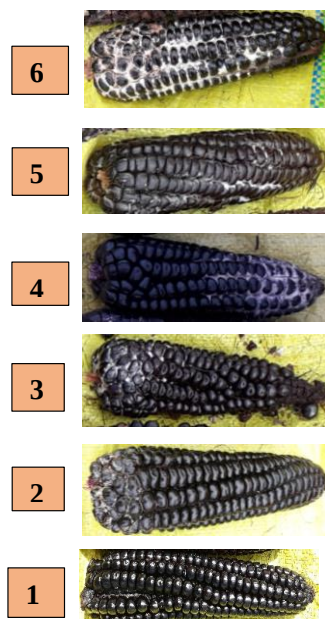


Figura 27

Determinación de la longitud de mazorca del maíz morado INIA 601



Figura 28

Molienda y tamizado de las muestras de maíz morado INIA 601



Figura 29

Extracción con solvente y centrifugación de los extractos

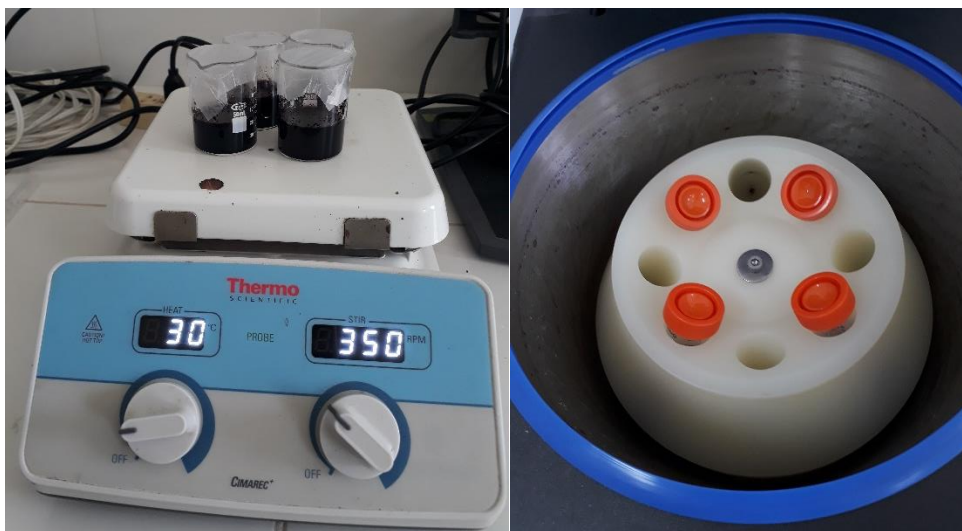


Figura 30

Filtrado de los extractos obtenidos



Figura 31

Medición y ajuste del pH para determinar antocianinas totales



Figura 32

Lectura de las absorbancias en el espectrofotómetro



Anexo 7

Curva de Calibración del ácido gálico para determinar los fenoles totales

Figura 33

Curva estándar del ácido gálico a una absorbancia de 765 nm

